

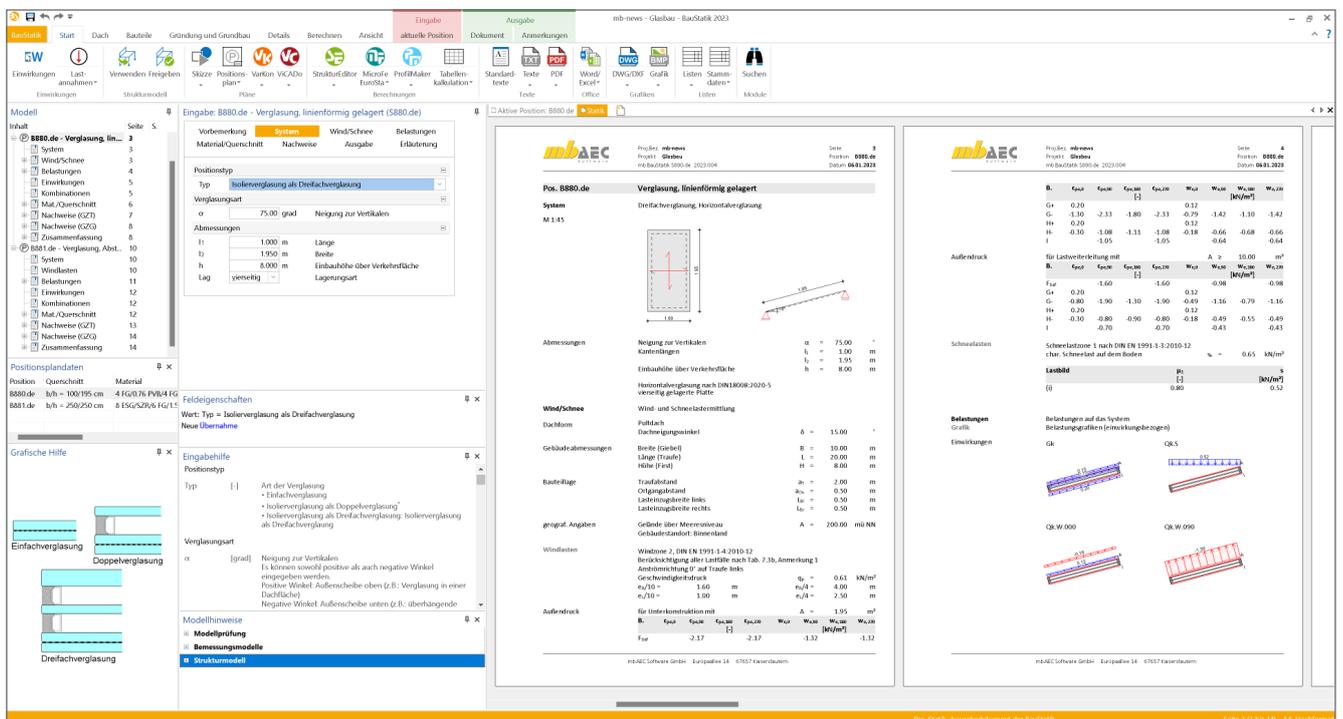
Dipl.-Ing. Thomas Blüm

Verglasung, linienförmig gelagert

Leistungsbeschreibung des BauStatik-Moduls

S880.de Verglasung, linienförmig gelagert nach DIN18008-2

Das BauStatik-Modul S880.de berechnet Verglasungen auf der Grundlage der DIN 18008-2:2020-05. Die Verglasungen müssen an mindestens zwei gegenüberliegenden Seiten linienförmig gelagert sein. Berechenbar sind Einfach-, Doppel- und Dreifachverglasungen. Je nach ihrer Neigung zur Vertikalen werden die Verglasungen als Vertikalverglasungen oder als Horizontalverglasungen nachgewiesen



System

Durch Festlegung des Neigungswinkels erfolgt die Einteilung in:

- Vertikalverglasungen Neigung $\leq 10^\circ$
- Horizontalverglasungen Neigung $> 10^\circ$

Danach werden Kantenlängen, Höhenlage und Lagerungsart eingegeben. Abhängig von den vorher getroffenen Festlegungen und dem gewählten Scheibenaufbau wird die Zulässigkeit der gewählten Konstruktion gemäß DIN 18008-2 [2] programmseitig überprüft.

