



## Vorbemerkungen

### **Inhalt**

Vorlagen für statische Nachweise im Glasbau nach DIN 18008

### **Hinweise zu Anwendung**

Die rechenfähigen Vorlagen können mit VCmaster interaktiv genutzt werden.

Alle Vorlagen sind mit hinterlegten Tabellen verknüpft. Das erfolgt mit der TAB()- oder GEW()-Funktion. In diesem Dokument werden die Verknüpfungen dargestellt. Beim Anwenden einer Vorlage können diese Funktionen ausgeblendet werden.

### **Was kann VCmaster?**

VCmaster wurde speziell als Dokumentationswerkzeug für Ingenieure entwickelt. In das einzigartige Softwarekonzept werden sämtliche Statik- und CAD-Programme nahtlos eingebunden. Universelle Schnittstellen gewährleisten die Datenübertragung, so dass die Ausgaben sämtlicher Programme übernommen werden können.

VCmaster bietet neben den Funktionen zur Dokumentation ein intuitives Konzept, das Ingenieuren ermöglicht, Berechnungen auszuführen. Die Eingabe von mathematischen Formeln erfolgt in natürlicher Schreibweise direkt im Dokument. Hunderte vorgefertigte Berechnungsvorlagen ergänzen das Programm. Die ausführlich kommentierten Rechenblätter automatisieren das Erstellen von Einzelnachweisen.

Diese PDF-Datei wurde komplett mit VCmaster erstellt.

### **Systemvoraussetzung**

VCmaster ab Version 2016  
Windows 7 oder höher

### **Entwicklung und Rechte**

Entwickelt in Deutschland  
VCmaster ist eine registrierte Marke  
© Veit Christoph GmbH  
[www.VCmaster.com](http://www.VCmaster.com)



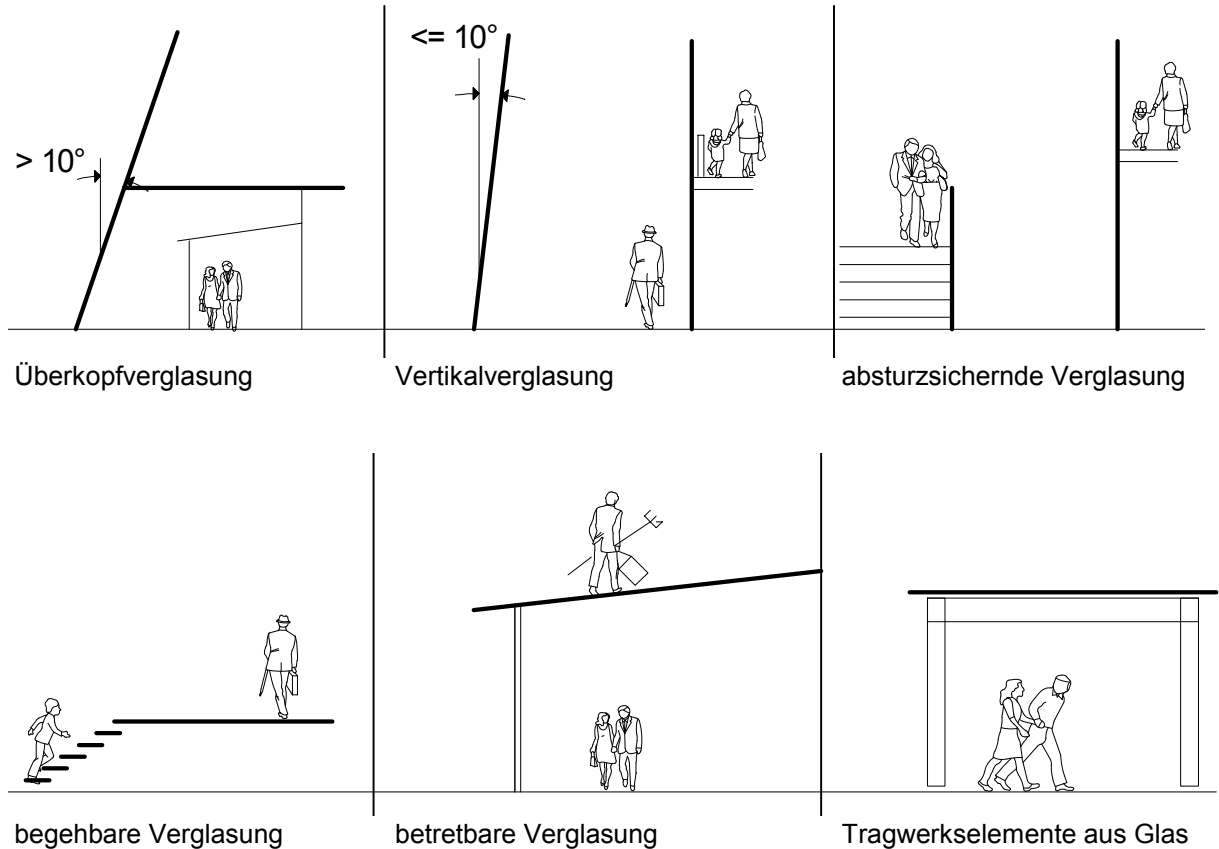
## Inhalt

<b>Vorbemerkungen</b>	1
<b>Inhalt</b>	2
<b>Kapitel Allgemeines</b>	3
VCmaster Wiki zur Übersicht	3
<b>Kapitel Absturzsichernde Verglasung</b>	7
Einfachverglasung der Kategorie A	7
Verglasung der Kategorie B - Tragende Glasbrüstung	9
<b>Kapitel Vertikalverglasung</b>	12
Zweischeiben-Isolierverglasung	12
Dreischeiben-Isolierverglasung	17
<b>Kapitel Horizontalverglasung</b>	24
Horizontalverglasung 2-seitig, linienförmig gelagert	24
Horizontalverglasung allseitig, linienförmig gelagert	27
Punktgehaltene Horizontalverglasung, 4 x gelagert	31
Punktgehaltene Horizontalverglasung, 6 x gelagert	34
<b>Kapitel Begehbare Verglasung</b>	38
Begehbare Verglasung	38
Rechteckige Teppenstufe	44
Trapezförmige Teppenstufe	48
Treppenpodest	53

## Kapitel Allgemeines

### VCmaster Wiki zur Übersicht

#### Bezeichnung von Verglasungen



#### Die wesentlichen Inhalte der Normen verteilen sich wie folgt:

neue Regelwerke	bisher gültige Regelwerke
DIN 18008-1: 2010-12, Teil 1 Begriffe und allgemeine Grundlagen	TRLV, 8.2006 TRPV, 8.2006 TRAV, 1.2003
DIN 18008-2: 2010-12, Teil 2 Linienförmig gelagerte Verglasungen DIN 18008-2 Berichtigung 1: 2011-04,	TRLV
DIN 18008-3: 2013-07, Teil 3 Punktförmig gelagerte Verglasungen	TRPV
DIN 18008-4: 2013-07, Teil 4 Zusatzanforderungen an absturzsichernde Verglasungen	TRAV
DIN 18008-5: 2013-07, Teil 5 Zusatzanforderungen an begehbare Verglasungen	TRLV
(DIN 18008-6: Teil 6: *) Zusatzanforderungen an zu Reinigungs- und Wartungszwecken betretbare Verglasungen)	
(DIN 18008-7: Teil 7: *) Sonderkonstruktionen)	

\*) Aktuell beschäftigt sich der Normenausschuss mit den Teilen 6 und 7.



### DIN 18008-1 - Begriffe und allgemeine Grundlagen

- Nennglasdicken der Einzelglasscheiben = 3 mm und = 19 mm.
- Verglasungskonstruktionen müssen so bemessen und ausgebildet sein, dass sie mit angemessener Zuverlässigkeit allen Einwirkungen, die planmäßig während ihrer vorgesehenen Nutzung auftreten, standhalten und gebrauchstauglich bleiben.
- charakteristischen Werte der Einwirkungen sind den entsprechenden Normen zu entnehmen.
- Mehrscheiben-Isolierglas nach DIN EN 1279-1 ist bei den Nachweisen die Wirkung von Druckdifferenzen zwischen dem Scheibenzwischenraum und der umgebenden Atmosphäre zu berücksichtigen.
- für die Nachweise der Glasbefestigung, Unterkonstruktion, Befestigung am Gebäude, usw. gelten die einschlägigen technischen Regeln.
- die Nachweise zur Tragfähigkeit und Gebrauchstauglichkeit sind nach der Methode der Teilsicherheitsbeiwerte zu führen.
- die Resttragfähigkeit ist als Teil des Gesamtsicherheitskonzeptes zu verstehen. Sie kann entweder durch Einhalten konstruktiver Vorgaben, durch rechnerische Nachweise oder durch Versuche nachgewiesen werden.
- Glasbohrungen und Ausschnitte müssen durchgehend sein und dürfen nur bei Gläsern ausgeführt werden, die anschließend thermisch vorgespannt werden.

### DIN 18008-2 - Linienförmig gelagerte Verglasungen

Ebene ausfachende Verglasungen, die an mindestens zwei gegenüberliegenden Seiten gelagert sind.

- je nach ihrer Neigung zur Vertikalen werden die linienförmig gelagerten Verglasungen im Sinne dieser Norm unterschieden in
  - Horizontalverglasungen: Neigung  $>10^\circ$  und
  - Vertikalverglasungen: Neigung  $=10^\circ$
- Mindestglaseinstand von 10 mm ist einzuhalten.
- Durchbiegung der Unterkonstruktion nicht größer als  $1/200$
- Horizontalverglasungen: zum Schutz von Verkehrsflächen nur Verbundsicherheitsglas (VSG) aus Floatglas oder VSG aus teilvorgespanntem Glas (TVG) oder Drahtglas.
- Vertikalverglasungen: Monolithische Einfachverglasungen aus grob brechenden Glasarten (z. B. Floatglas, TVG, gezogenem Flachglas, Ornamentglas) und Verbundglas (VG), deren Oberkante mehr als 4 m über Verkehrsflächen liegt, müssen allseitig gelagert sein.
- die Durchbiegungen der Glasscheiben sind zu begrenzen.
- Nachweiserleichterungen für Zwei- oder Dreischeiben-Isolierglas mit festgelegten Glasgrößen – und aufbauten und Lastannahmen; beachte : Unterschreitet die Länge der kürzeren Kante den Wert von 500 mm (Zweischeiben-Isolierglas) und 700 mm (Dreischeiben-Isolierglas), so erhöht sich jedoch bei Scheiben aus Floatglas das Bruchrisiko infolge von Klimaeinwirkungen.



## DIN 18008-3 - Punktförmig gelagerte Verglasungen

- Punkthalter werden unterschieden in Tellerhalter, die durch Glasbohrungen geführt werden, und Klemmhalter, die ohne Bohrungen am Rand bzw. an den Ecken der Verglasung angeordnet werden.
- Glasscheiben müssen ausschließlich durch mechanische Halterungen formschlüssig gelagert sein.
- Kanten der Bohrungen im Glas sind in der Qualität „Geschliffene Kante“ auszuführen.
- Die Punkthalter müssen bauaufsichtlich verwendbar sein.
- Tellerhalter müssen beidseitig einen Teller mit einem Durchmesser von mindestens 50 mm aufweisen.
- Bei Klemmhaltern muss die glasüberdeckende Klemmfläche mindestens 1000 mm<sup>2</sup> groß sein und der Glaseinstand mindestens 25 mm betragen.
- Horizontalverglasungen : Lagerung durch Tellerhalter und nur als Einfachverglasungen  
Nachweiserleichterung : Glasaufbauten mit nachgewiesener Resttragfähigkeit ( Tabellen )
- Vertikalverglasungen : mit Klemmhalter auch Mehrscheiben – Isolierglas möglich

## DIN 18008-4 - Zusatzanforderungen an absturzsichernde Verglasungen

- Kategorien von Verglasungen  
*Kategorie A* - Einfachverglasungen aus VSG; mindestens eine Scheibe eines MIG aus VSG; Aufnahme von horizontalen Nutzlasten nach DIN EN 1991-1  
*Kategorie B* - nur VSG  
*Kategorie C 1 - C 3* - Einfachverglasungen in VSG; allseitig linienförmig gelagerte Einfachverglasungen C 1 und C 2 auch in ESG; C 3 bei MIG wie Kategorie A
- Glaskanten müssen geschützt sein, Ausnahme Verglasungen mit Tellerhalter
- Nachweiserleichterungen für Konstruktionen, deren Stoßsicherheit durch Versuche erbracht ist (Tabellen)

## DIN 18008-5 - Zusatzanforderungen an begehbare Verglasungen

- ausschließlich für Verglasungen mit planmäßigem Personenverkehr bei üblicher Nutzung und einer lotrechten Nutzlast von höchstens 5 kN/m<sup>2</sup>
- nur in Verbundsicherheitsglas (VSG) aus mindestens drei Scheiben.
- abhängig von den örtlichen Gegebenheiten müssen Verglasungen ausreichend rutschsicher sein.
- Die Tragfähigkeit und die Gebrauchstauglichkeit der begehbaren Verglasungen und deren Stützkonstruktionen sind für die Einwirkungen rechnerisch nachzuweisen.
- Stoßsicherheit und die Resttragfähigkeit sind in der Regel durch Bauteilversuche zu belegen.
- Nachweiserleichterung : Glasaufbauten mit nachgewiesener Stoßsicherheit und Resttragfähigkeit



**Es ist zu beachten, dass sich aufgrund des neuen Sicherheitskonzepts der DIN 18008 Änderungen bei den nachweisbaren Glasaufbauten und -formaten ergeben können. Insbesondere 3-fach-Isoliergläser aus Floatglas oder VSG/Float mit kurzen Kanten kleiner ca. 1,0m, die nicht unter die Nachweiserleichterung DIN 18008-2 Abs. 2 7.5 fallen, können oftmals nur nachgewiesen werden, wenn die rechnerisch überlasteten Gläser durch thermisch vorgespannte Gläser ESG(-H), VSG/TVG oder VSG/ESG(-H) ersetzt werden.**

**Verantwortlich für die Glasbemessung und die Erbringung der nach LBO vorgeschriebenen bautechnischen Nachweise ist derjenige, der hierfür ein Angebot abgegeben und den Zuschlag erhalten hat. Das ist i. d. R. der Fenster-, Fassaden- oder Metallbauer. Glasdickenempfehlungen von Glasherstellern sind keine bautechnischen Nachweise, sondern unverbindliche Vordimensionierungen, die kein Ersatz für die nach LBO vorgeschriebenen bautechnischen Nachweise sind. Denn diese dürfen i. d. R. nur von Bauvorlage- bzw. nachweisberechtigten Fachplanern erstellt werden (vgl. §§ 65-66 Musterbauordnung/MBO).**



## Kapitel Absturzsichernde Verglasung

### Einfachverglasung der Kategorie A

Nachweis nach DIN 18008-1 und 4, Glas thermisch vorgespannt

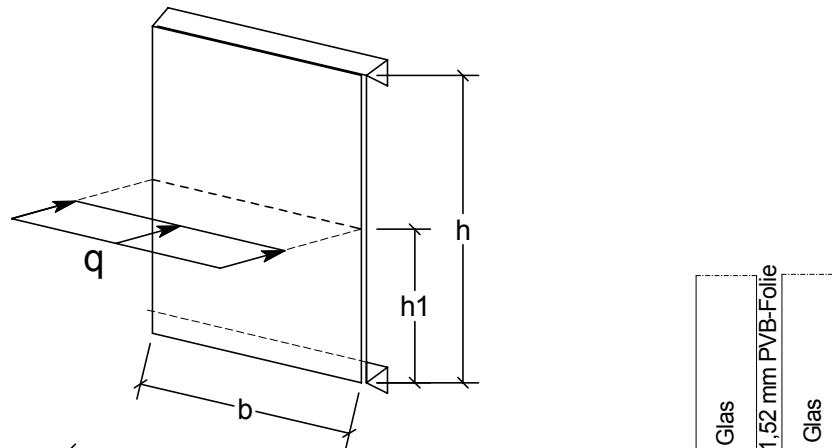
Bauteil befindet sich im Innenbereich (kein Wind oder Schnee) und ist nach LBO aus Gründen der Verkehrssicherheit als Umwehrgung zu betrachten  $\Rightarrow$  horizontale Nutzlast!

DIN 18008-4:2013-07, 4.3 Verwendbare Glasarten: Kategorie A:

- Einfachverglasungen müssen aus VSG bestehen.
- Für die stoßzugewandte Seite (Angriffsseite) von Mehrscheiben-Isolierglas darf nur VSG, ESG oder Verbundglas (VG) aus ESG verwendet werden.
- Generell muss mindestens eine Scheibe eines Mehrscheiben-Isolierglases aus VSG bestehen.
- Mehrscheiben-Isolierverglasungen mit ESG auf der Angriffsseite dürfen unmittelbar hinter dieser Scheibe grob brechende Glasarten (z. B. Floatglas) enthalten, wenn beim Pendelschlagversuch kein Glasbruch der angrißseitigen ESG-Scheibe auftritt.

Kantenschutzanforderung

Kategorie A und C: Alle zugänglichen Kanten von Verglasungen der Kategorien A und C müssen entweder durch die Lagerung (z. B. Pfosten, Riegel) oder dauerhaft ausreichend widerstandsfähige Kantenschutzprofile nach 5.2 oder direkt angrenzende Bauwerksteile (z. B. benachbarte Scheiben, Wände oder Decken) mit einem Abstand von nicht mehr als 30 mm sicher vor Stößen geschützt sein. Auf einen Kantenschutz darf verzichtet werden, wenn VSG-Gläser durch Tellerhalter nach Teil 3 dieser Norm auch bei Glasbruch sicher in ihrer Lage gehalten werden.



### Materialeigenschaften + Geometrie

Materialeigenschaften

Glasart Typ =	GEW("18008/fk";Typ;vg=1)	$\overline{\text{VSG}}$ aus FG
$f_k$ =	TAB("18008/fk";fk;Typ=Typ)	= 70,0 N/mm <sup>2</sup>
E-Modul $E_G$ =		70000 N/mm <sup>2</sup>
$\gamma_M$ =		1,50
Scheibenabmessung		
Spannweite h =		2175 mm
Spannweite b =		1030 mm
Aufbau Glas =	GEW("18008/Tab19.3";VSG;)	= 2 x 6 mm

### Charakteristische Einwirkungen

Horizontale Nutzlast (Holmlast) nach DIN EN 1991-1-1	
Holmlast q =	1,0 kN/m
Holmlastangriff $h_1$ =	1100 mm

### Einwirkungen für Nachweis der Tragsicherheit

$q_d$ =	$1,5^* q$	= 1,50 kN/m
---------	-----------	-------------



## Grenzzustand der Tragfähigkeit

Ermittlung der maximalen Biegezugspannung

Beiwerte (aus Siebert/ Maniatis, Tragende Bauteile aus Glas) ohne Verbundwirkung

$$\begin{aligned} e &= \text{MIN}(h_1; h-h_1) / h &= & 0,49 \\ f_{\sigma,y,max} &= \text{TAB}("18008/Tab19.3";f_{smax};VSG=Glas;e=e) &= & 0,0207 \\ f_w &= \text{TAB}("18008/Tab19.3";f_w;VSG=Glas;e=e) &= & 0,5755 \\ f_{w,max} &= \text{TAB}("18008/Tab19.3";f_{wmax};VSG=Glas;e=e) &= & 0,5757 \\ f_y &= \text{TAB}("18008/Tab19.3";f_y;VSG=Glas;e=e) &= & 0,4971 \\ E_d &= q_d * h * f_{\sigma,y,max} &= & 67,53 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

Nachweis:

Bemessungswert des Tragwiderstandes nach DIN 18008-1



Beiwert zur Berücksichtigung der Konstruktionsart

$$\begin{aligned} k_c &= 1,00 \\ R_d &= \frac{k_c * f_k}{\gamma_M} * f_2 &= & 51,33 \text{ N/mm}^2 \\ E_d / R_d &= &= & \underline{1,32 \leq 1} \end{aligned}$$

## Nachweis der Gebrauchstauglichkeit

$$\begin{aligned} E_d &= \frac{1}{1000} * q * \frac{h^3}{E_G} * f_{w,max} &= & 84,62 \text{ mm} \\ C_d &= 1/100 * h &= & 21,75 \text{ mm} \\ E_d / C_d &= &= & \underline{3,89 \leq 1} \end{aligned}$$

Hinweis:

DIN 18008-2:2010-12, 7.4

Auf Nachweise nach 7.3 darf bei Vertikalverglasungen verzichtet werden, wenn nachgewiesen ist, dass infolge Sehnenerkürzung eine Mindestauflagerbreite von 5 mm auch dann nicht unterschritten wird, wenn die gesamte Sehnenerkürzung auf nur ein Auflager angesetzt wird. Der Bemessungswert der Verformung darf vereinfachend nach DIN 1055-100:2001-03, Gleichung (22) ermittelt werden. Auf gegebenenfalls höhere Anforderungen der Isolierglashersteller an die Durchbiegungsbegrenzung wird hingewiesen.