Lasten

Die Glasscheiben werden für die Einwirkungen (Eigengewicht, Wind, Schnee und ggf. Klimlasten) nach DIN EN 1990 [4] bemessen. Das Eigengewicht der Konstruktion wird programmseitig ermittelt. Darüber hinaus werden die Glasscheiben in der Regel durch Wind-, Schnee- und bei Isolierverglasung zusätzlich durch Klimlasten beansprucht. Zusätzlich ist es möglich, die Scheiben mit Gleichflächenlasten beliebiger Einwirkungen zu beaufschlagen.

| EW | q [kN/m ²] |
|------------|------------------------|
| 1 Qk.W.000 | -0.700 |

Bild 1. Belastung der Glasscheiben

Die Rechenwerte für klimatische Einwirkungen und der resultierende isochore Druck p_0 können programmseitig nach Tabelle 3 der DIN 18008-1 [1] berücksichtigt werden, sofern der Anwender diese nicht durch manuelle Vorgaben selbst festlegt.

| Einwirkungs-kombination | ΔT [K] | Δp_{met} [kN/m ²] | ΔH [m] | p_0 [kN/m ²] |
|-------------------------|----------------|---------------------------------------|----------------|----------------------------|
| Sommer | +20 | -2 | +600 | +16 |
| Winter | -25 | +4 | -300 | -16 |

Tabelle 1. Rechenwerte für klimatische Einwirkungen und isochorer Druck p_0 nach DIN 18008-1[1]

Eine manuelle Eingabe der Rechenwerte ist z.B. dann sinnvoll, wenn die Höhenlage ü. NN des Herstellungs- und Einbauortes bekannt ist und die Höhendifferenz von den in Tabelle 1 angegebenen Grenzen erheblich abweicht.

Scheibenaufbau

Zur Systembeschreibung ist zunächst der Verglasungstyp zu wählen. Hier stehen folgende Aufbauten zur Verfügung:

- Einfachverglasung
- Isolierglas als Doppelverglasung
- Isolierglas als Dreifachverglasung

Für diesen Positionstyp ist der Scheibenaufbau zu definieren. Die Scheiben können aus Einscheibenglas, aus Verbundglas (VG) oder Verbundsicherheitsglas (VSG) bestehen. Dabei sind alle Kombinationen möglich, die gemäß DIN 18008-2 [2] zulässig sind. Das heißt von der Einfachverglasung bis zur Dreifachverglasung mit drei VSG-Scheiben können alle Scheibenaufbauten nachgewiesen werden.

Zur Definition der Verglasung stehen nachfolgende Glas-erzeugnisse zur Verfügung:

- Floatglas
 - poliertes Drahtglas
 - Ornamentglas
 - Drahtornamentglas
- Einscheiben-Sicherheitsglas (ESG), Natrium-Silikatglas und Borosilikatglas aus
 - Floatglas
 - emailliertes Floatglas
 - gezogenes Floatglas
 - Ornamentglas
- Teilvorgespanntes Glas (TVG) aus
 - Floatglas
 - emailliertes Floatglas
 - gezogenes Floatglas
 - Ornamentglas
- Verbund-Sicherheitsglas (VSG)
- Verbundglas (VG)

Je nach gewünschtem Scheibenaufbau werden die erforderlichen Eingabedaten abgefragt.

| d [mm] | Typ |
|--------|------------|
| 1 6.00 | TVG aus FI |

| d [mm] | Typ |
|--------|-----------|
| 1 6.00 | Floatglas |

| d [mm] | Typ |
|--------|-----------|
| 1 4.00 | Floatglas |
| 2 4.00 | Floatglas |

Bild 2. Definitionen für Einfachverglasungen

Einfachverglasung

Für Einfachverglasungen (Einscheibenverglasung, Verbundglas, Verbundsicherheitsglas) sind die Stärke der einzelnen Schicht sowie die Glasart zu definieren. Es sind Glasstärken von 2 mm bis 25 mm zulässig. Soll die Glaskonstruktion als Verbund-Sicherheitsglas (VSG) ausgeführt werden, so ist zusätzlich die Stärke der elastischen, reißfesten Folie, meist Poly-Vinyl-Butyral (PVB), zu definieren.