## **Grenzzustand für stoßartige Einwirkungen**

Das System fällt nicht in den Bereich der nach DIN 18008-4:2013-07 von Versuchen freigestellten Verglasungen. (Tabelle B.1)

Der Nachweis ist experimentell über Pendelschlagversuche zu führen!

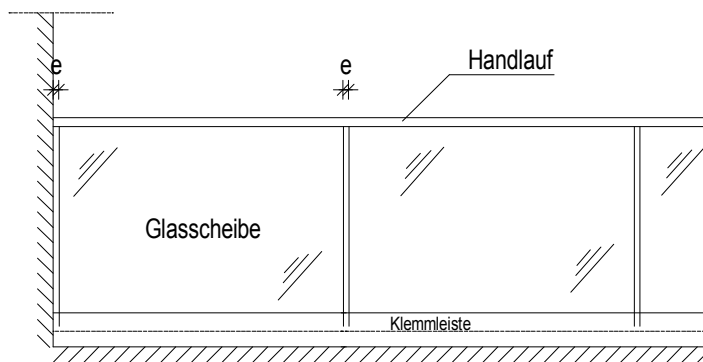


### Verglasung der Kategorie B - Tragende Glasbrüstung

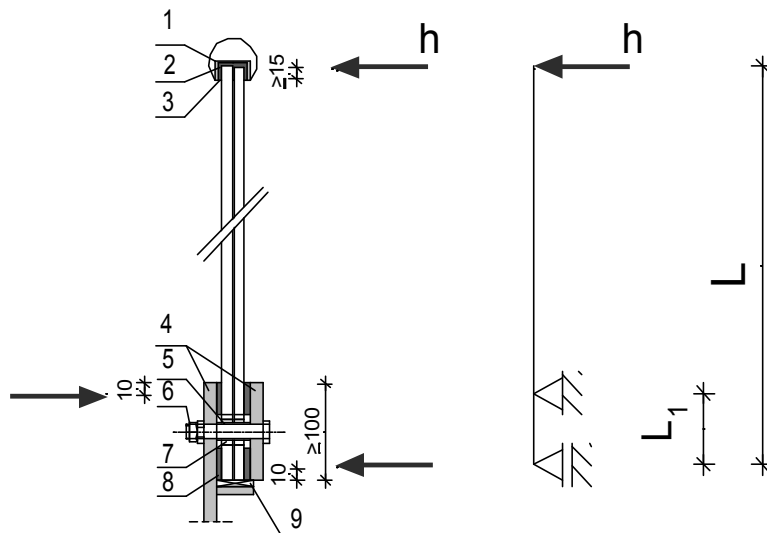
Nachweis nach DIN 18008-1 und 4, Glas thermisch vorgespannt am Fußpunkt eingespannte Brüstungsverglasung mit durchgehendem, auf die Oberkante aufgesetztem (verklebtem) Handlauf

DIN 18008-4:2013-07, 4.3 Verwendbare Glasarten: Kategorie B: Es darf nur VSG verwendet werden.

Außer dem Nachweis des planmäßigen Zustands ist für Glasbrüstungen der Kategorie B auch der Ausfall eines beliebigen Elements der Glasbrüstung zu untersuchen. Bei ungeschützten Kanten (z. B. an Endscheiben oder durch Punkthalter angeschlossene Handläufe) ist davon auszugehen, dass die komplette VSG-Einheit ausfällt. Bei Scheiben, deren Kanten durch angrenzende Bauteile mit einem Abstand von höchstens 30 mm oder einem Kantenschutzprofil geschützt sind, muss nur der Ausfall einer VSG-Schicht angenommen werden. Zudem ist nachzuweisen, dass der durchgehende Handlauf in der Lage ist, die Holmlasten bei o.g. Ausfall eines Brüstungselementes auf Nachbarelemente, Endpfosten oder die Verankerung am Gebäude zu übertragen. Die Einwirkung von Holmlasten nach DIN EN 1991-1-1:2010-12, 6.4 und DIN EN 1991-1-1/NA:2010-12, 6.4, im Falle der vorstehend beschriebenen Schädigungen darf als außergewöhnliche Einwirkung im Sinne von DIN EN 1990 und DIN EN 1990/NA behandelt werden.



#### stat. System:



#### Allgemeine Hinweise

Annahme: Der Handlauf kann die Holmlasten im Bereich einer beschädigten Brüstungsverglasung auf die Nachbarelemente übertragen!

symmetrischer Glasaufbau aus 2 x ESG (Einspannung am Fußpunkt erfordert Bohrungen)

Annahme: Stoßbedingt fällt nur die Glasschicht aus, die der Verkehrsfläche zugewandt ist (Kantenschutz vorhanden oder  $e < 30$  mm (s. Abb. oben))



## Materialeigenschaften + Geometrie

Materialeigenschaften

Glasart Typ =	GEW("18008/fk";Typ;vg=1)	ESG aus FG
$f_k =$	TAB("18008/fk";fk;Typ=Typ)	= 120,0 N/mm <sup>2</sup>
E-Modul $E_G =$		70000 N/mm <sup>2</sup>
$\gamma_M =$		1,50

Scheibenabmessung

$L_1 =$		80 mm
$L =$		1016 mm
Scheibe $t_1 =$		10,0 mm
Scheibe $t_2 =$	$t_1$	= 10,0 mm

## Charakteristische Einwirkungen

Horizontale Nutzlast (Holmlast) nach DIN EN 1991-1-1 Tab. NA.6.12DE	
Holmlast $q =$	1,0 kN/m

## Analytische Berechnung

vereinfachtes statisches Modell nach Balkentheorie

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

$$\begin{aligned} \text{Kragarmlänge } L_K &= (L - L_1) &&= 936 \text{ mm} \\ M_k &= \frac{q}{2} * L_K = \frac{1,0}{2} * 0,936 &&= 0,468 \text{ kNm/m} \\ W &= 1,0 * \frac{t_1^2}{6} = 1,0 * \frac{0,01^2}{6} &&= 1,67 * 10^{-5} \text{ m}^3/\text{m} \\ \sigma_{y,d} &= 1,50 * \frac{M_k}{W} * 10^{-3} = 1,50 * \frac{0,468}{0,0000167} * 10^{-3} &&= \mathbf{42,0 \text{ N/mm}^2} \\ I &= 1,0 * \frac{t_1^3}{12} = 1,0 * \frac{0,01^3}{12} &&= 8,33 * 10^{-8} \text{ m}^4 \\ f_z &= \frac{M_k * L_K^2}{3 * E_G * I} = \frac{0,468 * 0,936^2}{3 * 70000 * 0,0000000833} &&= \mathbf{23,4 \text{ mm}} \end{aligned}$$

Die VSG-Schicht der Verkehrsfläche zugewandten Seite fällt stoßbedingt aus. Die gesamte Holmlast  $h$  muss durch eine Glasscheibe abgetragen werden. Die Holmlast wird als außergewöhnliche Einwirkung nach DIN EN 1990 betrachtet



$$\sigma_{y,dA} = 1,0 * \frac{M_{k,a}}{W} * 10^{-3} = 1,0 * \frac{0,936}{0,0000167} * 10^{-3} = \mathbf{56,0 \text{ N/mm}^2}$$



## Nachweis unter statischen Einwirkungen

Bemessungswert des Tragwiderstandes nach DIN 18008-1	
Faktor (8.3.9) $f_2 =$	1,10
Beiwert zur Berücksichtigung der Konstruktionsart	
$k_c =$	1,00
$R_d = \frac{k_c \cdot f_k}{\gamma_M} \cdot f_2$	<b>= 88,00 N/mm<sup>2</sup></b>
$\sigma_{y,d} / R_d$	<b>= 0,48 ≤ 1</b>
$\sigma_{y,dA} / R_d$	<b>= 0,64 ≤ 1</b>

## Nachweis unter stoßartigen Einwirkungen

DIN 18008-4:2013-07

6.2.1 Für absturzsichernde Verglasungen ist stets der Nachweis der ausreichenden Tragfähigkeit unter stoßartigen Einwirkungen zu führen. Dieser Nachweis darf für die Verglasungskonstruktion (Glasaufbau und unmittelbare Befestigung) experimentell nach Anhang A geführt werden. Alternativ darf der Nachweis durch Einhaltung konstruktiver Bedingungen nach Anhang B oder rechnerisch nach Anhang C geführt werden. Der Nachweis der unmittelbaren Glasbefestigungen (z. B. Klemmleisten, Verschraubung, Halter usw.) darf nach Anhang D geführt werden. Das vereinfachte Rechenverfahren für 2-seitig linienförmig gelagerte Gläser ist auf die Kategorie C beschränkt... vgl. DIN 18008-4:2013-07, C.2.1

Aufbau und Geometrie entsprechen einer Verglasung mit versuchstechnisch nachgewiesener Stoßsicherheit (18008-4:2013-07; B.3), d.h.

- Die Verglasungen müssen eben sein und dürfen außer durch die Bohrungen für die Befestigung am Boden und Handlauf nicht durch zusätzliche Bohrungen oder Ausnehmungen geschwächt sein.
- Es darf nur VSG aus mindestens 2 × 10 mm ESG oder TVG mit einer mindestens 1,52 mm dicken PVB-Folie verwendet werden. Die Einzelscheiben von VSG dürfen keine festigkeitsreduzierende Oberflächenbehandlung (z. B. Emaillierung) besitzen.
- Die VSG-Scheiben müssen mindestens 500 mm und dürfen höchstens 2 000 mm breit sein. Die freie Kragarmlänge darf höchstens 1 100 mm betragen (siehe Bild B.4).
- Die zulässigen Abweichungen von der Rechteckform ergeben sich aus Bild B.3.

### Konstruktionsmerkmale des Handlaufs:

- tragendes U-Profil mit beliebigem nichttragenden Aufsatz oder tragender metallischer Handlauf mit integriertem U-Profil;
- Verhinderung von Glas-Metall-Kontakt durch in das U-Profil eingelegte druckfeste Elastomerstreifen (Abstand max. 300 mm);
- Verbindung des Handlaufs mit den Scheiben durch Verfüllung des verbleibenden Hohlraums im U-Profil mit Dichtstoffen der Gruppe E nach DIN 18545-2;
- Glaseinstand im U-Profil = 15 mm.

### Konstruktionsmerkmale der Einspannung:

- Einspannhöhe = 100 mm;
- Klemmblech aus Stahl (Dicke = 12 mm);
- Verschraubungsabstand = 300 mm;
- Klotzung am unteren Ende der Scheiben;
- Kunststoffhülse über Verschraubung;
- Glasbohrungen mittig zum Klemmblech (25 mm = d = 35 mm);
- in Längsrichtung durchgehende Zwischenlagen aus druckfestem Elastomer.

## Kapitel Vertikalverglasung

### Zweischeiben-Isolierverglasung

Nachweis nach DIN 18008; allseitig linienförmig gelagert; keine absturzsichernde Funktion; Belastung aus Wind (außen)+ Klima; Glas NICHT thermisch vorgespannt

DIN 18008-2:2010-12

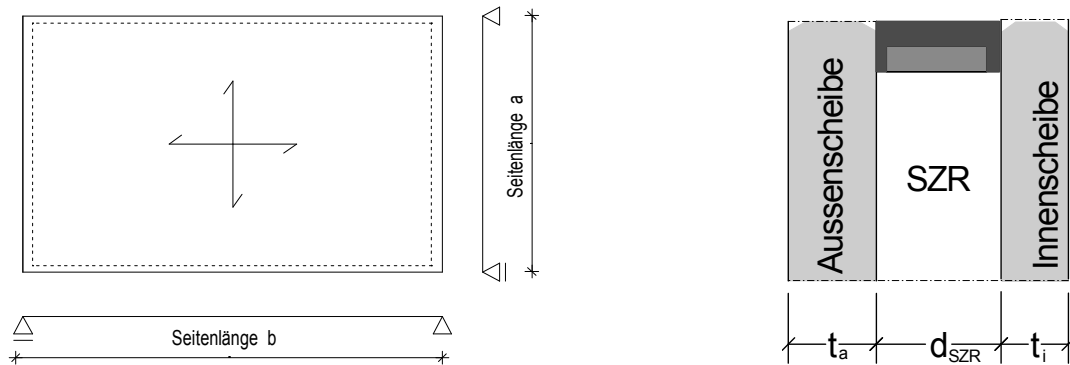
4 Anwendungsbedingungen

4.1 Der Glaseinstand ist so zu wählen, dass die Standsicherheit der Verglasung langfristig sichergestellt ist. Falls nachfolgend keine anderen Festlegungen getroffen werden, ist ein Mindestglaseinstand von 10 mm einzuhalten.

4.2 Die linienförmige Lagerung muss an mindestens zwei gegenüberliegenden Seiten beidseitig (Druck und Sog) normal zur Scheibenebene wirksam sein. Dabei muss bei mehrscheibigem Aufbau die linienförmige Lagerung für alle Scheiben wirksam sein.

4.3 Eine Seite gilt als eben linienförmig gelagert, wenn bezogen auf die aufgelagerte Scheibenlänge der Bemessungswert der Durchbiegung der Unterkonstruktion nicht größer als 1/200 ist. Vereinfachend darf der Bemessungswert der Beanspruchung nach DIN 1055-100:2001-03, Gleichung (22) ermittelt werden.

4.4 Die Verglasungen sind fachgerecht zu verklotzen.



### Materialeigenschaften + Geometrie

Aussenscheibe der Isolierverglasung:

Glasart Typ1 =	GEW("18008/fk";Typ;vg=0)	= Floatglas (FG)
$f_{ka}$ =	TAB("18008/fk";fk;Typ=Typ1)	= 45,0 N/mm <sup>2</sup>
Dicke $t_a$ =		8,0 mm

Scheibenzwischenraum:

$d_{SZR}$ =		16 mm
-------------	--	-------

Innenscheibe der Isolierverglasung:

Glasart Typ =	GEW("18008/fk";Typ;vg=0)	= Floatglas (FG)
$f_{ki}$ =	TAB("18008/fk";fk;Typ=Typ)	= 45,0 N/mm <sup>2</sup>
Dicke $t_i$ =		6,0 mm

E-Modul $E_G$ =		70000 N/mm <sup>2</sup>
-----------------	--	-------------------------

$\gamma_M$ =		1,80
--------------	--	------

Scheibenabmessung:

Spannweite $a$ =		1720 mm
------------------	--	---------

Spannweite $b$ =		3485 mm
------------------	--	---------



### charakteristische Einwirkungen

äußere Windbelastung:

$$\text{Winddruck } w_{D,k} = 0,62 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Windsog } w_{S,k} = -0,70 \text{ kN/m}^2$$

Klimalast (Bestimmung gemäß DIN 18008-1, Anhang A):

Die Einwirkungen aus Temperaturänderung und meteorologischem Druck dürfen als eine Einwirkung zusammengefasst werden.  $\Delta H$  stellt eine ständige Einwirkung dar.

Extreme Druckunterschiede zwischen der umgebenden Atmosphäre und dem Scheibenzwischenraum ergeben sich für die Situation „Winter“ (tiefe Temperaturen und Hochdruckverhältnisse) und „Sommer“ (hohe Temperaturen und Tiefdruckverhältnisse). Neben den Regelwerten für Temperaturdifferenzen  $\Delta T$  und Änderungen des atmosphärischen Drucks  $\Delta p_{met}$  sind in Tabelle 3 auch Angaben zu den anzusetzenden Ortshöhendifferenzen  $\Delta H$  für den Regelfall abdeckende Verhältnisse enthalten. Ist die Differenz der Ortshöhen größer als in Tabelle 3 angenommen, so ist der tatsächliche Wert der Ortshöhendifferenz zu berücksichtigen. Liegen nachweislich kleinere Ortshöhendifferenzen vor als in Tabelle 3 genannt, so dürfen diese verwendet werden.

Sommer:

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

$$\Delta p_{met} = -2,00 \text{ kN/m}^2$$

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

$$\Delta p_{geo,S} = 0,012 * \Delta H = 7,20 \text{ kN/m}^2$$

$$p_{0,\Delta T,S} = -\Delta p_{met} + 0,34 * \Delta T = 8,80 \text{ kN/m}^2$$

$$p_0 = \Delta p_{geo,S} - \Delta p_{met} + 0,34 * \Delta T = 16,00 \text{ kN/m}^2$$

Winter:

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

$$\Delta p_{met} = 4,00 \text{ kN/m}^2$$

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

$$\Delta p_{geo,W} = 0,012 * \Delta H = -3,60 \text{ kN/m}^2$$

$$p_{0,\Delta T,W} = -\Delta p_{met} + 0,34 * \Delta T = -12,50 \text{ kN/m}^2$$

$$p_0 = \Delta p_{geo,W} - \Delta p_{met} + 0,34 * \Delta T = -16,10 \text{ kN/m}^2$$

Berechnung der charakteristischen Kantenlänge  $a^*$

$$B_V = \text{TAB}("18008/TabA1"; B_V; ab=a/b) = 0,0507$$

$$a' = 28,9 * \sqrt[4]{\frac{d_{SZR} * t_a^3 * t_i^3}{(t_a^3 + t_i^3) * B_V}} = 427,6 \text{ mm}$$

Berechnung des Faktor  $\varphi$

$$\varphi = \frac{1}{1 + (a/a')^4} = 0,0038$$

Berechnung der Anteile der Einzelscheiben an der Gesamtbiegesteifigkeit

$$\delta_a = \frac{t_a^3}{t_a^3 + t_i^3} = 0,7033$$

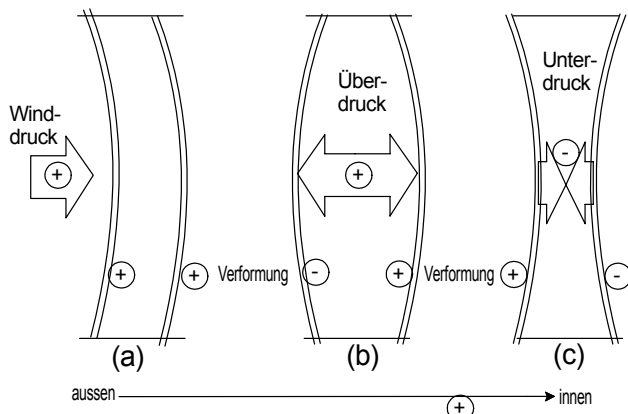
$$\delta_i = 1 - \delta_a = 0,2967$$



### Verteilung der Einwirkungen

Die Verteilung der Einwirkungen und der Wirkung des isochoren Druckes auf die äußere und innere Scheibe erfolgt entsprechend den Angaben von DIN 18008-2:2010-12 Tabelle A.2.

Als positive Richtung für die Anwendung von Tabelle A.2 wird der Richtungspfeil von „außen“ nach „innen“ definiert.



Zunächst werden die charakteristische Lastanteile für jede Einzelscheibe getrennt nach Einwirkungsart und Lastfallkombination ermittelt.

### Windlast



### Klimalast

LK1 (Sommer, Aussenscheibe):

$$k_{g,1,k} = -\varphi^* \Delta p_{geo,S} = -0,027 \text{ kN/m}^2$$

$$k_{t,1,k} = -\varphi^* p_{0,\Delta T,S} = -0,033 \text{ kN/m}^2$$

LK2 (Winter, Aussenscheibe):

$$k_{g,2,k} = -\varphi^* \Delta p_{geo,W} = 0,014 \text{ kN/m}^2$$

$$k_{t,2,k} = -\varphi^* p_{0,\Delta T,W} = 0,048 \text{ kN/m}^2$$

LK3 (Sommer, Innenscheibe):

$$k_{g,3,k} = \varphi^* \Delta p_{geo,S} = 0,027 \text{ kN/m}^2$$

$$k_{t,3,k} = \varphi^* p_{0,\Delta T,S} = 0,033 \text{ kN/m}^2$$

LK4 (Winter, Innenscheibe):

$$k_{g,4,k} = \varphi^* \Delta p_{geo,W} = -0,014 \text{ kN/m}^2$$

$$k_{t,4,k} = \varphi^* p_{0,\Delta T,W} = -0,048 \text{ kN/m}^2$$



## Lastfallkombinationen

Windlast (kurze Einwirkungsdauer) als vorherrschende Einwirkung

Grundkombinationen im Grenzzustand der Tragsicherheit (GZT):

maßgebend für äußere Scheibe

$$\text{LK1:} \quad 1,35 \cdot k_{g,1,k} + 1,5 \cdot w_{1,k} + 1,5 \cdot 0,6 \cdot k_{t,1,k} = -0,80 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{LK2:} \quad 1,35 \cdot k_{g,2,k} + 1,5 \cdot w_{2,k} + 1,5 \cdot 0,6 \cdot k_{t,2,k} = 0,72 \text{ kN/m}^2$$

maßgebend für innere Scheibe

$$\text{LK3:} \quad 1,35 \cdot k_{g,3,k} + 1,5 \cdot w_{3,k} + 1,5 \cdot 0,6 \cdot k_{t,3,k} = 0,34 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{LK4:} \quad 1,35 \cdot k_{g,4,k} + 1,5 \cdot w_{4,k} + 1,5 \cdot 0,6 \cdot k_{t,4,k} = -0,38 \text{ kN/m}^2$$

Grundkombinationen im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit (GZG):

maßgebend für äußere Scheibe

$$\text{LK11:} \quad k_{g,1,k} + w_{1,k} + 0,6 \cdot k_{t,1,k} = -0,54 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{LK12:} \quad k_{g,2,k} + w_{2,k} + 0,6 \cdot k_{t,2,k} = 0,48 \text{ kN/m}^2$$

maßgebend für innere Scheibe

$$\text{LK13:} \quad k_{g,3,k} + w_{3,k} + 0,6 \cdot k_{t,3,k} = 0,23 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{LK14:} \quad k_{g,4,k} + w_{4,k} + 0,6 \cdot k_{t,4,k} = -0,25 \text{ kN/m}^2$$

## Analytische Berechnung

Beiwerte (nach F. Feldmeier) für die nachfolgende Berechnung

$$e = \text{MIN}(a;b) / \text{MAX}(a;b) = 0,49$$

$$B_f = \text{TAB}("18008/\text{feldmeier1}"; B_f; e=e) = 0,1167$$

$$B_s = \text{TAB}("18008/\text{feldmeier1}"; B_s; e=e) = 0,6100$$

$$B_q = \text{TAB}("18008/\text{feldmeier1}"; B_q; e=e) = 0,5090$$

max Durchbiegung Außenscheibe:



## Nachweis der Gebrauchstauglichkeit

Die Durchbiegung linienförmig gelagerter Horizontalverglasung ist auf 1/100 der Stützweite begrenzt.

$$C_d = 1/100 \cdot a = 17,20 \text{ mm}$$

$$E_d = \text{MAX}(\text{ABS}(f_{a,11}); f_{a,12}; f_{i,13}; \text{ABS}(f_{i,14})) = 16,89 \text{ mm}$$

$$E_d / C_d = \underline{\underline{0,98 \leq 1}}$$

## Analytischer Nachweis der Tragfähigkeit

Spannungen Aussenscheibe:

$$\sigma_{a1} = \text{LK1} \cdot \frac{a^2}{2 \cdot t_a} \cdot B_s = -22,56 \text{ N/mm}^2$$



$$\sigma_{a2} = \text{LK2} * \frac{a^2}{t_a^2} * B_s = 20,30 \text{ N/mm}^2$$

Spannungen Innenscheibe:

$$\sigma_{i3} = \text{LK3} * \frac{a^2}{t_i^2} * B_s = 17,04 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{i4} = \text{LK4} * \frac{a^2}{t_i^2} * B_s = -19,05 \text{ N/mm}^2$$

Nachweis Aussenscheibe:

Beiwert zur Berücksichtigung der Konstruktionsart

$$k_c = 1,80$$

$$k_{\text{mod}} = 0,70$$

$$R_{da} = \frac{k_{\text{mod}} * k_c * f_{ka}}{\gamma_M} = 31,50 \text{ N/mm}^2$$

maßgebende Kombination

$$E_{da} = \text{MAX}(\text{ABS}(\sigma_{a1}); \sigma_{a2};) = 22,56 \text{ N/mm}^2$$

$$E_{da} / R_{da} = \underline{0,72 \leq 1}$$

Nachweis Innenscheibe:

Beiwert zur Berücksichtigung der Konstruktionsart

$$R_{di} = \frac{k_{\text{mod}} * k_c * f_{ki}}{\gamma_M} = 31,50 \text{ N/mm}^2$$

maßgebende Kombination

$$E_{di} = \text{MAX}(\sigma_{i3}; \text{ABS}(\sigma_{i4};)) = 19,05 \text{ N/mm}^2$$

$$E_{di} / R_{di} = \underline{0,60 \leq 1}$$

### Überprüfung der Lagesicherheit für LK5

Die abhebende Linienlast muss durch die Klemmleisten abgetragen werden.

### Nachweis der Resttragfähigkeit

⇒ vgl. DIN 18008-1:2010-12 Kapitel 9

hier: Vorgaben aus konstruktiver und geometrischer Sicht erfüllt



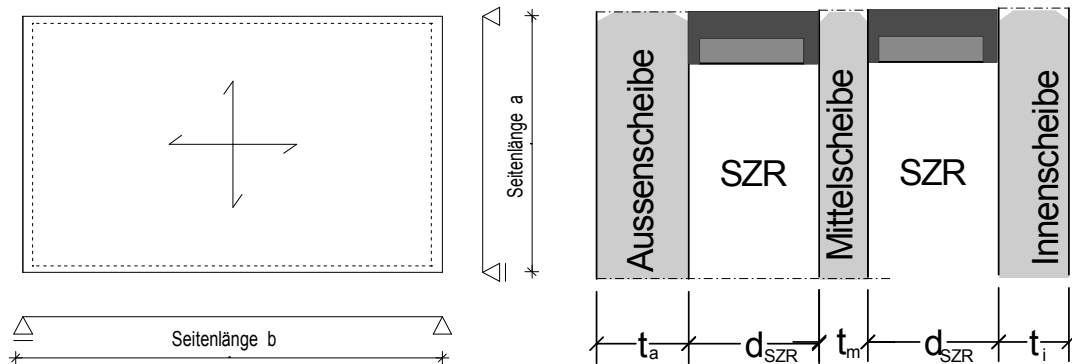
## Dreischeiben-Isolierverglasung

Nachweis nach DIN 18008 + Feldmeier, F. (Klimabelastung und Lastverteilung bei Mehrscheibenisolierverglasung. Stahlbau 75 (2006) Heft 6, Seite 467–478);  
 allseitig linienförmig gelagert; keine absturzsichernde Funktion; Belastung aus Wind (außen)+ Klima; Glas NICHT thermisch vorgespannt

DIN 18008-2:2010-12

### 4 Anwendungsbedingungen

- 4.1 Der Glaseinstand ist so zu wählen, dass die Standsicherheit der Verglasung langfristig sichergestellt ist. Falls nachfolgend keine anderen Festlegungen getroffen werden, ist ein Mindestglaseinstand von 10 mm einzuhalten.
- 4.2 Die linienförmige Lagerung muss an mindestens zwei gegenüberliegenden Seiten beidseitig (Druck und Sog) normal zur Scheibenebene wirksam sein. Dabei muss bei mehrscheibigem Aufbau die linienförmige Lagerung für alle Scheiben wirksam sein.
- 4.3 Eine Seite gilt als eben linienförmig gelagert, wenn bezogen auf die aufgelagerte Scheibenlänge der Bemessungswert der Durchbiegung der Unterkonstruktion nicht größer als 1/200 ist. Vereinfachend darf der Bemessungswert der Beanspruchung nach DIN 1055-100:2001-03, Gleichung (22) ermittelt werden.
- 4.4 Die Verglasungen sind fachgerecht zu verkleben.



### Materialeigenschaften + Geometrie

Außen- und Innenscheibe der Isolierverglasung:

Glasart Typ1 =	GEW("18008/fk";Typ;vg=0)	= Floatglas (FG)
$f_{k1}$ =	TAB("18008/fk";fk;Typ=Typ1)	= 45,0 N/mm <sup>2</sup>
Dicke $t_a$ =		= 8,0 mm
Dicke $t_i$ =	$t_a$	= 8,0 mm

Scheibenzwischenraum:

$d_{1,SZR}$ =		= 12 mm
$d_{2,SZR}$ =	$d_{1,SZR}$	= 12 mm

Mittelscheibe der Isolierverglasung:

Glasart Typ =	GEW("18008/fk";Typ;vg=0)	= Floatglas (FG)
$f_{k2}$ =	TAB("18008/fk";fk;Typ=Typ)	= 45,0 N/mm <sup>2</sup>
Dicke $t_m$ =		= 4,0 mm

E-Modul  $E_G$  = 70000 N/mm<sup>2</sup>

$\gamma_M$  = 1,80

Scheibenabmessung:

Spannweite a =	2777 mm
Spannweite b =	2977 mm



### charakteristische Einwirkungen

äußere Windbelastung:

$$\text{Winddruck } w_{D,k} = 0,66 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Windsog } w_{S,k} = -0,74 \text{ kN/m}^2$$

Klimalast (Bestimmung gemäß DIN 18008-1, Anhang A und [Feldmeier 2010]:

Die Einwirkungen aus Temperaturänderung und meteorologischem Druck dürfen als eine Einwirkung zusammengefasst werden.  $\Delta H$  stellt eine ständige Einwirkung dar.

Isolierverglasungen mit einem Gesamtabsorptionsgrad von weniger als 30 % bei normalen Bedingungen.

Sommer:

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

$$\Delta p_{\text{met}} = -2,00 \text{ kN/m}^2$$

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

$$\Delta p_{\text{geo},S} = 0,012 \cdot \Delta H = 7,20 \text{ kN/m}^2$$

$$p_{0,\Delta T,S} = -\Delta p_{\text{met}} + 0,34 \cdot \Delta T = 8,80 \text{ kN/m}^2$$

$$p_0 = \Delta p_{\text{geo},S} - \Delta p_{\text{met}} + 0,34 \cdot \Delta T = 16,00 \text{ kN/m}^2$$

Winter:

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

$$\Delta p_{\text{met}} = 4,00 \text{ kN/m}^2$$

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

$$\Delta p_{\text{geo},W} = 0,012 \cdot \Delta H = -3,60 \text{ kN/m}^2$$

$$p_{0,\Delta T,W} = -\Delta p_{\text{met}} + 0,34 \cdot \Delta T = -12,50 \text{ kN/m}^2$$

$$p_0 = \Delta p_{\text{geo},W} - \Delta p_{\text{met}} + 0,34 \cdot \Delta T = -16,10 \text{ kN/m}^2$$

Luftdruck am Einbauort

$$p_a = 100 \text{ kN/m}^2$$

Berechnung der relativen Volumenänderung  $\alpha_l$

$$B_V = \text{TAB}("18008/TabA1";B_V;ab=a/b) = 0,0223$$

Scheibenzwischenraum 1:

Einzelscheibe 1

$$\alpha_1 = \frac{a^4 \cdot p_a \cdot B_V}{E_G \cdot t_a^3 \cdot d_{1,SZR}} \cdot 10^{-3} = 308$$

Einzelscheibe 2

$$\alpha_{1\text{plus}} = \frac{a^4 \cdot p_a \cdot B_V}{E_G \cdot t_m^3 \cdot d_{1,SZR}} \cdot 10^{-3} = 2467$$

Scheibenzwischenraum 2:

Einzelscheibe 2

$$\alpha_2 = \frac{a^4 \cdot p_a \cdot B_V}{E_G \cdot t_m^3 \cdot d_{2,SZR}} \cdot 10^{-3} = 2467$$

Einzelscheibe 3

$$\alpha_{2\text{plus}} = \frac{a^4 \cdot p_a \cdot B_V}{E_G \cdot t_i^3 \cdot d_{2,SZR}} \cdot 10^{-3} = 308$$



Berechnung des Isolierglasfaktors  $\varphi_i$  für die beiden Scheibenzwischenräume

Scheibenzwischenraum 1

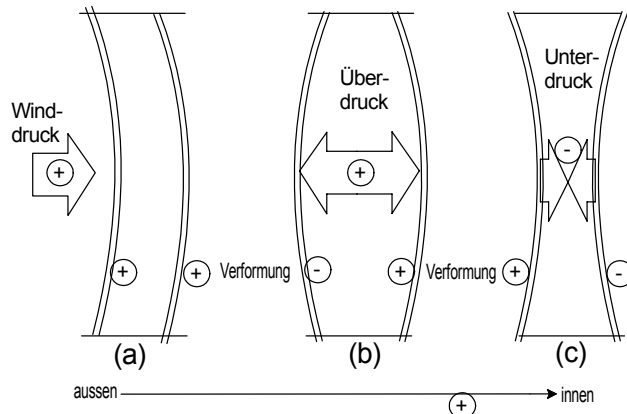
$$\varphi_1 = \frac{1}{1 + \alpha_1 + \alpha_{1plus}} = 0,00036$$

Scheibenzwischenraum 2

$$\varphi_2 = \frac{1}{1 + \alpha_2 + \alpha_{2plus}} = 0,00036$$

Zusammenstellung der Lastfälle:

Die maßgebende EWK zur Bemessung der Einzelscheiben entspricht der ungünstigsten Überlagerung der klimabedingten Belastung in den Scheibenzwischenräumen und den äußeren Einwirkungen. Daraus ergeben sich 6 mögliche EWK infolge Winddruck /-sog und Sommer-/Winterbedingungen aus der Klimalast. Bei der Bemessung der Verglasung werden nur gleich gerichtete Einwirkungen überlagert. Die Vorzeichenregelung für die Überlagerung definiert den Winddruck auf die Außenscheibe positiv, externer Windsog oder interner Winddruck entsprechend negativ. Lastanteile aus klimatischen Veränderungen sind gesondert für jede Einzelscheibe im Hinblick auf die Hauptlastrichtung positiv bzw. negativ anzusetzen (vgl. folgendes Bild)



Beiwert  $\Phi$  für die Lastanteile auf die Einzelscheiben nach [Feldmeier 2010]

$$\Phi = \frac{1}{(1 + \alpha_1 + \alpha_{1plus}) * (1 + \alpha_2 + \alpha_{2plus}) - \alpha_{1plus} * \alpha_2} = 0,6173 * 10^{-6}$$

Windlast



Klimalast

Klimalast ständig Sommer (s) und Winter (w) auf Einzelscheibe 1:

$$k_{st,s,1} = -\Phi * (1 + \alpha_{1plus} + \alpha_2 + \alpha_{2plus}) * \Delta p_{geo,S} = -0,02 \text{ kN/m}^2$$

$$k_{st,w,1} = -\Phi * (1 + \alpha_{1plus} + \alpha_2 + \alpha_{2plus}) * \Delta p_{geo,W} = 0,01 \text{ kN/m}^2$$

Klimalast ständig Sommer (s) und Winter (w) auf Einzelscheibe 2:

$$k_{st,s,2} = \Phi * (\alpha_{2plus} - \alpha_1) * \Delta p_{geo,S} = 0,00 \text{ kN/m}^2$$



$k_{st,w,2} =$	$\Phi^*(\alpha_{2plus} - \alpha_1) * \Delta p_{geo,W}$	$=$	$0,00 \text{ kN/m}^2$
Klimalast ständig Sommer (s) und Winter (w) auf Einzelscheibe 3:			
$k_{st,s,3} =$	$\Phi^*(1 + \alpha_1 + \alpha_{1plus} + \alpha_2) * \Delta p_{geo,S}$	$=$	$0,02 \text{ kN/m}^2$
$k_{st,w,3} =$	$\Phi^*(1 + \alpha_1 + \alpha_{1plus} + \alpha_2) * \Delta p_{geo,W}$	$=$	$-0,01 \text{ kN/m}^2$
Klimalast mittel Sommer (s) und Winter (w) auf Einzelscheibe 1 aus Zwischenraum 1:			
$k_{m,s,1,1} =$	$-\Phi^*(1 + \alpha_2 + \alpha_{2plus}) * p_{0,\Delta T,S}$	$=$	$-0,02 \text{ kN/m}^2$
$k_{m,w,1,1} =$	$-\Phi^*(1 + \alpha_2 + \alpha_{2plus}) * p_{0,\Delta T,W}$	$=$	$0,02 \text{ kN/m}^2$
Klimalast mittel Sommer (s) und Winter (w) auf Einzelscheibe 2 aus Zwischenraum 1:			
$k_{m,s,2,1} =$	$\Phi^*(1 + \alpha_{2plus}) * p_{0,\Delta T,S}$	$=$	$0,00 \text{ kN/m}^2$
$k_{m,w,2,1} =$	$\Phi^*(1 + \alpha_{2plus}) * p_{0,\Delta T,W}$	$=$	$-0,00 \text{ kN/m}^2$
Klimalast mittel Sommer (s) und Winter (w) auf Einzelscheibe 3 aus Zwischenraum 1:			
$k_{m,s,3,1} =$	$\Phi^* \alpha_2 * p_{0,\Delta T,S}$	$=$	$0,01 \text{ kN/m}^2$
$k_{m,w,3,1} =$	$\Phi^* \alpha_2 * p_{0,\Delta T,W}$	$=$	$-0,02 \text{ kN/m}^2$
Klimalast mittel Sommer (s) und Winter (w) auf Einzelscheibe 1 aus Zwischenraum 2:			
$k_{m,s,1,2} =$	$-\Phi^* \alpha_{1plus} * p_{0,\Delta T,S}$	$=$	$-0,01 \text{ kN/m}^2$
$k_{m,w,1,2} =$	$-\Phi^* \alpha_{1plus} * p_{0,\Delta T,W}$	$=$	$0,02 \text{ kN/m}^2$
Klimalast mittel Sommer (s) und Winter (w) auf Einzelscheibe 2 aus Zwischenraum 2:			
$k_{m,s,2,2} =$	$-\Phi^*(1 + \alpha_1) * p_{0,\Delta T,S}$	$=$	$-0,00 \text{ kN/m}^2$
$k_{m,w,2,2} =$	$-\Phi^*(1 + \alpha_1) * p_{0,\Delta T,W}$	$=$	$0,00 \text{ kN/m}^2$
Klimalast mittel Sommer (s) und Winter (w) auf Einzelscheibe 3 aus Zwischenraum 2:			
$k_{m,s,3,2} =$	$\Phi^*(1 + \alpha_1 + \alpha_{1plus}) * p_{0,\Delta T,S}$	$=$	$0,02 \text{ kN/m}^2$
$k_{m,w,3,2} =$	$\Phi^*(1 + \alpha_1 + \alpha_{1plus}) * p_{0,\Delta T,W}$	$=$	$-0,02 \text{ kN/m}^2$

### Lastfallkombinationen

Grundkombinationen im Grenzzustand der Tragsicherheit (GZT):





### Grundkombinationen im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit (GZG):

EWK für kurze Einwirkungsdauer, Leiteinwirkung Klima

Scheibe 1:

$$LK1_K: 0,6^* p_{1,wd,k} + (k_{st,w,1} + k_{m,w,1,1} + k_{m,w,1,2}) = 0,24 \text{ kN/m}^2$$

$$LK2_K: 0,6^* p_{1,ws,k} + (k_{st,s,1} + k_{m,s,1,1} + k_{m,s,1,2}) = -0,26 \text{ kN/m}^2$$

Scheibe 2:

$$LK3_K: 0,6^* p_{2,wd,k} + (k_{m,w,2,1} + k_{m,w,2,2}) = 0,02 \text{ kN/m}^2$$

$$LK4_K: 0,6^* p_{2,ws,k} + (k_{m,s,2,1} + k_{m,s,2,2}) = -0,02 \text{ kN/m}^2$$

Scheibe 3:

$$LK5_K: 0,6^* p_{3,wd,k} + (k_{st,s,3} + k_{m,s,3,1} + k_{m,s,3,2}) = 0,24 \text{ kN/m}^2$$

$$LK6_K: 0,6^* p_{3,ws,k} + (k_{st,w,3} + k_{m,w,3,1} + k_{m,w,3,2}) = -0,26 \text{ kN/m}^2$$

EWK für kurze Einwirkungsdauer, Leiteinwirkung Wind

Scheibe 1:

$$LK1_W: p_{1,wd,k} + 0,6^* (k_{st,w,1} + k_{m,w,1,1} + k_{m,w,1,2}) = 0,34 \text{ kN/m}^2$$

$$LK2_W: p_{1,ws,k} + 0,6^* (k_{st,s,1} + k_{m,s,1,1} + k_{m,s,1,2}) = -0,38 \text{ kN/m}^2$$

Scheibe 2:

$$LK3_W: p_{2,wd,k} + 0,6^* (k_{m,w,2,1} + k_{m,w,2,2}) = 0,04 \text{ kN/m}^2$$

$$LK4_W: p_{2,ws,k} + 0,6^* (k_{m,s,2,1} + k_{m,s,2,2}) = -0,04 \text{ kN/m}^2$$

Scheibe 3:

$$LK5_W: p_{3,wd,k} + 0,6^* (k_{st,s,3} + k_{m,s,3,1} + k_{m,s,3,2}) = 0,34 \text{ kN/m}^2$$

$$LK6_W: p_{3,ws,k} + 0,6^* (k_{st,w,3} + k_{m,w,3,1} + k_{m,w,3,2}) = -0,38 \text{ kN/m}^2$$

### Analytische Berechnung

Beiwerte (nach F. Feldmeier) für die nachfolgende Berechnung

$$e = \text{MIN}(a;b) / \text{MAX}(a;b) = 0,93$$

$$B_f = \text{TAB}("18008/feldmeier1"; B_f; e=e) = 0,0532$$

$$B_s = \text{TAB}("18008/feldmeier1"; B_s; e=e) = 0,3077$$

$$B_q = \text{TAB}("18008/feldmeier1"; B_q; e=e) = 0,4467$$



Software zur Dokumentation und Berechnung

# cmaster

Urheberrechtlich geschütztes Material. Für die kostenfreie Ansicht wurde an dieser Stelle ein Bereich entfernt.