Isolierverglasung

Für eine Isolierverglasung sind die Definitionen für alle Scheiben mit dem jeweiligen Glasaufbau (Schichtstärke und Glasart) zu tätigen.

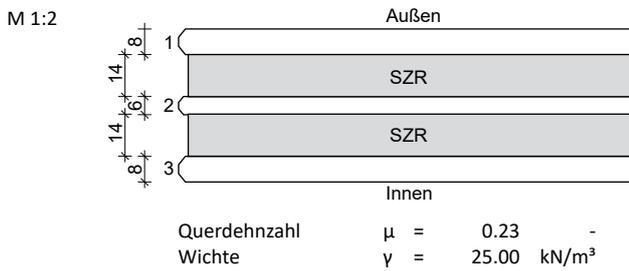


Bild 3. Beispiel Dreifachverglasung

Die Materialkennwerte der verwendeten Gläser werden standardmäßig entsprechend den Vorgaben der jeweiligen Erzeugnisnorm berücksichtigt. Hiervon abweichende Erzeugnisse können durch Erweiterung der Stammdaten ergänzt werden.

Lastaufteilung

Bei Isolierverglasungen werden die Lastanteile auf die einzelnen Scheiben nach Feldmeier [3] ermittelt. Eingangswerte für den Verteilungsschlüssel sind im Wesentlichen die Steifigkeiten der Einzelscheiben und das eingeschlossene Luftvolumen. Dieses Verfahren ist auch im Anhang A der DIN 18008-2 [2] wiedergegeben, wobei es dort für Handrechnungen anschaulich aufbereitet und auf den Sonderfall der Doppelverglasung beschränkt ist. Die dort eingeführten Lastanteile der Einzelscheiben (δ -Werte) und die charakteristische Kantenlänge a^* werden im allgemeineren Verfahren nach Feldmeier [3] nicht benötigt. Alle Zwischenwerte und Beiwerte nach Feldmeier [3], die für die Berechnung erforderlich sind, können der Ausgabe entnommen werden. Zur Veranschaulichung wird die Tabelle 2 mit der Schreibweise nach DIN 18008-2 [2] und nach Feldmeier [3] wiedergegeben.

| Lastangriff auf | Einwirkung | Lastanteil auf äußere Scheibe | Lastanteil auf innere Scheibe |
|-----------------|-----------------------|---|---|
| äußere Scheibe | Wind w_a | $(\delta_a + \varphi \cdot \delta_i) \cdot w_a$ $= \varphi \cdot (\alpha_2 + 1) \cdot w_a$ | $(1 - \varphi) \cdot \delta_i \cdot w_a$ $= \varphi \cdot \alpha_1 \cdot w_a$ |
| | Schnee s | $(\delta_a + \varphi \cdot \delta_i) \cdot s$ $= \varphi \cdot (\alpha_2 + 1) \cdot s$ | $(1 - \varphi) \cdot \delta_i \cdot s$ $= \varphi \cdot \alpha_1 \cdot s$ |
| innere Scheibe | Wind w_i | $(1 - \varphi) \cdot \delta_a \cdot w_i$ $= \varphi \cdot \alpha_2 \cdot w_i$ | $(\varphi \cdot \delta_a + \delta_i) \cdot w_i$ $= \varphi \cdot (\alpha_1 + 1) \cdot w_i$ |
| beide Scheiben | Isochorer Druck p_0 | $\varphi \cdot p_0$ | $\varphi \cdot p_0$ |

Tabelle 2. Lastaufteilung mit Beiwerten nach [2] und [3]

Zustände

Für die Ermittlung der Steifigkeit der Verbundgläser und Verbundsicherheitsgläser wird zwischen den Grenzfällen „voller Verbund“ und „kein Verbund“ unterschieden. Kombinationen dieser Fälle werden als Zustände bezeichnet.