### Nachweis der Gebrauchstauglichkeit

Die Durchbiegung linienförmig gelagerter Horizontalverglasung ist auf 1/100 der Stützweite begrenzt.

$$C_d = 1/100^* a = 27,8 \text{ mm}$$

$$E_{d,a} = \text{MAX}(f_{a1}; \text{ABS}(f_{a2}); f_{a3}; \text{ABS}(f_{a4})) = 33,50 \text{ mm}$$

$$E_{d,m} = \text{MAX}(f_{m1}; \text{ABS}(f_{m2}); f_{m3}; \text{ABS}(f_{m4})) = 28,20 \text{ mm}$$

$$E_{d,i} = \text{MAX}(f_{i1}; \text{ABS}(f_{i2}); f_{i3}; \text{ABS}(f_{i4})) = 33,50 \text{ mm}$$

$$E_{d,a}/C_d = 1,21 \leq 1$$

$$E_{d,m}/C_d = 1,01 \leq 1$$

$$E_{d,i}/C_d = 1,21 \leq 1$$



### Analytischer Nachweis der Tragfähigkeit

Spannungen Scheibe 1 (außen):

"kurze" Einwirkungsdauer

$$\begin{aligned} \sigma_{a1} &= LK1_{kk} \cdot \frac{a^2}{t_a^2} \cdot Bs &= & 12,98 \text{ N/mm}^2 \\ \sigma_{a2} &= LK2_{kk} \cdot 10^{-3} \cdot a^2 / t_a^2 \cdot Bs &= & -14,46 \text{ N/mm}^2 \\ \sigma_{a3} &= LK1_{kW} \cdot 10^{-3} \cdot a^2 / t_a^2 \cdot Bs &= & 18,91 \text{ N/mm}^2 \\ \sigma_{a4} &= LK2_{kW} \cdot 10^{-3} \cdot a^2 / t_a^2 \cdot Bs &= & -21,13 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

"mittlere" Einwirkungsdauer

$$\begin{aligned} \sigma_{a5} &= LK1_m \cdot 10^{-3} \cdot a^2 / t_a^2 \cdot Bs &= & 2,60 \text{ N/mm}^2 \\ \sigma_{a6} &= LK2_m \cdot 10^{-3} \cdot a^2 / t_a^2 \cdot Bs &= & -2,60 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

Beiwert zur Berücksichtigung der Konstruktionsart

$$k_c = 1,80$$

$$k_{\text{mod,kurz}} = 0,70$$

$$k_{\text{mod,mittel}} = 0,40$$

$$R_{d,a,\text{kurz}} = \frac{k_{\text{mod,kurz}} \cdot k_c \cdot f_{k1}}{\gamma_M} = 31,50 \text{ N/mm}^2$$

$$R_{d,a,\text{mittel}} = \frac{k_{\text{mod,mittel}} \cdot k_c \cdot f_{k1}}{\gamma_M} = 18,00 \text{ N/mm}^2$$

### Nachweis Scheibe 1 (außen):

maßgebende Kombination

$$E_{d,a,\text{kurz}} = \text{MAX}(\sigma_{a1}; \text{ABS}(\sigma_{a2}); \sigma_{a3}; \text{ABS}(\sigma_{a4})) = 21,13 \text{ N/mm}^2$$

$$E_{d,a,\text{kurz}} / R_{d,a,\text{kurz}} = 0,67 \leq 1$$

$$E_{d,a,\text{mittel}} = \text{MAX}(\sigma_{a5}; \text{ABS}(\sigma_{a6})) = 2,60 \text{ N/mm}^2$$

$$E_{d,a,\text{mittel}} / R_{d,a,\text{mittel}} = 0,14 \leq 1$$

### Spannungen Scheibe 2 (mittig):



Beiwert zur Berücksichtigung der Konstruktionsart

$$k_c = 1,80$$

$$k_{\text{mod,kurz}} = 0,70$$

$$k_{\text{mod,mittel}} = 0,40$$

$$R_{d,m,\text{kurz}} = \frac{k_{\text{mod,kurz}} \cdot k_c \cdot f_{k2}}{\gamma_M} = 31,50 \text{ N/mm}^2$$

$$R_{d,m,\text{mittel}} = \frac{k_{\text{mod,mittel}} \cdot k_c \cdot f_{k2}}{\gamma_M} = 18,00 \text{ N/mm}^2$$



### Nachweis Scheibe 2 (mittig):

maßgebende Kombination

$$E_{d,m, \text{kurz}} = \text{MAX}(\sigma_{m1}; \text{ABS}(\sigma_{m2}); \sigma_{m3}; \text{ABS}(\sigma_{m4})) = 8,90 \text{ N/mm}^2$$

$$E_{d,m, \text{kurz}} / R_{d,m, \text{kurz}} = 0,28 \leq 1$$

$$E_{d,m, \text{mittel}} = \text{MAX}(\sigma_{m5}; \text{ABS}(\sigma_{m6})) = 0,00 \text{ N/mm}^2$$

$$E_{d,m, \text{mittel}} / R_{d,m, \text{mittel}} = 0,00 \leq 1$$

### Spannungen Scheibe 3 (innen):

"kurze" Einwirkungsdauer



Beiwert zur Berücksichtigung der Konstruktionsart

$$k_c = 1,80$$

$$k_{\text{mod, kurz}} = 0,70$$

$$k_{\text{mod, mittel}} = 0,40$$

$$R_{d,i, \text{kurz}} = \frac{k_{\text{mod, kurz}} \cdot k_c \cdot f_{k1}}{\gamma_M} = 31,50 \text{ N/mm}^2$$

$$R_{d,i, \text{mittel}} = \frac{k_{\text{mod, mittel}} \cdot k_c \cdot f_{k1}}{\gamma_M} = 18,00 \text{ N/mm}^2$$

### Nachweis Scheibe 3 (innen):

maßgebende Kombination

$$E_{d,i, \text{kurz}} = \text{MAX}(\sigma_{i1}; \text{ABS}(\sigma_{i2}); \sigma_{i3}; \text{ABS}(\sigma_{i4})) = 21,13 \text{ N/mm}^2$$

$$E_{d,i, \text{kurz}} / R_{d,i, \text{kurz}} = 0,67 \leq 1$$

$$E_{d,i, \text{mittel}} = \text{MAX}(\sigma_{i5}; \text{ABS}(\sigma_{i6})) = 2,60 \text{ N/mm}^2$$

$$E_{d,i, \text{mittel}} / R_{d,i, \text{mittel}} = 0,14 \leq 1$$

### Überprüfung der Lagesicherheit für LK5

Die abhebende Linienlast muss durch die Klemmleisten abgetragen werden.

### Nachweis der Resttragfähigkeit

⇒ vgl. DIN 18008-1:2010-12 Kapitel 9

hier: Vorgaben aus konstruktiver und geometrischer Sicht erfüllt





## Kapitel Horizontalverglasung

### Horizontalverglasung 2-seitig, linienförmig gelagert

Nachweis nach DIN 18008-1 und 2, Glas thermisch NICHT vorgespannt

#### 5 Zusätzliche Regelungen für Horizontalverglasungen

- 5.1 Für Einfachverglasungen bzw. die untere Scheibe von Isolierverglasungen darf zum Schutz von Verkehrsflächen nur Verbundsicherheitsglas (VSG) aus Floatglas oder VSG aus teilvorgespanntem Glas (TVG) oder Drahtglas verwendet werden.
- 5.2 Die ausreichende Resttragfähigkeit darf durch Bohrungen und Ausschnitte nicht beeinträchtigt werden.
- 5.3 VSG-Scheiben aus TVG dürfen Bohrungen zur Befestigung von Klemmleisten haben.
- 5.4 VSG Scheiben mit einer Stützweite von mehr als 1,2 m sind allseitig zu lagern.
- 5.5 Die Nennstärke der Zwischenfolie von VSG muss mindestens 0,76 mm betragen. Bei allseitiger Lagerung von Scheiben mit einer maximalen Stützweite in Haupttragrichtung von 0,8 m darf auch eine Zwischenfolie mit einer Nennstärke von 0,38 mm verwendet werden.
- 5.6 Die Verwendung von Drahtglas ist nur bis zu einer maximalen Stützweite in Haupttragrichtung von 0,7 m zulässig. Dabei muss der Glaseinstand mindestens 15 mm betragen. Kanten von Drahtglas dürfen nicht ständig der Feuchtigkeit ausgesetzt sein. Freie Kanten dürfen der Bewitterung ausgesetzt sein, wenn deren Abtrocknung nicht behindert wird.
- 5.7 Der freie Rand von VSG darf – parallel und senkrecht zur Lagerung – maximal 30 % der Auflagerlänge, höchstens jedoch 300 mm über den von den linienförmigen Lagern aufgespannten Bereich auskragen. Die Auskragung einer Scheibe eines VSG über den Verbundbereich hinaus (z. B. Tropfkanten bei Überkopfverglasungen) darf maximal 30 mm betragen.
- 5.8 Die untere Scheibe einer Horizontalverglasung aus Isolierglas ist stets auch für den Fall des Versagens der oberen Scheiben mit deren Belastung nachzuweisen. Das Versagen der oberen Scheiben stellt eine „außergewöhnliche“ Bemessungssituation dar. Hierfür gilt DIN 1055-100:2001-03, 9.4 (Gleichung 15).
- 5.9 Von den in diesem Abschnitt aufgeführten zusätzlichen Regelungen für Horizontalverglasungen darf abgewichen werden, wenn durch geeignete konstruktive Maßnahmen (z. B. ausreichend dauerhaft tragfähige kleinmaschige Netze mit höchstens 40 mm Maschenweite) sichergestellt ist, dass Verkehrsflächen nicht durch herabfallende Glasteile gefährdet werden.

#### Materialeigenschaften

Glasart Typ =	GEW("18008/fk";Typ;vg=0)	=	VSG aus FG
$f_k$ =	TAB("18008/fk";fk;Typ=Typ)	=	45,0 N/mm <sup>2</sup>
E-Modul $E_G$ =			70000 N/mm <sup>2</sup>
$\gamma_M$ =			1,80
Dicke $t_1$ =			6,0 mm
Dicke $t_2$ =			6,0 mm
Spannweite $l$ =			780 mm

#### Einwirkungen

Charakteristische Einwirkungen			
Eigengewicht $g_1$ =	$t_1 \cdot 25 = 0,006 \cdot 25$	=	0,15 kN/m <sup>2</sup>
Eigengewicht $g_2$ =	$t_2 \cdot 25 = 0,006 \cdot 25$	=	0,15 kN/m <sup>2</sup>
Schnee $s$ =			1,0 kN/m <sup>2</sup>
Einwirkungen für Nachweis der Tragsicherheit:			
$q_{d,mittel}$ =	$1,35 \cdot (g_1 + g_2) + 1,5 \cdot s$	=	1,91 kN/m
$q_{d,ständig}$ =	$1,35 \cdot (g_1 + g_2)$	=	0,41 kN/m
Einwirkung für Nachweis der Gebrauchstauglichkeit			
$q_{mittel}$ =	$1,00 \cdot (g_1 + g_2) + 1,0 \cdot s$	=	1,30 kN/m





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.

Lastanteile:

$$\delta_1 = \frac{t_1^3}{t_1^3 + t_2^3} = 0,50$$

$$\delta_2 = \frac{t_2^3}{t_1^3 + t_2^3} = 0,50$$

Ersatzdicke  $t'$  (des gesamten Schichtenaufbaus) für Verformungsberechnung

$$t' = \sqrt[3]{t_1^3 + t_2^3} = 7,6 \text{ mm}$$

Betrachtet wird ein 1,0m breiter Streifen:

Widerstandsmomente

$$W_1 = 1000 * t_1^2 / 6 = 6000 \text{ mm}^3/\text{m}$$

$$W_2 = 1000 * t_2^2 / 6 = 6000 \text{ mm}^3/\text{m}$$

Einwirkungen auf Scheiben

$$q_{d1,mittel} = \delta_1 * q_{d,mittel} = 0,95 \text{ kN/m}$$

$$q_{d2,mittel} = \delta_2 * q_{d,mittel} = 0,95 \text{ kN/m}$$

Scheibe 1:

$$M_{1,max,ständig} = \delta_1 * q_{d,ständig} * \frac{l^2}{8} = 0,0156 \text{ kNm}$$

$$M_{1,max,mittel} = q_{d1,mittel} * \frac{l^2}{8} = 0,95 * \frac{0,78^2}{8} = 0,0722 \text{ kNm}$$

Scheibe 2:

$$M_{2,max,ständig} = \delta_2 * q_{d,ständig} * \frac{l^2}{8} = 0,0156 \text{ kNm}$$

$$M_{2,max,mittel} = q_{d2,mittel} * \frac{l^2}{8} = 0,95 * \frac{0,78^2}{8} = 0,0722 \text{ kNm}$$



**Nachweis der Tragfähigkeit**



Bemessungswert des Tragwiderstandes nach DIN 18008-1

$$\begin{aligned} \text{Faktor (8.3.8) } f_1 &= 0,80 \\ \text{Faktor (8.3.9) } f_2 &= 1,10 \end{aligned}$$

Beiwert zur Berücksichtigung der Konstruktionsart

$$k_c = 1,80$$

$$R_{d,\text{ständig}} = \frac{0,25 \cdot k_c \cdot f_k}{\gamma_M} \cdot f_1 \cdot f_2 = 9,90 \text{ N/mm}^2$$

$$R_{d,\text{mittel}} = \frac{0,40 \cdot k_c \cdot f_k}{\gamma_M} \cdot f_1 \cdot f_2 = 15,84 \text{ N/mm}^2$$

Nachweis:

$$\sigma_{d1,\text{ständig}} / R_{d,\text{ständig}} = \underline{\underline{0,26 \leq 1}}$$

$$\sigma_{d1,\text{mittel}} / R_{d,\text{mittel}} = \underline{\underline{0,76 \leq 1}}$$

$$\sigma_{d2,\text{ständig}} / R_{d,\text{ständig}} = \underline{\underline{0,26 \leq 1}}$$

$$\sigma_{d2,\text{mittel}} / R_{d,\text{mittel}} = \underline{\underline{0,76 \leq 1}}$$

**Nachweis der Gebrauchstauglichkeit**

$$Elu = \frac{5}{384} \cdot q_{\text{mittel}} \cdot l^4 = 6,27 \cdot 10^9 \text{ Nmm}^2$$

$$I = t'^3 \cdot \frac{1000}{12} = 36581 \text{ mm}^4$$

$$u = \frac{Elu}{E_G \cdot I} = \underline{\underline{2,45 \text{ mm}}}$$

Bemessungswert des Gebrauchstauglichkeitskriterium nach DIN 18008-2

$$u_{C,d} = l/100 = 7,80 \text{ mm}$$

$$u / u_{C,d} = \underline{\underline{0,31 \leq 1}}$$

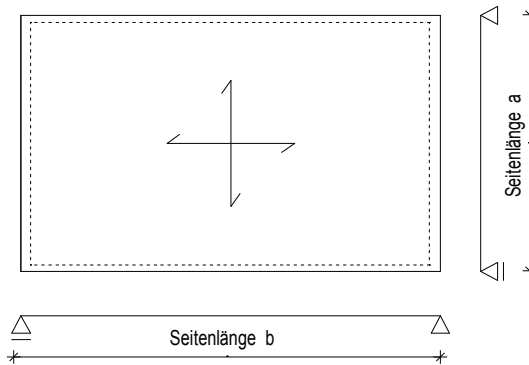


## Horizontalverglasung allseitig, linienförmig gelagert

Nachweis nach DIN 18008, Einfachverglasung, NICHT bedingt betretbar, VSG aus TVG

### 5. Zusätzliche Regelungen für Horizontalverglasungen

- 5.1 Für Einfachverglasungen bzw. die untere Scheibe von Isolierverglasungen darf zum Schutz von Verkehrsflächen nur Verbundsicherheitsglas (VSG) aus Floatglas oder VSG aus teilvorgespanntem Glas (TVG) oder Drahtglas verwendet werden.
- 5.2 Die ausreichende Resttragfähigkeit darf durch Bohrungen und Ausschnitte nicht beeinträchtigt werden.
- 5.3 VSG-Scheiben aus TVG dürfen Bohrungen zur Befestigung von Klemmleisten haben.
- 5.4 VSG Scheiben mit einer Stützweite von mehr als 1,2 m sind allseitig zu lagern.
- 5.5 Die Nennstärke der Zwischenfolie von VSG muss mindestens 0,76 mm betragen. Bei allseitiger Lagerung von Scheiben mit einer maximalen Stützweite in Haupttragrichtung von 0,8 m darf auch eine Zwischenfolie mit einer Nennstärke von 0,38mm verwendet werden.
- 5.6 Die Verwendung von Drahtglas ist nur bis zu einer maximalen Stützweite in Haupttragrichtung von 0,7 m zulässig. Dabei muss der Glaseinstand mindestens 15 mm betragen. Kanten von Drahtglas dürfen nicht ständig der Feuchtigkeit ausgesetzt sein. Freie Kanten dürfen der Bewitterung ausgesetzt sein, wenn deren Abtrocknung nicht behindert wird.
- 5.7 Der freie Rand von VSG darf – parallel und senkrecht zur Lagerung – maximal 30 % der Auflagerlänge, höchstens jedoch 300 mm über den von den linienförmigen Lagern aufgespannten Bereich auskragen. Die Auskragung einer Scheibe eines VSG über den Verbundbereich hinaus (z. B. Tropfkanten bei Überkopfverglasungen) darf maximal 30 mm betragen.
- 5.8 Die untere Scheibe einer Horizontalverglasung aus Isolierglas ist stets auch für den Fall des Versagens der oberen Scheiben mit deren Belastung nachzuweisen. Das Versagen der oberen Scheiben stellt eine „außergewöhnliche“ Bemessungssituation dar. Hierfür gilt DIN 1055-100:2001-03, 9.4 (Gleichung 15).
- 5.9 Von den in diesem Abschnitt aufgeführten zusätzlichen Regelungen für Horizontalverglasungen darf abgewichen werden, wenn durch geeignete konstruktive Maßnahmen (z. B. ausreichend dauerhaft tragfähige kleinmaschige Netze mit höchstens 40 mm Maschenweite) sichergestellt ist, dass Verkehrsflächen nicht durch herabfallende Glasteile gefährdet werden.



### Materialeigenschaften + Geometrie

Glasart Typ =	GEW("18008/fk";Typ;vg=1)	=	TVG aus FG
$f_k$ =	TAB("18008/fk";fk;Typ=Typ)	=	70,0 N/mm <sup>2</sup>
E-Modul $E_G$ =		=	70000 N/mm <sup>2</sup>
$\gamma_M$ =		=	1,50
Dicke $t_1$ =		=	8,0 mm
Dicke $t_2$ =		=	8,0 mm
Spannweite a =		=	1090 mm
Spannweite b =		=	2190 mm

### charakteristische Einwirkungen

Eigengewicht $g_1 = t_1 \cdot 25 = 0,008 \cdot 25$	=	0,20 kN/m <sup>2</sup>
Eigengewicht $g_2 = t_2 \cdot 25 = 0,008 \cdot 25$	=	0,20 kN/m <sup>2</sup>
	<b>g =</b>	<b><u>0,40 kN/m<sup>2</sup></u></b>
Schnee s =		1,38 kN/m <sup>2</sup>
Winddruck $w_D$ =		0,59 kN/m <sup>2</sup>
Windsog $w_S$ =		-0,94 kN/m <sup>2</sup>



### Lastfallkombinationen

Grundkombinationen im Grenzzustand der Tragsicherheit (GZT):

$$\begin{aligned} \text{LK1:} & \quad 1,35 \cdot g + 1,5 \cdot s + 1,5 \cdot 0,6 \cdot w_D & = & \quad 3,14 \text{ kN/m}^2 \\ \text{LK2:} & \quad 1,35 \cdot g + 1,5 \cdot w_D + 1,5 \cdot 0,5 \cdot s & = & \quad 2,46 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

Nachweis für abhebende Kräfte:

$$\text{LK3:} \quad 1,00 \cdot g + 1,5 \cdot w_S = -1,01 \text{ kN/m}^2$$

Nachweis der Lagesicherheit:

$$\text{LK4:} \quad 1,15 \cdot g + 1,5 \cdot w_S = -0,95 \text{ kN/m}^2$$

Grundkombinationen im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit (GZG):

$$\begin{aligned} \text{LK11:} & \quad g + s + 0,6 \cdot w_D & = & \quad 2,13 \text{ kN/m}^2 \\ \text{LK12:} & \quad g + w_D + 0,5 \cdot w_D & = & \quad 1,28 \text{ kN/m}^2 \\ \text{LK13:} & \quad g + w_S & = & \quad -0,54 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

### Berechnung

Verbundsicherheitsglas (VSG) 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.

Lastanteile:

$$\delta_1 = \frac{t_1^3}{t_1^3 + t_2^3} = 0,50$$

$$\delta_2 = \frac{t_2^3}{t_1^3 + t_2^3} = 0,50$$

Ersatzdicke  $t'$  (des gesamten Schichtenaufbaus) für Verformungsberechnung

$$t' = \sqrt[3]{t_1^3 + t_2^3} = 10,1 \text{ mm}$$

Beiwerte (nach F. Feldmeier) für die nachfolgende Berechnung

$$\begin{aligned} e & = \text{MIN}(a;b) / \text{MAX}(a;b) & = & \quad 0,50 \\ B_f & = \text{TAB}("18008/\text{feldmeier1"}; B_f; e=e) & = & \quad 0,1151 \\ B_s & = \text{TAB}("18008/\text{feldmeier1"}; B_s; e=e) & = & \quad 0,6030 \\ B_q & = \text{TAB}("18008/\text{feldmeier1"}; B_q; e=e) & = & \quad 0,5090 \end{aligned}$$

Durchbiegung (Einzellastfälle)



Durchbiegung (Lastfallkombinationen)

$$\begin{aligned} f_{d11} & = f_{g,k} + f_{s,k} + 0,6 \cdot f_{wD,k} & = & \quad 4,81 \text{ mm} \\ f_{d12} & = f_{g,k} + f_{wD,k} + 0,5 \cdot f_{s,k} & = & \quad 3,79 \text{ mm} \\ f_{d13} & = f_{g,k} + f_{wS,k} & = & \quad -1,22 \text{ mm} \end{aligned}$$



### Nachweis der Gebrauchstauglichkeit

Die Durchbiegung linienförmig gelagerter Horizontalverglasung ist auf 1/100 der Stützweite begrenzt.

$$C_d = 1/100 \cdot a = 10,90 \text{ mm}$$

$$E_d = \text{MAX}(f_{d11}; f_{d12}; \text{ABS}(f_{d13})) = 4,81 \text{ mm}$$

$$E_d/C_d = 0,44 \leq 1$$

#### Anmerkung:

Bei Durchbiegungen  $f$ , die größer sind als die Scheibendicke  $d$ , kann eine geometrisch nichtlineare Berechnung (FE) über den Ansatz der Membranwirkung in der Platte zu wirtschaftlicheren Ergebnissen führen.

### Nachweis der Tragfähigkeit



### Lineare Superposition für Scheibe 1:

$$\sigma_1 = 1,35 \cdot \sigma_{g1} + 1,5 \cdot \sigma_{s1} + 1,5 \cdot 0,6 \cdot \sigma_{wD1} = 17,57 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_2 = 1,35 \cdot \sigma_{g1} + 1,5 \cdot \sigma_{wD1} + 1,5 \cdot 0,5 \cdot \sigma_{s1} = 13,76 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_3 = 1,00 \cdot \sigma_{g1} + 1,5 \cdot \sigma_{wS1} = -5,65 \text{ N/mm}^2$$

#### Nachweis:

Bemessungswert des Tragwiderstandes nach DIN 18008-1

$$\text{Faktor (8.3.9) } f_2 = 1,10$$

Beiwert zur Berücksichtigung der Konstruktionsart

$$k_c = 1,00$$

$$R_d = \frac{k_c \cdot f_k}{1,5} \cdot f_2 = 51,33 \text{ N/mm}^2$$

maßgebende Kombination

$$E_d = \text{MAX}(\sigma_1; \sigma_2; \text{ABS}(\sigma_3)) = 17,57 \text{ N/mm}^2$$

#### Nachweis:

$$E_d/R_d = 0,34 \leq 1$$



### Lineare Superposition für Scheibe 2:

$$\begin{aligned}\sigma_1 &= 1,35 \cdot \sigma_{g2} + 1,5 \cdot \sigma_{s2} + 1,5 \cdot 0,6 \cdot \sigma_{wD2} &= & 17,57 \text{ N/mm}^2 \\ \sigma_2 &= 1,35 \cdot \sigma_{g2} + 1,5 \cdot \sigma_{wD2} + 1,5 \cdot 0,5 \cdot \sigma_{s2} &= & 13,76 \text{ N/mm}^2 \\ \sigma_3 &= 1,00 \cdot \sigma_{g2} + 1,5 \cdot \sigma_{wS2} &= & -5,65 \text{ N/mm}^2\end{aligned}$$

### Nachweis

Bemessungswert des Tragwiderstandes nach DIN 18008-1  
Faktor (8.3.9)  $f_2 =$

1,10

Beiwert zur Berücksichtigung der Konstruktionsart

$k_c =$

1,00

$$R_d = \frac{k_c \cdot f_k}{1,5} \cdot f_2$$

**51,33 N/mm<sup>2</sup>**

maßgebende Kombination

$$E_d = \text{MAX}(\sigma_1; \sigma_2; \text{ABS}(\sigma_3))$$

**17,57 N/mm<sup>2</sup>**

Nachweis:

$$E_d / R_d = \underline{\underline{0,34 \leq 1}}$$

### Überprüfung der Lagesicherheit für LK5

Die abhebende Linienlast muss durch die Klemm leisten abgetragen werden. Die Breite der Lasteinzugsflächen beträgt  $a$  (s.o.)

$$q_{z,d} = \text{LK4} \cdot a = -0,95 \cdot 1,09 = -1,04 \text{ kN/m}$$



## Punktgehaltene Horizontalverglasung, 4 x gelagert

Nachweis nach DIN 18008-3, punktförmig mittels Tellerhaltern, Glas NICHT bedingt betretbar, VSG aus 2x TVG

DIN 18008-3:2013-07

1 Anwendungsbereich

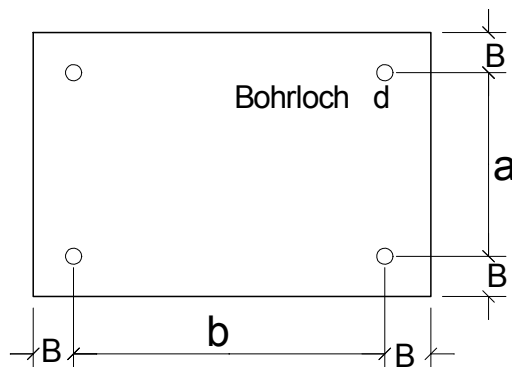
Diese Norm gilt für die Verwendung von punktförmig gelagerten Verglasungen. Dabei werden Punkthalter unterschieden in Tellerhalter, die durch Glasbohrungen geführt werden, und Klemmhalter, die ohne Bohrungen am Rand bzw. an den Ecken der Verglasung angeordnet werden. Diese Norm gilt nur für Verglasungskonstruktionen, bei denen alle Glasscheiben ausschließlich durch mechanische Halterungen formschlüssig gelagert sind.

Diese Norm gilt ausschließlich für ausfachende Verglasungen nach DIN 18008-1:2010-12, 3.1.1. Diese Norm behandelt die Verwendung von Tellerhaltern mit zylindrischen Glasbohrungen (keine konischen Bohrungen), die die gesamte Glasdicke umgreifen.

Für Verglasungen, die gegen Absturz sichern, für begehbare oder an zu Instandsetzungsmaßnahmen betretbare Verglasungen gelten zusätzliche Anforderungen nach DIN 18008-4 bis DIN 18008-6.

Hinsichtlich der Unterscheidung in Horizontal- und Vertikalverglasung gelten die Bestimmungen nach DIN 18008-2 sinngemäß.

Die Anwendungsbedingungen nach DIN 18008-3:2013-07 Kapitel 4, 5 und 6 sind einzuhalten!



### Materialeigenschaften + Geometrie

Glasart Typ =	GEW("18008/fk";Typ;vg=1)	=	TVG aus FG
$f_k$ =	TAB("18008/fk";fk;Typ=Typ)	=	70,0 N/mm <sup>2</sup>
E-Modul $E_G$ =		=	70000 N/mm <sup>2</sup>
$\gamma_M$ =		=	1,50
Scheibe $t_1$ =	GEW("18008/C.4";t;)	=	10,0 mm
Scheibe $t_2$ =	$t_1$	=	10,0 mm
Bohrungsdurchmesser $d$ =	GEW("18008/C.2";d;)	=	20 mm
Tellerdurchmesser $T$ =	GEW("18008/C.2";T;)	=	60 mm
Abstand vom Bohrungsrand zur Plattenkante $B$ =		=	100 mm
min. Achsabstand Punkthalter $a_{\min}$ =		=	800 mm
Spannweite $a$ =		=	800 mm

### Charakteristische Einwirkungen

Ergebnisse des vereinfachten FE-Modells im Feldbereich (ohne Bohrungen):

max. Spannung im Feld bei gelenkiger, statisch bestimmter Lagerung

max. Spannung  $\sigma_{\text{Feld}}$  = 13,60 N/mm<sup>2</sup>

Verformung  $f_{\text{max}}$  = 4,50 mm

### Ergebnisse des vereinfachten FE-Modells im Bohrungsbereich Feldbereich:

Die max. Spannung ergibt sich im Umkreis der Stützung mit einem Radius, der dem dreifachen Bohrlochdurchmesser entspricht (gezwängte Lastfall)

Spannung $\sigma_{g,d}$ =	12,20 N/mm <sup>2</sup>
Auflagerkraft $F_{z,d}$ =	1920 N
Auflagerkraft $F_{x,d}$ =	490 N
Auflagerkraft $F_{y,d}$ =	178 N
Moment $M_{x,d}$ =	15100 Nm
Moment $M_{y,d}$ =	41800 Nm



resultierende Auflagerkraft  $F_{res}$  und Moment  $M_{res}$ :

$$\Rightarrow F_{res,d} = \sqrt{(F_{x,d}^2 + F_{y,d}^2)} = 521 \text{ N}$$

$$\Rightarrow M_{res,d} = \sqrt{(M_{x,d}^2 + M_{y,d}^2)} = 44444 \text{ N}$$

### Ermittlung der lokalen Spannungsanteile

Faktoren aus DIN 18008-3:2013-07 Tabelle C.5

$$\delta_z = \frac{t_1^3}{\sum_{i=1}^2 t_i^3} = 0,50$$

$$\delta_{Fres} = \frac{t_1}{\sum_{i=1}^2 t_i} = 0,50$$

$$\delta_M = \frac{\delta_z}{\sqrt[3]{t_1^3 + t_2^3}} = 0,50$$

$$t_e = \sqrt[3]{t_1^3 + t_2^3} = 12,6 \text{ mm}$$

$$\delta_g = \frac{t_1}{t_e} = 0,79$$

Da bei der Verwendung von Tellerhaltern nur gleich dicke Glasscheiben zum Einsatz kommen, hängen die Lastverteilungsfaktoren nur von der Anzahl der Scheiben ab:

hier,  $n = 2,0$

$$\delta_z = 1/n = 0,50$$

$$\delta_{Fres} = \delta_z = 0,50$$

$$\delta_M = \delta_z = 0,50$$

$$\delta_g = 1/\sqrt[3]{n} = 0,79$$

aus Tabelle C.2 bzw.C.3 — Spannungsfaktoren für eine Referenzscheibendicke  $t_{ref} = 10 \text{ mm}$

$$bFz = \text{TAB}("18008/C.2";bFz;T=T;d=d) = 10,10$$

$$bFres = \text{TAB}("18008/C.2";bFres;T=T;d=d) = 3,13$$

$$bM = \text{TAB}("18008/C.2";bM;T=T;d=d) = 2,02$$





Bemessungswerte der Spannungen



im Feldbereich  
 $E_{d2} = \sigma_{Feld} = 13,60 \text{ N/mm}^2$

Nachweis:

Bemessungswert des Tragwiderstandes nach DIN 18008-1  
 Faktor (8.3.9)  $f_2 = 1,10$

Beiwert zur Berücksichtigung der Konstruktionsart  
 $k_c = 1,00$

$R_d = \frac{k_c \cdot f_k}{1,5} \cdot f_2 = 51,33 \text{ N/mm}^2$

Nachweis:

$E_{d1} / R_d = 0,94 \leq 1$

$E_{d2} / R_d = 0,26 \leq 1$

Nachweis der Gebrauchstauglichkeit

Die Durchbiegung linienförmig gelagerter Horizontalverglasung ist auf 1/100 der Stützweite begrenzt.

$C_d = 1/100 \cdot a = 8,00 \text{ mm}$

$f_{max} / C_d = 0,56 \leq 1$

Nachweis der Resttragfähigkeit

DIN 18008-3:2013-07

6.1.4 Für die in Tabelle 2 angegebenen Tellerdurchmesser, Glasaufbauten und maximalen Stützweiten gilt der Nachweis ausreichender Resttragfähigkeit als erbracht. Die statischen Nachweise der Tragfähigkeit und Gebrauchstauglichkeit bleiben davon unberührt.

Tabelle 2 — Glasaufbauten mit nachgewiesener Resttragfähigkeit bei rechtwinkligem Stützraster

Teller- durchmesser	TVG Glasdicke	Stützweite in Richtung 1	Stützweite in Richtung 2
mm	mm	mm max.	mm max.
70	2 x 6	900	750
60	2 x 8	950	750
70	2 x 8	1100	750
60	2 x 10	1000	900
70	2 x 10	1400	1000

### Punktgehaltene Horizontalverglasung, 6 x gelagert

Nachweis nach DIN 18008-3, punktförmig mittels Tellerhaltern, Glas NICHT bedingt betretbar, VSG aus 2x TVG

DIN 18008-3:2013-07

1 Anwendungsbereich :

Diese Norm gilt für die Verwendung von punktförmig gelagerten Verglasungen. Dabei werden Punkthalter unterschieden in Tellerhalter, die durch Glasbohrungen geführt werden, und Klemmhalter, die ohne Bohrungen am Rand bzw. an den Ecken der Verglasung angeordnet werden.

Diese Norm gilt nur für Verglasungskonstruktionen, bei denen alle Glasscheiben ausschließlich durch mechanische Halterungen formschlüssig gelagert sind.

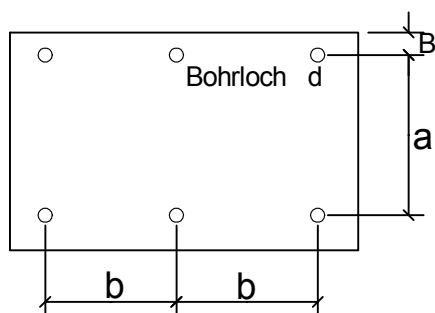
Diese Norm gilt ausschließlich für ausfachende Verglasungen nach DIN 18008-1:2010-12, 3.1.1.

Diese Norm behandelt die Verwendung von Tellerhaltern mit zylindrischen Glasbohrungen (keine konischen Bohrungen), die die gesamte Glasdicke umgreifen.

Für Verglasungen, die gegen Absturz sichern, für begehbare oder an zu Instandsetzungsmaßnahmen betretbare Verglasungen gelten zusätzliche Anforderungen nach DIN 18008-4 bis DIN 18008-6.

Hinsichtlich der Unterscheidung in Horizontal- und Vertikalverglasung gelten die Bestimmungen nach DIN 18008-2 sinngemäß.

**Die Anwendungsbedingungen nach DIN 18008-3:2013-07 Kapitel 4, 5 und 6 sind einzuhalten!**



#### Materialeigenschaften + Geometrie

Glasart Typ =	GEW("18008/fk";Typ;vg=1)	=	TVG aus FG
$f_k$ =	TAB("18008/fk";fk;Typ=Typ)	=	70,0 N/mm <sup>2</sup>
E-Modul $E_G$ =		=	70000 N/mm <sup>2</sup>
$\gamma_M$ =		=	1,50
Scheibe $t_1$ =	GEW("18008/C.4";t;)	=	12,0 mm
Scheibe $t_2$ =	$t_1$	=	12,0 mm
Bohrungsdurchmesser $d$ =	GEW("18008/C.2";d;)	=	35 mm
Tellerdurchmesser $T$ =	GEW("18008/C.2";T;)	=	70 mm
Abstand vom Bohrungsrand zur Plattenkante $B$ =		=	100 mm
min. Achsabstand Punkthalter $a_{\min}$ =		=	1230 mm
Spannweite $a$ =		=	1230 mm
Spannweite $b$ =		=	1277 mm

#### charakteristische Einwirkungen

Ergebnisse des vereinfachten FE-Modells im Feldbereich (ohne Bohrungen):

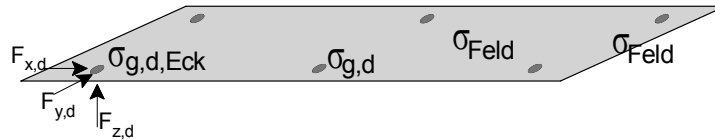
max. Spannung im Feld bei gelenkiger, statisch bestimmter Lagerung

max. Spannung  $\sigma_{\text{Feld,d}}$  = 16,10 N/mm<sup>2</sup>

Verformung  $f_{\text{max}}$  = 3,70 mm

Ergebnisse des vereinfachten FE-Modells im Bohrungsbereich Feldbereich:

Die max. Spannung ergibt sich im Umkreis der Stützung mit einem Radius, der dem dreifachen Bohrungsdurchmesser entspricht (gezwängte Lastfall)



**Eckauflager:**

Spannung $\sigma_{g,d,Eck}$ =	8,18 N/mm <sup>2</sup>
Auflagerkraft $F_{z,d,Eck}$ =	1490 N
Auflagerkraft $F_{x,d,Eck}$ =	152 N
Auflagerkraft $F_{y,d,Eck}$ =	26 N
Moment $M_{x,d,Eck}$ =	0 mm
Moment $M_{y,d,Eck}$ =	0 Nm

resultierende Auflagerkraft  $F_{res}$  und Moment  $M_{res}$ :

$$\Rightarrow F_{res,d,Eck} = \sqrt{F_{x,d,Eck}^2 + F_{y,d,Eck}^2} = 154 \text{ N}$$

$$\Rightarrow M_{res,d,Eck} = \sqrt{M_{x,d,Eck}^2 + M_{y,d,Eck}^2} = 0 \text{ N}$$