Das Modul S880.de bildet alle Zustände ab (bis zu acht Zustände bei Dreifachverglasung) und ermittelt den Zustand, der für die Einzelscheibe die maximale Beanspruchung erzeugt. Für Doppelverglasungen mit zwei VSG-Scheiben werden beispielsweise die Zustände nach Tabelle 3 untersucht.

| Zustand | äußere Scheibe | innere Scheibe |
|---------|----------------|----------------|
| 1 | kein Verbund | kein Verbund |
| 2 | voller Verbund | kein Verbund |
| 3 | kein Verbund | voller Verbund |
| 4 | voller Verbund | voller Verbund |

Tabelle 3. Mögliche Zustände bei Doppelverglasungen aus 2xVSG

Schnittgrößen und Spannungsnachweise

Die Schnittgrößen- und Spannungsermittlung kann nach der linearen Plattentheorie oder bei vierseitig gelagerten Verglasungen unter Berücksichtigung der Membrantragwirkung für große Verformungen (im Vergleich zur Glasstärke) erfolgen. Die Berücksichtigung der Membrantragwirkung führt zu wirtschaftlicheren Ergebnissen.

Die Berechnung und Bemessung von Bauteilen aus Glas erfolgt nach dem Teilsicherheitskonzept. Der Nachweis der Spannungen wird als Vergleich der Bemessungswerte der Einwirkungen mit Bemessungswerten der Festigkeiten geführt. Der Bemessungswert der Spannungen wird nach DIN 18008-1 [1] Gl. (2) und (3) ermittelt. Dabei sind in Abhängigkeit der Klasse der Lasteinwirkungsdauer (KLED) die k_{mod} -Werte nach Tabelle 6 [1] zu berücksichtigen.

$$\sigma_{Rd} = \frac{k_{mod} \cdot k_c \cdot f_k}{\gamma_M} \cdot f_1$$

mit

- k_{mod} Modifikationsbeiwert
 - für ESG und TVG gilt: $k_{mod} = 1,0$
 - für andere Erzeugnisse gilt DIN 18008-1 [1], Tabelle 6
- k_c Beiwert zur Berücksichtigung der Konstruktionsart
 - für ESG und TVG gilt: $k_c = 1,0$
 - für andere Erzeugnisse gilt $k_c = 1,8$
- f_k charakteristischer Wert der Biegezugfestigkeit
- γ_M Materialteilsicherheitsbeiwert
 - für ESG und TVG gilt: $\gamma_M = 1,5$
 - für andere Erzeugnisse gilt $\gamma_M = 1,8$
- f_1 Erhöhungsfaktor
 - für Verbundglas und Verbundsicherheitsglas gilt: $f_1 = 1,1$
 - für andere Verglasungen gilt: $f_1 = 1,0$

| Einwirkungsdauer | Beispiele | k_{mod} |
|------------------|---|-----------|
| ständig | Eigengewicht, Ortshöhendifferenz | 0,25 |
| mittel | Schnee, Temperaturänderung und Änderung des meteorologischen Luftdrucks | 0,40 |
| kurz | Wind, Holmlast | 0,70 |

Tabelle 4. DIN 18008-1, Tabelle 6 [1]

Die maximalen Hauptzugspannungen werden aus den zu untersuchenden Lastkombinationen ermittelt und den Bemessungswerten der DIN 18008-2 [2] gegenübergestellt.

Bei Horizontalverglasung ist zusätzlich die Tragfähigkeit bei einem Ausfall der oberen Scheibe nachzuweisen. Dabei sind in einer außergewöhnlichen Bemessungssituation die äußeren Belastungen sowie das Eigengewicht der oberen Scheibe als Last auf die untere Scheibe anzusetzen. Die Klimalasten aus dem Scheibenzwischenraum können hingegen entfallen.

Kleinformatige Mehrscheibenisolierverglasung (MIG)

Bei kleinformatiger Mehrscheibenisolierverglasung (MIG) besteht grundsätzlich das Problem, dass die Belastung durch Volumenvergrößerung infolge der Klimalasten relativ hoch ist. Umgekehrt ist in der Regel die Schadensfolge gering, wenn diese aufgrund Klimalast brechen. Das Isolierglas ist dann zwar defekt und muss getauscht werden, aber der bruchauslösende Über-/Unterdruck im SZR ist abgebaut.