**Mittelaflager:**

Spannung $\sigma_{g,d}$ =	26,80 N/mm <sup>2</sup>
Auflagerkraft $F_{z,d}$ =	3110 N
Auflagerkraft $F_{x,d}$ =	24 N
Auflagerkraft $F_{y,d}$ =	9 N
Moment $M_{x,d}$ =	0 Nm
Moment $M_{y,d}$ =	0 Nm

resultierende Auflagerkraft  $F_{res}$  und Moment  $M_{res}$ :

$$\Rightarrow F_{res,d} = \sqrt{F_{x,d}^2 + F_{y,d}^2} = 26 \text{ N}$$

$$\Rightarrow M_{res,d} = \sqrt{M_{x,d}^2 + M_{y,d}^2} = 0 \text{ N}$$

**Ermittlung der lokalen Spannungsanteile**

Da bei der Verwendung von Tellerhaltern nur gleich dicke Glasscheiben zum Einsatz kommen, hängen die Lastverteilungsfaktoren nur von der Anzahl der Scheiben ab:

hier, n =		2,0
$\delta_z$ =	$1/n$	= 0,50
$\delta_{Fres}$ =	$\delta_z$	= 0,50
$\delta_M$ =	$\delta_z$	= 0,50
$\delta_g$ =	$1/3 \sqrt{n}$	= 0,79

aus Tabelle C.2 bzw.C.3 — Spannungsfaktoren für eine Referenzscheibendicke  $t_{ref} = 10 \text{ mm}$

bFz =	TAB("18008/C.2";bFz;T=T;d=d)	= 30,98
bFres =	TAB("18008/C.2";bFres;T=T;d=d)	= 5,48
bM =	TAB("18008/C.2";bM;T=T;d=d)	= 12,09



### Bemessungswerte der Spannungen, Eckauflager



### Bemessungswerte der Spannungen, Mittelaflager

lokale Spannungsanteile

$$\begin{aligned}\sigma_{Fz,d} &= b_{Fz}/d^2 \cdot 10^2 / t_1^2 \cdot F_{z,d} &= & 54,6 \text{ N/mm}^2 \\ \sigma_{Fres,d} &= b_{Fres}/d^2 \cdot 10 / t_1 \cdot F_{res,d} &= & 0,1 \text{ mm} \\ \sigma_{Mres,d} &= b_M/d^3 \cdot 10^2 / t_1^2 \cdot M_{res,d} &= & 0,0 \text{ N/mm}^2 \\ k &= \text{TAB}("18008/C.4";k;d=d;t=t1;) &= & 1,6\end{aligned}$$

Bemessungswert im lokalen Bereich (Bohrungsbereich)

$$E_d = \sigma_{Fz,d} \cdot \delta_z + \sigma_{Fres,d} \cdot \delta_{Fres} + \sigma_{Mres,d} \cdot \delta_M + k \cdot \sigma_{g,d} \cdot \delta_g = 61,23 \text{ N/mm}^2$$

### Bemessungswerte der Spannungen, Feldbereich

$$E_{d,Feld} = \sigma_{Feld,d} = 16,10 \text{ N/mm}^2$$

### Nachweise

Bemessungswert des Tragwiderstandes nach DIN 18008-1

$$\text{Faktor (8.3.9) } f_2 = 1,10$$

Beiwert zur Berücksichtigung der Konstruktionsart

$$k_c = 1,00$$

$$R_d = \frac{k_c \cdot f_k}{1,5} \cdot f_2 = 51,33 \text{ N/mm}^2$$

Nachweis:

$$E_{d,Eck} / R_d = 0,38 \leq 1$$

$$E_d / R_d = 1,19 \leq 1$$

$$E_{d,Feld} / R_d = 0,31 \leq 1$$

Die berechneten Auflagerreaktionen dürfen die Bemessungswerte der Punkthalterzulassung nicht überschreiten!

### Nachweis der Gebrauchstauglichkeit

Die Durchbiegung linienförmig gelagerter Horizontalverglasung ist auf 1/100 der Stützweite begrenzt.

$$C_d = 1/100 \cdot a = 12,30 \text{ mm}$$

$$f_{\max} / C_d = 0,30 \leq 1$$



## Nachweis der Resttragfähigkeit

DIN 18008-3:2013-07

6.1.4 Für die in Tabelle 2 angegebenen Tellerdurchmesser, Glasaufbauten und maximalen Stützweiten gilt der Nachweis ausreichender Resttragfähigkeit als erbracht. Die statischen Nachweise der Tragfähigkeit und Gebrauchstauglichkeit bleiben davon unberührt.

Tabelle 2 — Glasaufbauten mit nachgewiesener Resttragfähigkeit bei rechtwinkligem Stützraster

Teller- durchmesser	TVG Glasdicke	Stützweite in Richtung 1	Stützweite in Richtung 2
mm	mm	mm max.	mm max.
70	2 x 6	900	750
60	2 x 8	950	750
70	2 x 8	1100	750
60	2 x 10	1000	900
70	2 x 10	1400	1000

## Kapitel Begehbare Verglasung

### Begehbare Verglasung

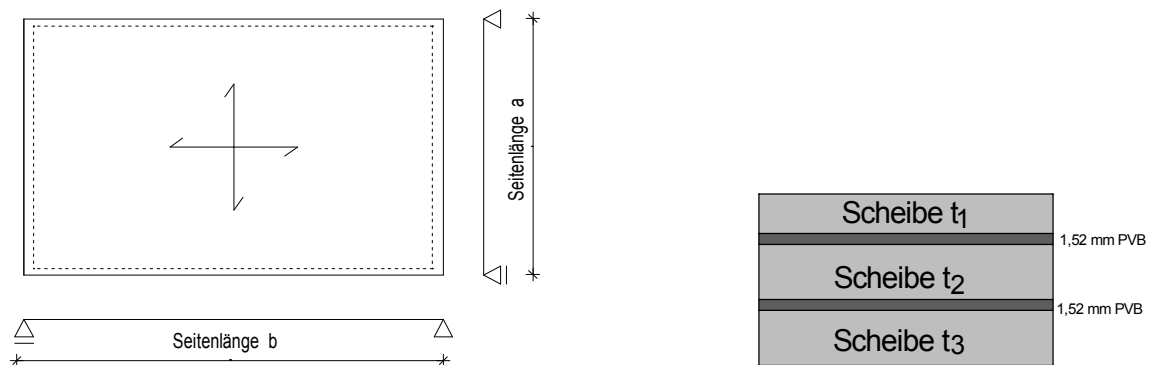
Horizontalverglasung allseitig, linienförmig gelagert, Nachweis nach DIN 18008, Glas planmäßig begehbar, VSG aus 3 x thermisch vorgesp. Gläsern;

#### 5 Anwendungsbedingungen (DIN 18008-5:2013-07)

5.1 Die Verglasung muss abhängig von den örtlichen Gegebenheiten ausreichend rutschsicher sein. Weitergehende Anforderungen Dritter (z. B. Arbeitsschutz) bleiben unberührt.

5.2 Alle Verglasungen sind durch geeignete mechanische Halterungen in ihrer Lage zu halten. Sofern erforderlich sind sie auch gegen Abheben zu sichern.

5.3 Die Haltekonstruktionen müssen unter Berücksichtigung baupraktischer Toleranzen eine zwängungsarme Montage der Scheiben mit ausreichendem Glaseinstand sicherstellen.



### Materialeigenschaften + Geometrie

Deckscheibe der Einfachverglasung:

Glasart Typ1 =	GEW("18008/fk";Typ;vg=1)	=	ESG aus FG
$f_{k1}$ =	TAB("18008/fk";fk;Typ=Typ)	=	120,0 N/mm <sup>2</sup>
Dicke $t_1$ =		=	8,0 mm

Tragscheiben der Einfachverglasung:

Glasart Typ =	GEW("18008/fk";Typ;vg=1)	=	TVG aus FG
$f_k$ =	TAB("18008/fk";fk;Typ=Typ)	=	70,0 N/mm <sup>2</sup>
Dicke $t_2$ =		=	10,0 mm
Dicke $t_3$ =		=	12,0 mm
E-Modul $E_G$ =		=	70000 N/mm <sup>2</sup>
$\gamma_M$ =		=	1,50
Spannweite a =		=	1350 mm
Spannweite b =		=	2000 mm

### charakteristische Einwirkungen

Eigengewicht $g_1 = t_1 \cdot 25 = 0,008 \cdot 25$	=	0,20 kN/m <sup>2</sup>
Eigengewicht $g_2 = t_2 \cdot 25 = 0,01 \cdot 25$	=	0,25 kN/m <sup>2</sup>
Eigengewicht $g_3 = t_3 \cdot 25 = 0,012 \cdot 25$	=	0,30 kN/m <sup>2</sup>
	<b>g =</b>	<b><u>0,75 kN/m<sup>2</sup></u></b>

ausschließlich planmäßiger Personenverkehr, Nutzlast  $\leq 5$  kN/m<sup>2</sup>

Nutzlast $q_k =$	=	2,00 kN/m <sup>2</sup>
------------------	---	------------------------

Einzellast zentrisch verteilt auf 50 mm x 50 mm:

$Q_k =$	=	2,00 kN
---------	---	---------



### Lastfallkombinationen

Grundkombinationen im Grenzzustand der Tragfähigkeit (GZT):

LK1:	$1,35 \cdot g$	=	$1,01 \text{ kN/m}^2$
LK2:	$1,35 \cdot g + 1,5 \cdot q_k$	=	$4,01 \text{ kN/m}^2$
LK3:	$1,35 \cdot g + 1,5 \cdot Q_k$		

Deckscheibe defekt (außergew. Bemessungssituation):

LK4:	$1,00 \cdot g$	=	$0,75 \text{ kN/m}^2$
LK5:	$1,00 \cdot g + 0,5 \cdot q_k$	=	$1,75 \text{ kN/m}^2$
LK6:	$1,00 \cdot g + 0,5 \cdot Q_k$		

Grundkombinationen im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit (GZG):

LK7:	$g + q_k$	=	$2,75 \text{ kN/m}^2$
LK8:	$g + Q_k$		

### Berechnung

Verbundsicherheitsglas (VSG) 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.

Lastanteile:



Ersatzdicke  $t'$  (des gesamten Schichtenaufbaus), *alle Scheiben intakt*:

$$t' = \sqrt[3]{t_1^3 + t_2^3 + t_3^3} = 14,80 \text{ mm}$$

Beiwerte für die nachfolgende Berechnung

$e =$	$\text{MIN}(a;b) / \text{MAX}(a;b)$	=	$0,68$
$B_f =$	$\text{TAB}("18008/\text{feldmeier1"}; B_f; e=e)$	=	$0,0861$
$B_s =$	$\text{TAB}("18008/\text{feldmeier1"}; B_s; e=e)$	=	$0,4670$
$f_w =$	$\text{TAB}("18008/\text{Tab19.7"}; f_w; a \geq a; b=b)$	=	$0,1688$
$f_{sx} =$	$\text{TAB}("18008/\text{Tab19.7"}; f_{sx}; a \geq a; b=b)$	=	$4,7783$

Durchbiegung (Einzellastfälle)

$$f_{g,k} = \frac{g \cdot a^4}{E_G \cdot t'^3} \cdot B_f = 0,95 \text{ mm}$$

$$f_{q,k} = \frac{q_k \cdot a^4}{E_G \cdot t'^3} \cdot B_f = 2,52 \text{ mm}$$

$$f_{Q,k} = \frac{Q_k \cdot a^2}{E_G \cdot t'^3} \cdot f_w = 2,71 \text{ mm}$$



### Nachweis der Gebrauchstauglichkeit

Durchbiegung (Lastfallkombinationen) *alle Scheiben intakt:*

$$\begin{aligned} f_{d,7} &= f_{g,k} + f_{q,k} &= & 3,47 \text{ mm} \\ f_{d,8} &= f_{g,k} + f_{Q,k} &= & 3,66 \text{ mm} \\ C_d &= 1/200 \cdot a &= & \mathbf{6,75 \text{ mm}} \\ E_d &= \text{MAX}(f_{d,7}; f_{d,8}) &= & \mathbf{3,66 \text{ mm}} \\ E_d/C_d & &= & \mathbf{\underline{0,54 \leq 1}} \end{aligned}$$

### Nachweis der Tragfähigkeit (alle Scheiben intakt)



### Lineare Superposition für Scheibe 1, LFK 1 bis 3:

$$\begin{aligned} \sigma_{1,1} &= 1,35 \cdot \sigma_{g1} &= & 2,16 \text{ N/mm}^2 \\ \sigma_{2,1} &= 1,35 \cdot \sigma_{g1} + 1,5 \cdot \sigma_{q1} &= & 8,55 \text{ N/mm}^2 \\ \sigma_{3,1} &= 1,35 \cdot \sigma_{g1} + 1,5 \cdot \sigma_{Q1} &= & 20,09 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

### Nachweis

Bemessungswert des Tragwiderstandes nach DIN 18008-1  
Faktor (8.3.9)  $f_2 =$

$$1,10$$

Beiwert zur Berücksichtigung der Konstruktionsart

$$k_c = 1,00$$

$$R_{d1} = \frac{k_c \cdot f_{k1}}{\gamma_M} \cdot f_2 = \mathbf{88,00 \text{ N/mm}^2}$$

maßgebende Kombination:

$$E_{d1} = \text{MAX}(\sigma_{1,1}; \sigma_{2,1}; \sigma_{3,1}) = \mathbf{20,09 \text{ N/mm}^2}$$

$$E_{d1}/R_{d1} = \mathbf{\underline{0,23 \leq 1}}$$





### Lineare Superposition für Scheibe 2, LFK 1 bis 3:

$$\begin{aligned}\sigma_{1,2} &= 1,35 \cdot \sigma_{g2} &= & 2,67 \text{ N/mm}^2 \\ \sigma_{2,2} &= 1,35 \cdot \sigma_{g2} + 1,5 \cdot \sigma_{q2} &= & 10,59 \text{ N/mm}^2 \\ \sigma_{3,2} &= 1,35 \cdot \sigma_{g2} + 1,5 \cdot \sigma_{Q2} &= & 24,89 \text{ N/mm}^2\end{aligned}$$

#### Nachweis

Bemessungswert des Tragwiderstandes nach DIN 18008-1

$$\text{Faktor (8.3.9) } f_2 = 1,10$$

Beiwert zur Berücksichtigung der Konstruktionsart

$$k_c = 1,00$$

$$R_{d2} = \frac{k_c \cdot f_k}{\gamma_M} \cdot f_2 = 51,33 \text{ N/mm}^2$$

maßgebende Kombination



$$E_{d2} / R_{d2} = \underline{0,48 \leq 1}$$

### Lineare Superposition für Scheibe 3, LFK 1 bis 3:

$$\begin{aligned}\sigma_{1,3} &= 1,35 \cdot \sigma_{g3} &= & 3,17 \text{ N/mm}^2 \\ \sigma_{2,3} &= 1,35 \cdot \sigma_{g3} + 1,5 \cdot \sigma_{q3} &= & 12,58 \text{ N/mm}^2 \\ \sigma_{3,3} &= 1,35 \cdot \sigma_{g3} + 1,5 \cdot \sigma_{Q3} &= & 29,56 \text{ N/mm}^2\end{aligned}$$

#### Nachweis

Bemessungswert des Tragwiderstandes nach DIN 18008-1 (s. Scheibe 2)

$$E_{d3} = \text{MAX}(\sigma_{1,3}; \sigma_{2,3}; \sigma_{3,3}) = 29,56 \text{ N/mm}^2$$

$$E_{d3} / R_{d2} = \underline{0,58 \leq 1}$$



### Nachweis der Tragfähigkeit (Deckscheibe defekt!)

Im Fall der gebrochenen, obersten Scheibe verteilt sich die außergewöhnliche Last auf die beiden Tragscheiben:



Lineare Superposition:

$$\sigma_{A,5} = 1,0 \cdot \sigma_{gA2} + 0,5 \cdot \sigma_{qA2} = 5,51 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{A,6} = 1,0 \cdot \sigma_{gA2} + 0,5 \cdot \sigma_{QA2} = 11,20 \text{ N/mm}^2$$

Nachweis:

$$E_{dA2} = \text{MAX}(\sigma_{A,5}; \sigma_{A,6}) = 11,20 \text{ N/mm}^2$$

$$E_{dA2} / R_{d2} = \underline{0,22 \leq 1}$$

Spannungen Scheibe 3:

$$\sigma_{gA3} = g \cdot \delta_{A3} \cdot \frac{a^2}{t_3^2} \cdot B_s = 2,79 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{qA3} = q_k \cdot \delta_{A3} \cdot \frac{a^2}{t_3^2} \cdot B_s = 7,45 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{QA3} = Q_k \cdot \delta_{A3} / t_3^3 \cdot \frac{t_3}{2} \cdot f_{sx} = 20,91 \text{ N/mm}^2$$

Lineare Superposition:

$$\sigma_{A,5} = 1,0 \cdot \sigma_{gA3} + 0,5 \cdot \sigma_{qA3} = 6,51 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{A,6} = 1,0 \cdot \sigma_{gA3} + 0,5 \cdot \sigma_{QA3} = 13,24 \text{ N/mm}^2$$

Nachweis:

$$E_{dA3} = \text{MAX}(\sigma_{A,5}; \sigma_{A,6}) = 13,24 \text{ N/mm}^2$$

$$E_{dA3} / R_{d2} = \underline{0,26 \leq 1}$$



### Stoßsicherheit und Resttragfähigkeit

Die ausreichende Stoßsicherheit und die Resttragfähigkeit sind in der Regel durch Bauteilversuche zu belegen. Bei Konstruktionen mit einem lichten Abstand zu darunter liegenden flächenhaften tragenden Bauteilen von höchstens 50 cm ist kein Bauteilversuch zum Nachweis der Stoßsicherheit und Resttragfähigkeit erforderlich.

Bei allseitig linienförmig gelagerten Verglasungen mit einer anzusetzenden rechnerischen Nutzlast von nicht mehr als  $5,0 \text{ kN/m}^2$  gilt die Stoßsicherheit und Resttragfähigkeit für planmäßig begehbare Verglasungen im Sinne der Norm DIN 18008-5:2013-07 für die in Tabelle B.1 aufgeführten Konstruktionen bei Einhaltung der im Folgenden genannten Randbedingungen als nachgewiesen.

Tabelle B.1 — Allseitig linienförmig gelagerte, planmäßig begehbare Verglasungen mit nachgewiesener Stoßsicherheit und Resttragfähigkeit

Länge mm max.	Breite mm max	VSG-Aufbau <sup>a</sup> mm	Auflagertiefe mm min.
1500	400	8 TVG / 1,52 PVB / 10 FG <sup>b</sup> / 1,52 PVB / 10 FG <sup>b</sup>	30
1500	750	8 TVG / 1,52 PVB / 12 FG <sup>b</sup> / 1,52 PVB / 12 FG <sup>b</sup>	30
1250	1250	8 TVG / 1,52 PVB / 10 TVG / 1,52 PVB / 10 TVG	35
1500	1500	8 TVG / 1,52 PVB / 12 TVG / 1,52 PVB / 12 TVG	35
2000	1400	8 TVG / 1,52 PVB / 15 FG <sup>b</sup> / 1,52 PVB / 15 FG <sup>b</sup>	35

<sup>a</sup> von oben nach unten.

<sup>b</sup> Floatglas

Der Glasaufbau entspricht keiner der Zeilen.

⇒ Der Nachweis der Stoßsicherheit und der Resttragfähigkeit ist versuchstechnisch zu erbringen!

### Rechteckige Teppenstufe

**2-seitig linienförmig gelagerte Trittstufenverglasung; Nachweis nach DIN 18008 mit 4 thermisch vorgespannten Scheiben; Zustimmung im Einzelfall durch oberste Aufsichtsbehörde oder allgemeine bauaufsichtliche Zulassung beim DIBT erforderlich;**

5 Anwendungsbedingungen (DIN 18008-5:2013-07)

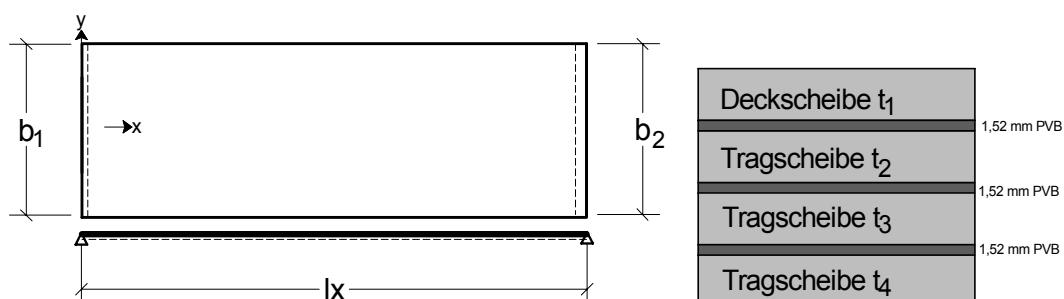
5.1 Die Verglasung muss abhängig von den örtlichen Gegebenheiten ausreichend rutschsicher sein. Weitergehende Anforderungen Dritter (z. B. Arbeitsschutz) bleiben unberührt.