In der aktuellen Fassung der DIN 18008-2 kann nach 6.1.4 unter bestimmten Voraussetzungen für MIG bis 0,4 m² oder 2 m² mit verschiedenen Mindestglasdicken das Sicherheitsniveau herabgesetzt werden. Dabei darf in der ersten Stufe der Teilsicherheitsbeiwert für Klimaeinwirkungen auf 1,0 gesetzt werden. Sollte dies noch nicht ausreichen, müssen drei Nachweise geführt werden: ein Glasbruch der schwächeren Einzelscheibe und Nachweis der stärkeren Scheibe allein, der Spannungsnachweis unter charakteristischer Kombination mit $\gamma_M = 1,2$ für das Gesamtsystem sowie ein Nachweis der Durchbiegungen mit $f \leq 1/65$. Es wird empfohlen, diese zweite Stufe jedoch nicht ohne Weiteres anzuwenden, da hier ein erhöhtes Glasbruchrisiko besteht und dies allen Beteiligten bewusst sein muss.

Gebrauchstauglichkeit

Die Durchbiegungen der Verglasungen werden in der seltenen Kombination und auf den Grenzwert $l/100$ ermittelt, sofern der Nachweis aktiviert ist.

Der Verformungsnachweis kann in manchen Fällen recht unwirtschaftlich sein. Deshalb kann alternativ der Nachweis der Sehnenverkürzung geführt werden. Hier wird geprüft, ob trotz Verformung eine Mindestauflagerbreite von 5 mm eingehalten wird und die Verglasung nicht aus den Auflagern rutscht. Dabei gilt:

$$b' = \sqrt{b^2 - \frac{16}{3} \cdot w_{max}^2}$$

$$\Delta b = b - b' \leq \Delta b_{zul}$$

mit

| | |
|------------------|--|
| b | - bei vierseitiger Lagerung: größte Seitenabmessung - bei zweiseitiger Lagerung: Abstand zwischen den Auflagern |
| w_{max} | größte Durchbiegung der Scheibe ermittelt mit der seltenen/charakteristischen Kombination |
| Δb_{zul} | Mindestauflagerbreite ≥ 5 mm |

Ausgabe

Die Ausgabe umfasst die komplette Eingabebeschreibung des Systems, der Geometrie, des Scheibenaufbaus und der anzusetzenden Lasten. Darüber hinaus werden die gebildeten Lastkombinationen dokumentiert sowie die maßgebende Kombination für die Spannungsnachweise (getrennt für jede Scheibe) und die maßgebende Kombination für den Gebrauchstauglichkeitsnachweis ausgegeben.

Zusätzliche Angaben als „Hinweise“ zur Ausführung der Konstruktion runden die Ausgabe ab.

Dipl.-Ing. Thomas Blüm
mb AEC Software GmbH
mb-news@mbaec.de

Literatur

- [1] DIN 18008-1:2020-05, Glas im Bauwesen - Bemessung und Konstruktionsregeln - Teil 1: Begriffe und allgemeine Grundlagen
- [2] DIN 18008-2:2020-05, Glas im Bauwesen - Bemessung und Konstruktionsregeln - Teil 2: Linienförmig gelagerte Verglasungen
- [3] Feldmeier, F.: Klimabelastung und Lastverteilung bei Mehrscheiben-Isolierglas, Stahlbau 75 (2006), Heft 6, Seiten 467 bis 478, Verlag Ernst & Sohn, Berlin
- [4] DIN EN 1990:2012-12, Eurocode 0: Grundlagen der Tragwerksplanung; Deutsche Fassung EN1990:2002 + A1:2005 + A1:2005/AC:2010
- [5] DIN EN 1990/ NA:2012-12, Eurocode 0: Nationaler Anhang - National festgelegte Parameter - Grundlagen der Tragwerksplanung

Preise und Angebote

S880.de Verglasung, linienförmig gelagert – DIN 18808-1:2020-05, DIN 18008-2:2020-05

Weitere Informationen unter <https://www.mbaec.de/modul/S880de>

BauStatik 5er-Paket

bestehend aus 5 BauStatik-Modulen deutscher Norm nach Wahl

BauStatik 10er-Paket

bestehend aus 10 BauStatik-Modulen deutscher Norm nach Wahl

Es gelten unsere Allgemeinen Geschäftsbedingungen. Änderungen und Irrtümer vorbehalten. Alle Preise zzgl. Versandkosten und MwSt. – Hardlock für Einzelplatzlizenz je Arbeitsplatz erforderlich (95,- EUR). Folgelizenz-/Netzwerkbedingungen auf Anfrage. – Stand: März 2023

Unterstütztes Betriebssystem: Windows 10 (21H1, 64-Bit), Windows 11 (64)

Preisliste: www.mbaec.de