5.2 Alle Verglasungen sind durch geeignete mechanische Halterungen in ihrer Lage zu halten. Sofern erforderlich sind sie auch gegen Abheben zu sichern.

5.3 Die Haltekonstruktionen müssen unter Berücksichtigung baupraktischer Toleranzen eine zwängungsarme Montage der Scheiben mit ausreichendem Glaseinstand sicherstellen.

Die in die Stufen eingetragenen Lasten werden über schmale Stahlkonsolen und Treppenwangen ins Haupttragwerk geleitet. Lagesicherung durch vollflächige Verklebungen.

### Statisches System



### Materialeigenschaften + Geometrie

Deckscheibe der Verglasung:

Glasart Typ1 = GEW("18008/fk";Typ;vg=1)  
 $f_{k1}$  = TAB("18008/fk";fk;Typ=Typ1)  
 Dicke  $t_1$  =

TVG aus FG emailliert  
 = 70,0 N/mm<sup>2</sup>  
 12,0 mm

3 identische Tragscheiben der Einfachverglasung:

Glasart Typ = GEW("18008/fk";Typ;vg=1)  
 $f_k$  = TAB("18008/fk";fk;Typ=Typ)  
 Dicke  $t_2$  =  
 Dicke  $t_3$  =  $t_2$   
 Dicke  $t_4$  =  $t_3$

= TVG aus FG  
 = 70,0 N/mm<sup>2</sup>  
 12,0 mm  
 = 12,0 mm  
 = 12,0 mm

E-Modul  $E_G$  =

70000 N/mm<sup>2</sup>

$\gamma_{M,TVG}$  =

1,50

Spannweite  $l_x$  =

1050 mm

Breite  $b$  =

250 mm

### charakteristische Einwirkungen

Eigengewicht  $g_1$  =  $t_1 \cdot 25 = 0,012 \cdot 25$  = 0,30 kN/m<sup>2</sup>  
 Eigengewicht  $g_2$  =  $t_2 \cdot 25 = 0,012 \cdot 25$  = 0,30 kN/m<sup>2</sup>  
 Eigengewicht  $g_3$  =  $t_3 \cdot 25 = 0,012 \cdot 25$  = 0,30 kN/m<sup>2</sup>  
 Eigengewicht  $g_4$  =  $t_4 \cdot 25 = 0,012 \cdot 25$  = 0,30 kN/m<sup>2</sup>

**$g_k$  = 1,20 kN/m<sup>2</sup>**



Ausschließlich planmäßiger Personenverkehr, Nutzlast  $\leq 5 \text{ kN/m}^2$ :

$$q_k = 5,00 \text{ kN/m}^2$$

Einzellast:

$$Q_k = 2,00 \text{ kN}$$

unter Berücksichtigung der Stufenbreiten ergibt sich die Gleichlast:

$$g_k = g_k \cdot b = 1,20 \cdot 0,25 = 0,30 \text{ kN/m}$$

$$q_k = q_k \cdot b = 5,00 \cdot 0,25 = 1,25 \text{ kN/m}$$

## Lastfallkombinationen

Die Eigenlast und die gleichmäßig verteilte Nutzlast werden zu einer Gleichlast vereinfacht. Die Einzellast wird an der maßgebenden Stelle angesetzt (vereinfacht in Balkenmitte und nicht an der Glaskante).

Grundkombinationen im Grenzzustand der Tragfähigkeit (GZT):

$$\text{LK1: } 1,35 \cdot g_k + 1,5 \cdot q_k$$

$$P_{\text{LK1,d}}: 1,35 \cdot g_k + 1,50 \cdot q_k = 2,28 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{LK2: } 1,35 \cdot g_k + 1,5 \cdot Q_k$$

$$P_{\text{LK2,d}}: 1,35 \cdot g_k = 0,41 \text{ kN/m}$$

jeweils +  $1,5 \cdot Q_k$

Deckscheibe defekt (außergew. Bemessungssituation):

$$\text{LK3: } 1,0 \cdot g_k + 0,5 \cdot q_k$$

$$P_{\text{LK3,d}}: 1,00 \cdot g_k + 0,5 \cdot q_k = 0,93 \text{ kN/m}$$

$$\text{LK4: } 1,0 \cdot g_k + 0,5 \cdot Q_k$$

$$P_{\text{LK4,d}}: 1,00 \cdot g_k = 0,30 \text{ kN/m}$$

jeweils +  $0,5 \cdot Q_k$

Grundkombinationen im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit (GZG):

$$\text{LK5: } g_k + q_k$$

$$P_{\text{LK5,d}}: g_k + q_k = 1,55 \text{ kN/m}$$

$$\text{LK6: } g_k + Q_k$$

$$P_{\text{LK6,d}}: g_k = 0,30 \text{ kN/m}$$

jeweils +  $Q_k$

## Berechnung

Die Verbundwirkung darf rechnerisch nicht berücksichtigt werden. Die Lasten werden entsprechend den Steifigkeitsanteilen auf die Einzelscheiben aufgeteilt. Glasbohrungen, Abrundungen und andere Einflüsse können die resultierenden Hauptzugspannungen und Durchbiegungen relevant erhöhen!

Berechnung näherungsweise unter Anwendung der linearen Balkentheorie.

Lastanteil Deckscheibe, alle Scheiben intakt:





## Nachweise für Tragscheiben



### Durchbiegung (Einzellastfälle)

$$I_y = b \cdot t_2^3 / 12 = 36000 \text{ mm}^4$$

### LFK5

$$f_{\text{LFK5,d}} = \delta_2 \cdot p_{\text{LK5,d}} / (76,8 \cdot E_G \cdot I_y) \cdot l_x^4 = 2,43 \text{ mm}$$

### LFK6

Anteil aus Eigenlast

$$f_{g,\text{LFK6,d}} = \delta_2 \cdot p_{\text{LK6,d}} / (76,8 \cdot E_G \cdot I_y) \cdot l_x^4 = 0,47 \text{ mm}$$

Anteil aus Einzellast

$$f_{Q,\text{LFK6,d}} = \delta_2 \cdot \frac{Q_k \cdot l_x^3}{48 \cdot E_G \cdot I_y} = 0,25 \cdot \frac{2000 \cdot 1050^3}{48 \cdot 70000 \cdot 36000} = 4,79 \text{ mm}$$

$$f_{\text{LFK6,d}} = f_{g,\text{LFK6,d}} + f_{Q,\text{LFK6,d}} = 5,26 \text{ mm}$$

### Nachweis:

$$\sigma_{\text{max}} = \text{MAX}(\sigma_{\text{LK1,d}}; \sigma_{\text{LK2,d}}; \sigma_{\text{LK3,d}}; \sigma_{\text{LK4,d}}) = 35,17 \text{ N/mm}^2$$

$$E_d = \text{WENN}(\sigma_{\text{max}} = \sigma_{\text{LK2,d}} \text{ ODER } \sigma_{\text{LK4,d}}; 1,2 \cdot \sigma_{\text{max}}; \sigma_{\text{max}}) = 42,20 \text{ N/mm}^2$$

### Bemerkung:

Wenn die max. Spannung aus der Komb. mit Einzellast resultiert, dann wird der Wert pauschal um 20% erhöht, da eine ungünstige Laststellung an der freien Glaskante hier nicht erfasst werden kann.

Bemessungswert des Tragwiderstandes nach DIN 18008-1:

8.3.9 Bei der Verwendung von Verbund-Sicherheitsglas (VSG) und Verbundglas (VG) dürfen die Bemessungswerte des Tragwiderstandes pauschal um 10 % erhöht werden.

$$\text{Faktor (8.3.9) } f_2 = 1,10$$

Beiwert zur Berücksichtigung der Konstruktionsart

$$k_c = 1,00$$

$$R_d = \frac{k_c \cdot f_k}{\gamma_{M,\text{TVG}}} \cdot f_2 = 51,33 \text{ N/mm}^2$$

$$E_d / R_d = 0,82 \leq 1$$

## Nachweis der Gebrauchstauglichkeit

Durchbiegung (Lastfallkombinationen) alle Scheiben intakt:

$$f_{\text{max}} = \text{MAX}(f_{\text{LFK5,d}}; f_{\text{LFK6,d}}) = 5,26 \text{ mm}$$

$$C_d = 1/200 \cdot l_x = 5,25 \text{ mm}$$

$$f_{\text{max}} / C_d = 1,00 \leq 1$$

### Spannungsnachweis für die Deckscheibe

#### LFK1

$$\begin{aligned}
 m_{y,LK1,d} &= \delta_1 \cdot I_x^2 / 8 \cdot p_{LK1,d} &= & 78553 \text{ Nm} \\
 W &= b \cdot t_1^2 / 6 &= & 6000 \text{ mm}^3 \\
 \sigma_{LK1,d} &= m_{y,LK1,d} / W &= & \mathbf{13,09 \text{ N/mm}^2}
 \end{aligned}$$

#### LFK2

$$\begin{aligned}
 m_{y,g,LK2,d} &= \delta_1 \cdot I_x^2 / 8 \cdot p_{LK2,d} &= & 14126 \text{ Nm} \\
 \text{Einzellast} & & & \\
 m_{y,Q,LK2,d} &= \delta_1 \cdot 1,5 \cdot Q_k \cdot I_x / 4 &= & 196875 \text{ Nm} \\
 m_{y,LK2,d} &= m_{y,g,LK2,d} + m_{y,Q,LK2,d} &= & 211001 \text{ Nm} \\
 \sigma_{LK2,d} &= m_{y,LK2,d} / W &= & \mathbf{35,17 \text{ N/mm}^2}
 \end{aligned}$$

$$\sigma_{\max} = \text{MAX}(\sigma_{LK1,d}; \sigma_{LK2,d};) = 35,17 \text{ N/mm}^2$$

Nachweis: (gleicher Ansatz wie oben!)

$$E_{d1} = \text{WENN}(\sigma_{\max} = \sigma_{LK2,d} \text{ ODER } \sigma_{LK1,d}; 1,2 \cdot \sigma_{\max}; \sigma_{\max}) = \mathbf{42,20 \text{ N/mm}^2}$$

$$\text{Faktor (8.3.9) } f_2 = 1,10$$

Beiwert zur Berücksichtigung der Konstruktionsart

$$k_c = 1,00$$

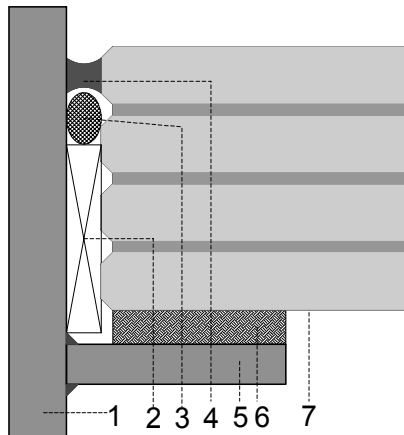
$$R_{d1} = \frac{k_c \cdot f_{k1}}{\gamma_{M,TVG}} \cdot f_2 = \mathbf{51,33 \text{ N/mm}^2}$$

$$E_{d1} / R_{d1} = \mathbf{0,82 \leq 1}$$

### Stoßsicherheit und Resttragfähigkeit

Vgl. ABV, 4 bzw. DIN 18008-5:2013-07 Anhang A

### Konstruktive Durchbildung



- 1 Treppenwange
- 2 Klotzung
- 3 PE-Rundschnur. d=8mm
- 4 Silikon, schwarz
- 5 Stahlkonsole
- 6 vollflächige Verklebung
- 7 VSG aus 4 x 12 mm TVG



### Trapezförmige Treppenstufe

**2-seitig linienförmig gelagerte Trittstufenverglasung; Nachweis nach DIN 18008 mit 4 thermisch vorgespannten Scheiben; Zustimmung im Einzelfall durch oberste Aufsichtsbehörde oder allgemeine bauaufsichtliche Zulassung beim DIBT erforderlich;**

#### 5 Anwendungsbedingungen (DIN 18008-5:2013-07)

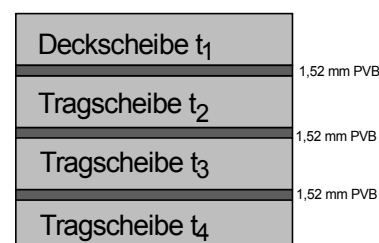
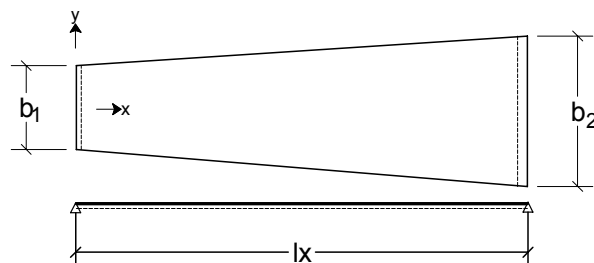
5.1 Die Verglasung muss abhängig von den örtlichen Gegebenheiten ausreichend rutschsicher sein. Weitergehende Anforderungen Dritter (z. B. Arbeitsschutz) bleiben unberührt.

5.2 Alle Verglasungen sind durch geeignete mechanische Halterungen in ihrer Lage zu halten. Sofern erforderlich sind sie auch gegen Abheben zu sichern.

5.3 Die Haltekonstruktionen müssen unter Berücksichtigung baupraktischer Toleranzen eine zwängungsarme Montage der Scheiben mit ausreichendem Glaseinstand sicherstellen.

Die in die Stufen eingetragenen Lasten werden über schmale Stahlkonsolen und Treppenwangen ins Haupttragwerk geleitet. Lagesicherung durch vollflächige Verklebungen.

### Statisches System



### Materialeigenschaften + Geometrie

Deckscheibe der Verglasung:

Glasart Typ1 = GEW("18008/fk";Typ;vg=1)  
 $f_{k1}$  = TAB("18008/fk";fk;Typ=Typ1)  
Dicke  $t_1$  =

TVG aus FG emailiert  
= 70,0 N/mm<sup>2</sup>  
12,0 mm

3 identische Tragscheiben der Einfachverglasung:

Glasart Typ = GEW("18008/fk";Typ;vg=1)  
 $f_k$  = TAB("18008/fk";fk;Typ=Typ)  
Dicke  $t_2$  =  
Dicke  $t_3$  =  $t_2$   
Dicke  $t_4$  =  $t_3$

= TVG aus FG  
= 70,0 N/mm<sup>2</sup>  
12,0 mm  
= 12,0 mm  
= 12,0 mm

E-Modul  $E_G$  =

70000 N/mm<sup>2</sup>

$\gamma_{M,TVG}$  =

1,50

Spannweite  $l_x$  =

1050 mm

Breite  $b_1$  =

190 mm

Breite  $b_2$  =

430 mm

### charakteristische Einwirkungen

Eigengewicht  $g_1$  =  $t_1 \cdot 25 = 0,012 \cdot 25$  = 0,30 kN/m<sup>2</sup>  
Eigengewicht  $g_2$  =  $t_2 \cdot 25 = 0,012 \cdot 25$  = 0,30 kN/m<sup>2</sup>  
Eigengewicht  $g_3$  =  $t_3 \cdot 25 = 0,012 \cdot 25$  = 0,30 kN/m<sup>2</sup>  
Eigengewicht  $g_4$  =  $t_4 \cdot 25 = 0,012 \cdot 25$  = 0,30 kN/m<sup>2</sup>

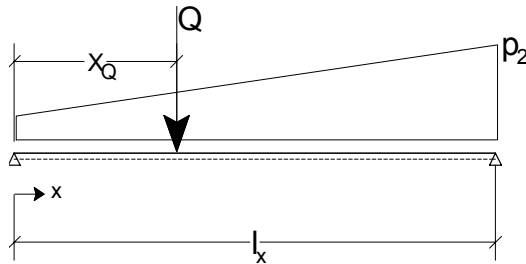
$g_k$  = **1,20 kN/m<sup>2</sup>**

ausschließlich planmäßiger Personenverkehr, Nutzlast  $\leq 5$  kN/m<sup>2</sup>:





$q_k =$			5,00 kN/m <sup>2</sup>
Einzellast:			
$Q_k =$			2,00 kN
unter Berücksichtigung der Stufenbreiten ergibt sich die Trapezlast:			
$g_{1,k} =$	$g_k \cdot b_1 = 1,20 \cdot 0,19$	=	0,23 kN/m
$g_{2,k} =$	$g_k \cdot b_2 = 1,20 \cdot 0,43$	=	0,52 kN/m
$q_{1,k} =$	$q_k \cdot b_1 = 5,00 \cdot 0,19$	=	0,95 kN/m
$q_{2,k} =$	$q_k \cdot b_2 = 5,00 \cdot 0,43$	=	2,15 kN/m



### Lastfallkombinationen

Die Eigenlast und die gleichmäßig verteilte Nutzlast werden zu einer Trapezlast vereinfacht. Die Einzellast wird an der maßgebenden Stelle angesetzt (vereinfacht in Balkenmitte und nicht an der Glaskante).

Grundkombinationen im Grenzzustand der Tragfähigkeit (GZT):

LK1:	$1,35 \cdot g_k + 1,5 \cdot q_k$		
$P_{LK1,d}:$	$1,35 \cdot g_k + 1,5 \cdot q_k$	=	9,12 kN/m <sup>2</sup>
$P_{1,LK1,d}:$	$1,35 \cdot g_{1,k} + 1,5 \cdot q_{1,k}$	=	1,74 kN/m
$P_{2,LK1,d}:$	$1,35 \cdot g_{2,k} + 1,5 \cdot q_{2,k}$	=	3,93 kN/m
LK2:	$1,35 \cdot g_k + 1,5 \cdot Q_k$		
$P_{1,LK2,d}:$	$1,35 \cdot g_{1,k}$	=	0,31 kN/m
$P_{2,LK2,d}:$	$1,35 \cdot g_{2,k}$	=	0,70 kN/m
jeweils + 1,5 * $Q_k$			

Deckscheibe defekt (außergew. Bemessungssituation):

LK3:	$1,0 \cdot g_k + 0,5 \cdot q_k$		
$P_{1,LK3,d}:$	$1,00 \cdot g_{1,k} + 0,5 \cdot q_{1,k}$	=	0,70 kN/m
$P_{2,LK3,d}:$	$1,00 \cdot g_{2,k} + 0,5 \cdot q_{2,k}$	=	1,60 kN/m
LK4:	$1,0 \cdot g_k + 0,5 \cdot Q_k$		
$P_{1,LK4,d}:$	$1,00 \cdot g_{1,k}$	=	0,23 kN/m
$P_{2,LK4,d}:$	$1,00 \cdot g_{2,k}$	=	0,52 kN/m
jeweils + 0,5 * $Q_k$			

Grundkombinationen im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit (GZG):

LK5:	$g_k + q_k$		
$P_{1,LK5,d}:$	$g_{1,k} + q_{1,k}$	=	1,18 kN/m
$P_{2,LK5,d}:$	$g_{2,k} + q_{2,k}$	=	2,67 kN/m
LK6:	$g_k + Q_k$		
$P_{1,LK6,d}:$	$g_{1,k}$	=	0,23 kN/m
$P_{2,LK6,d}:$	$g_{2,k}$	=	0,52 kN/m
jeweils + $Q_k$			



### Berechnung

Die Verbundwirkung darf rechnerisch nicht berücksichtigt werden. Die Lasten werden entsprechend den Steifigkeitsanteilen auf die Einzelscheiben aufgeteilt. Glasbohrungen, Ausrundungen und andere Einflüsse können die resultierenden Hauptzugspannungen und Durchbiegungen relevant erhöhen!

Berechnung näherungsweise unter Anwendung der linearen Balkentheorie.



### Nachweise für Tragscheiben

Die max. Biegespannung tritt aufgrund der veränderlichen Querschnittsbreite weder in Feldmitte noch an der Stelle des max. Biegemoments auf. Sie muss in einer Nebenrechnung ermittelt werden!

Stelle max. Biegemoment

$$\xi_0 = \frac{(2 \cdot g_{1,k} + g_{2,k}) / \sqrt{3}}{g_{1,k} \cdot \sqrt{3} + \sqrt{g_{1,k}^2 + g_{1,k} \cdot g_{2,k} + g_{2,k}^2}} = 0,532$$

$$x_0 = \xi_0 \cdot l_x = 559 \text{ mm}$$

Stelle max. Biegespannung

$$x = 472 \text{ mm}$$

$$x_Q = 420 \text{ mm}$$

LFK1

Trapezlast...

$$\xi = x / l_x = 0,45$$

$$\zeta = 1 - \xi = 0,55$$

$$m_{y,LK1,d} = \delta_2 \cdot l_x^2 / 6 \cdot ((\zeta - \zeta^3) \cdot p_{1,LK1,d} + (\xi - \xi^3) \cdot p_{2,LK1,d}) = 95453 \text{ Nm}$$

$$W_1 = b_1 \cdot t_1^2 / 6 = 4560 \text{ mm}^3$$

$$W_2 = b_2 \cdot t_1^2 / 6 = 10320 \text{ mm}^3$$

$$W_x = (W_2 - W_1) / l_x \cdot x + W_1 = 7149 \text{ mm}^3$$

$$\sigma_{LK1,d} = m_{y,LK1,d} / W_x = 13,35 \text{ N/mm}^2$$



Durchbiegung (Einzellastfälle)



Die Durchbiegung wird abgeschätzt indem eine konstante Steifigkeit über die gesamte Stufe angesetzt wird (Der rechnerische Aufwand einer genaueren analytischen Lösung steht in keinem Verhältnis zu einer möglichen Ergebnisverbesserung).

Auf der sicheren Seite wird die Stufenbreite im schmaleren Drittelpunkt verwendet.

$$b = (b_2 - b_1) / l_x * l_x / 3 + b_1 = 270 \text{ mm}$$

$$I_{y,b} = b * t^3 / 12 = 38880 \text{ mm}^4$$

### LFK5

$$f_{\text{LFK5,d}} = \delta_2 * (p_{1,\text{LK5,d}} + p_{2,\text{LK5,d}}) / (153,6 * E_G * I_{y,b}) * l_x^4 = 2,80 \text{ mm}$$

### LFK6

Anteil aus Eigenlast

$$f_{g,\text{LFK6,d}} = \delta_2 * (p_{1,\text{LK6,d}} + p_{2,\text{LK6,d}}) / (153,6 * E_G * I_{y,b}) * l_x^4 = 0,55 \text{ mm}$$

Anteil aus Einzellast

$$f_{Q,\text{LFK6,d}} = \delta_2 * \frac{Q_k * l_x^3}{48 * E_G * I_{y,b}} = 0,25 * \frac{2000 * 1050^3}{48 * 70000 * 38880} = 4,43 \text{ mm}$$

$$f_{\text{LFK6,d}} = f_{g,\text{LFK6,d}} + f_{Q,\text{LFK6,d}} = 4,98 \text{ mm}$$

Nachweis:



$$E_d = \text{WENN}(\sigma_{\text{max}} = \sigma_{\text{LK2,d}} \text{ ODER } \sigma_{\text{LK4,d}}; 1,2 * \sigma_{\text{max}}; \sigma_{\text{max}}) = 35,89 \text{ N/mm}^2$$

*Bemerkung:*

*Wenn die max. Spannung aus der Komb. mit Einzellast resultiert, dann wird der Wert pauschal um 20% erhöht, da eine ungünstige Laststellung an der freien Glaskante hier nicht erfasst werden kann.*

Bemessungswert des Tragwiderstandes nach DIN 18008-1

$$\text{Faktor (8.3.9) } f_2 = 1,10$$

Beiwert zur Berücksichtigung der Konstruktionsart

$$k_c = 1,00$$

$$R_d = \frac{k_c * f_k}{\gamma_{M,\text{TVG}}} * f_2 = 51,33 \text{ N/mm}^2$$

$$E_d / R_d = 0,70 \leq 1$$

### Nachweis der Gebrauchstauglichkeit

Durchbiegung (Lastfallkombinationen) alle Scheiben intakt:

$$f_{\text{max}} = \text{MAX}(f_{\text{LFK5,d}}; f_{\text{LFK6,d}}) = 4,98 \text{ mm}$$

$$C_d = 1/200 * l_x = 5,25 \text{ mm}$$

$$f_{\text{max}} / C_d = 0,95 \leq 1$$



### Spannungsnachweis für die Deckscheibe

LFK1

Trapezlast...

$$\begin{aligned}\xi &= x/l_x &= & 0,45 \\ \zeta &= 1-\xi &= & 0,55 \\ m_{y,LK1,d} &= \delta_1 \cdot l_x^2 / 6 \cdot ((\zeta - \zeta^3) \cdot p_{1,LK1,d} + (\xi - \xi^3) \cdot p_{2,LK1,d}) &= & 95453 \text{ Nm} \\ W_1 &= b_1 \cdot t_1^2 / 6 &= & 4560 \text{ mm}^3 \\ W_2 &= b_2 \cdot t_1^2 / 6 &= & 10320 \text{ mm}^3 \\ W_x &= (W_2 - W_1) / l_x \cdot x + W_1 &= & 7149 \text{ mm}^3 \\ \sigma_{LK1,d} &= m_{y,LK1,d} / W_x &= & \mathbf{13,35 \text{ N/mm}^2}\end{aligned}$$



Software zur Dokumentation und Berechnung

# master

Urheberrechtlich geschütztes Material. Für die kostenfreie Ansicht wurde an dieser Stelle ein Bereich entfernt.

$$\sigma_{\max} = \text{MAX}(\sigma_{LK1,d}; \sigma_{LK2,d}) = 29,91 \text{ N/mm}^2$$

Nachweis: (gleicher Ansatz wie oben!)

$$E_{d1} = \text{WENN}(\sigma_{\max} = \sigma_{LK2,d} \text{ ODER } \sigma_{LK4,d}; 1,2 \cdot \sigma_{\max}; \sigma_{\max}) = \mathbf{35,89 \text{ N/mm}^2}$$

$$\text{Faktor (8.3.9) } f_2 = 1,10$$

Beiwert zur Berücksichtigung der Konstruktionsart

$$k_c = 1,00$$

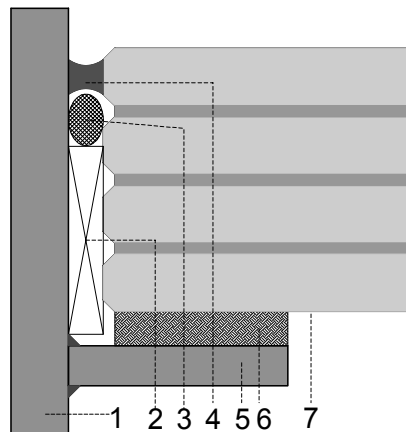
$$R_{d1} = \frac{k_c \cdot f_{k1}}{\gamma_{M,TVG}} \cdot f_2 = \mathbf{51,33 \text{ N/mm}^2}$$

$$E_{d1} / R_{d1} = \mathbf{0,70 \leq 1}$$

### Stoßsicherheit und Resttragfähigkeit

Vgl. ABV, 4 bzw. DIN 18008-5:2013-07 Anhang A

### Konstruktive Durchbildung



- 1 Treppenwange
- 2 Klotzung
- 3 PE-Rundschnur. d=8mm
- 4 Silikon, schwarz
- 5 Stahlkonsole
- 6 vollflächige Verklebung
- 7 VSG aus 4 x 12 mm TVG

### Treppenpodest

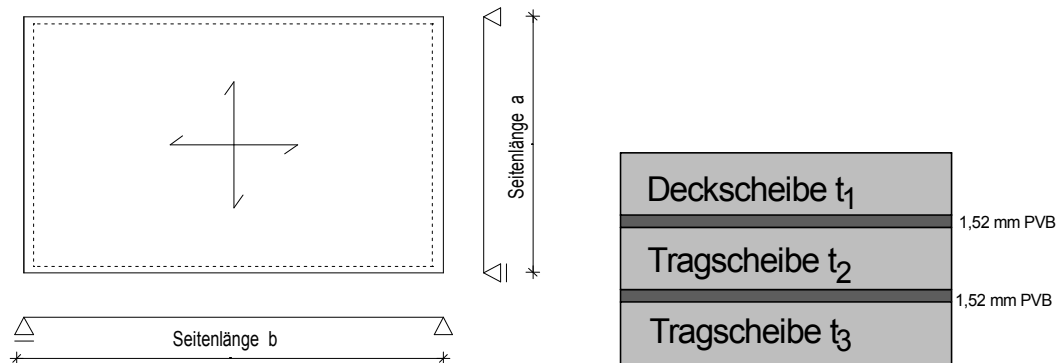
Horizontalverglasung allseitig, linienförmig gelagert, Nachweis nach DIN 18008, Glas planmäßig begehbar, VSG aus FG;

#### 5 Anwendungsbedingungen (DIN 18008-5:2013-07)

5.1 Die Verglasung muss abhängig von den örtlichen Gegebenheiten ausreichend rutschsicher sein. Weitergehende Anforderungen Dritter (z. B. Arbeitsschutz) bleiben unberührt.

5.2 Alle Verglasungen sind durch geeignete mechanische Halterungen in ihrer Lage zu halten. Sofern erforderlich sind sie auch gegen Abheben zu sichern.

5.3 Die Haltekonstruktionen müssen unter Berücksichtigung baupraktischer Toleranzen eine zwängungsarme Montage der Scheiben mit ausreichendem Glaseinstand sicherstellen.



### Materialeigenschaften + Geometrie

Deckscheibe der Einfachverglasung:

Glasart Typ1 =	GEW("18008/fk";Typ;vg=1)	= TVG aus FG
$f_{k1}$ =	TAB("18008/fk";fk;Typ=Typ1)	= 70,0 N/mm <sup>2</sup>
Dicke $t_1$ =		8,0 mm

Tragscheiben der Einfachverglasung:

Glasart Typ =	GEW("18008/fk";Typ;vg=0)	= Floatglas (FG)
$f_k$ =	TAB("18008/fk";fk;Typ=Typ)	= 45,0 N/mm <sup>2</sup>
Dicke $t_2$ =		10,0 mm
Dicke $t_3$ =	$t_2$	= 10,0 mm
E-Modul $E_G$ =		70000 N/mm <sup>2</sup>
$\gamma_M$ =		1,80
$\gamma_{M,TVG}$ =		1,50

Spannweite a =		750 mm
Spannweite b =		1130 mm

### Charakteristische Einwirkungen

Eigengewicht $g_1 = t_1 \cdot 25 = 0,008 \cdot 25$	=	0,20 kN/m <sup>2</sup>
Eigengewicht $g_2 = t_2 \cdot 25 = 0,01 \cdot 25$	=	0,25 kN/m <sup>2</sup>
Eigengewicht $g_3 = t_3 \cdot 25 = 0,01 \cdot 25$	=	0,25 kN/m <sup>2</sup>
<b>g =</b>		<b><u>0,70 kN/m<sup>2</sup></u></b>

ausschließlich planmäßiger Personenverkehr, Nutzlast $\leq 5$ kN/m <sup>2</sup>		
Nutzlast $q_k$ =		5,00 kN/m <sup>2</sup>

Einzellast in Plattenmitte verteilt auf 50 mm x 50 mm:		
$Q_k$ =		2,00 kN



### Lastfallkombinationen



### Berechnung

Verbundsicherheitsglas (VSG) 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.

Lastanteile:

$$\delta_1 = \frac{t_1^3}{t_1^3 + t_2^3 + t_3^3} = 0,20$$

$$\delta_2 = \frac{t_2^3}{t_1^3 + t_2^3 + t_3^3} = 0,40$$

Ersatzdicke  $t'$  (des gesamten Schichtenaufbaus), *alle Scheiben intakt*:

$$t' = \sqrt[3]{t_1^3 + t_2^3 + t_3^3} = 13,59 \text{ mm}$$

Beiwerte für die nachfolgende Berechnung

$e =$	$\text{MIN}(a;b) / \text{MAX}(a;b)$	$=$	0,66
$B_f =$	$\text{TAB}("18008/\text{feldmeier1}"; B_f; e=e)$	$=$	0,0893
$B_s =$	$\text{TAB}("18008/\text{feldmeier1}"; B_s; e=e)$	$=$	0,4823
$f_w =$	$\text{TAB}("18008/\text{Tab19.7}"; f_w; a \geq a; b=b)$	$=$	0,1588
$f_{sx} =$	$\text{TAB}("18008/\text{Tab19.7}"; f_{sx}; a \geq a; b=b)$	$=$	3,9661

Durchbiegung (Einzellastfälle)

$$f_{g,k} = \frac{g \cdot a^4}{E_G \cdot t'^3} \cdot B_f = 0,11 \text{ mm}$$

$$f_{q,k} = \frac{q_k \cdot a^4}{E_G \cdot t'^3} \cdot B_f = 0,80 \text{ mm}$$

$$f_{Q,k} = \frac{Q_k \cdot a^2}{E_G \cdot t'^3} \cdot f_w = 1,02 \text{ mm}$$



### Nachweis der Gebrauchstauglichkeit (LFK 7 und 8)

Durchbiegung (Lastfallkombinationen) *alle Scheiben intakt:*

$$\begin{aligned} f_{d,7} &= f_{g,k} + f_{q,k} &= & 0,91 \text{ mm} \\ f_{d,8} &= f_{g,k} + f_{Q,k} &= & 1,13 \text{ mm} \\ C_d &= 1/200 \cdot a &= & \mathbf{3,75 \text{ mm}} \\ E_d &= \text{MAX}(f_{d,7}; f_{d,8}) &= & \mathbf{1,13 \text{ mm}} \\ E_d/C_d & &= & \mathbf{0,30 \leq 1} \end{aligned}$$

### Nachweis der Tragfähigkeit (alle Scheiben intakt)

Spannungen Scheibe 1:

$$\begin{aligned} \sigma_{g1} &= g \cdot \delta_1 \cdot \frac{a^2}{t_1^2} \cdot B_s &= & 0,59 \text{ N/mm}^2 \\ \sigma_{q1} &= q_k \cdot \delta_1 \cdot \frac{a^2}{t_1^2} \cdot B_s &= & 4,24 \text{ N/mm}^2 \\ \sigma_{Q1} &= Q_k \cdot \delta_1 / t_1^3 \cdot \frac{t_1}{2} \cdot f_{sx} &= & 12,39 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

Spannungen Scheibe 2 bzw. 3:

$$\begin{aligned} \sigma_{g2} &= g \cdot \delta_2 \cdot \frac{a^2}{t_2^2} \cdot B_s &= & 0,76 \text{ N/mm}^2 \\ \sigma_{q2} &= q_k \cdot \delta_2 \cdot \frac{a^2}{t_2^2} \cdot B_s &= & 5,43 \text{ N/mm}^2 \\ \sigma_{Q2} &= Q_k \cdot \delta_2 / t_2^3 \cdot \frac{t_2}{2} \cdot f_{sx} &= & 15,86 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

### Lineare Superposition für Scheibe 1 für LFK 1 bis 3:



Beiwert zur Berücksichtigung der Konstruktionsart

$$\begin{aligned} k_c &= 1,00 \\ R_{d1} &= \frac{k_c \cdot f_{k1}}{\gamma_{M,TVG}} \cdot f_2 &= & \mathbf{51,33 \text{ N/mm}^2} \\ \text{maßgebende Kombination:} \\ E_d &= \text{MAX}(\sigma_{1,1}; \sigma_{2,1}; \sigma_{3,1}) &= & \mathbf{19,38 \text{ N/mm}^2} \\ E_d/R_{d1} & &= & \mathbf{0,38 \leq 1} \end{aligned}$$





### Lineare Superposition für Scheibe 2 bzw. 3 für LFK 1 bis 3:

$$\begin{aligned}\sigma_{1,2} &= 1,35 \cdot \sigma_{g2} &= & 1,03 \text{ N/mm}^2 \\ \sigma_{2,2} &= 1,35 \cdot \sigma_{g2} + 1,5 \cdot \sigma_{q2} &= & 9,17 \text{ N/mm}^2 \\ \sigma_{3,2} &= 1,35 \cdot \sigma_{g2} + 1,5 \cdot \sigma_{Q2} &= & 24,82 \text{ N/mm}^2\end{aligned}$$

### Nachweis

Bemessungswert des Tragwiderstandes nach DIN 18008-1

$$\text{Faktor (8.3.9) } f_2 = 1,10$$

Beiwert zur Berücksichtigung der Konstruktionsart



$$R_{d2} = \frac{k_{\text{mod}} \cdot k_c \cdot f_k}{\gamma_M} \cdot f_2 = 34,65 \text{ N/mm}^2$$

maßgebende Kombination

$$E_{d2} = \text{MAX}(\sigma_{1,2}; \sigma_{2,2}; \sigma_{3,2}) = 24,82 \text{ N/mm}^2$$

$$E_{d2} / R_{d2} = \underline{\underline{0,72 \leq 1}}$$

### Nachweis der Tragfähigkeit (Deckscheibe defekt!)

Im Fall der gebrochenen, obersten Scheibe verteilt sich die außergewöhnliche Last auf die beiden Tragscheiben:

$$\delta_A = \frac{t_2^3}{t_2^3 + t_3^3} = 0,50$$

Spannungen (Einzelscheiben):

$$\sigma_{gA} = g \cdot \delta_A \cdot \frac{a^2}{t_2^2} \cdot B_s = 0,95 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{qA} = q_k \cdot \delta_A \cdot \frac{a^2}{t_2^2} \cdot B_s = 6,78 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{QA} = Q_k \cdot \delta_A / t_2^3 \cdot \frac{t_2^2}{2} \cdot f_{sx} = 19,83 \text{ N/mm}^2$$

Lineare Superposition:

$$\sigma_{A,5} = 1,0 \cdot \sigma_{gA} + 0,5 \cdot \sigma_{qA} = 4,34 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{A,6} = 1,0 \cdot \sigma_{gA} + 0,5 \cdot \sigma_{QA} = 10,87 \text{ N/mm}^2$$

Nachweis:

$$E_{dA} = \text{MAX}(\sigma_{A,5}; \sigma_{A,6}) = 10,87 \text{ N/mm}^2$$

$$E_{dA} / R_{d2} = \underline{\underline{0,31 \leq 1}}$$





### Stoßsicherheit und Resttragfähigkeit

Die ausreichende Stoßsicherheit und die Resttragfähigkeit sind in der Regel durch Bauteilversuche zu belegen. Bei Konstruktionen mit einem lichten Abstand zu darunter liegenden flächenhaften tragenden Bauteilen von höchstens 50 cm ist kein Bauteilversuch zum Nachweis der Stoßsicherheit und Resttragfähigkeit erforderlich.

Bei allseitig linienförmig gelagerten Verglasungen mit einer anzusetzenden rechnerischen Nutzlast von nicht mehr als  $5,0 \text{ kN/m}^2$  gilt die Stoßsicherheit und Resttragfähigkeit für planmäßig begehbare Verglasungen im Sinne der Norm DIN 18008-5:2013-07 für die in Tabelle B.1 aufgeführten Konstruktionen bei Einhaltung der im Folgenden genannten Randbedingungen als nachgewiesen.

Tabelle B.1 — Allseitig linienförmig gelagerte, planmäßig begehbare Verglasungen mit nachgewiesener Stoßsicherheit und Resttragfähigkeit

Länge mm max.	Breite mm max.	VSG-Aufbau <sup>a</sup> mm	Auflagertiefe mm min.
1500	400	8 TVG / 1,52 PVB / 10 FG <sup>b</sup> / 1,52 PVB / 10 FG <sup>b</sup>	30
1500	750	8 TVG / 1,52 PVB / 12 FG <sup>b</sup> / 1,52 PVB / 12 FG <sup>b</sup>	30
1250	1250	8 TVG / 1,52 PVB / 10 TVG / 1,52 PVB / 10 TVG	35
1500	1500	8 TVG / 1,52 PVB / 12 TVG / 1,52 PVB / 12 TVG	35
2000	1400	8 TVG / 1,52 PVB / 15 FG <sup>b</sup> / 1,52 PVB / 15 FG <sup>b</sup>	35

<sup>a</sup> von oben nach unten.

<sup>b</sup> Floatglas

Der Glasaufbau entspricht der 3. Zeile. Die Abmessungen der Verglasung sind jeweils kleiner als 1250mm.

⇒ Der Nachweis der Stoßsicherheit und der Resttragfähigkeit sind erbracht!