



PRÜFZEUGNIS

(SIA 358:2010 & 261:2014 + Eurocode 9 / EN1999-1-1:2007)

EASY GLASS[®] PRO **FASCIA MONTAGE** **Y-PROFIL MOD.6936**

15032-E Easy Glass Max Einspannkonsolen

Zürich, 2. April 2015 / ms

Prüfzeugnis nach geltenden Schweizer Normen und Richtlinien

Prüfzeugnis-Nummer: 15032-E / 6936

Auftraggeber: Q-railing Europe GmbH & Co. KG
Marie-Curie-Strasse 8-14
46446 Emmerich am Rhein

Gegenstand: Absturzsichernde Verglasung
Abschränkung nach SIA 261: 2014

Geprüftes System: Easy Glass Max Y Seitenmontage, 6936

Anwendung: Absturzsichernde Verglasung zur Verwendung innerhalb der
SIA Nutzungskategorie C

Datum Bericht: 2. April 2015

1. Gegenstand und Verwendungsbereich

1.1. Beschreibung des Gegenstandes

Beim geprüften System handelt es sich um eine linear eingespannte Ganzglasbrüstung. Das System hat sämtliche Anforderungen der beiden SIA-Normen 358:2010 Geländer und Brüstungen und 261:2014 Einwirkungen auf Tragwerke zu erfüllen.

1.2. Anwendungsbereich

Die Bauart ist SIA-konform. Sie darf nicht als absturzsichernde Verglasung der Kategorie B nach TRAV 2003 angewendet werden, weil diese zwingend einen aufgesteckten Handlauf voraussetzt.

1.3. Verwendungsaufgaben / -beschränkungen bzw. Anmerkungen

Die Bauart darf nicht zur Aussteifung anderer Bauteile herangezogen werden. Die Bauteile, an die die Bauart angeschlagen wird, müssen ausreichend tragfähig sein sowie die Einwirkungen aus statischen und stossartigen Beanspruchungen aufnehmen und ableiten können. Ebenfalls muss die Verankerung dem jeweiligen Baugrund angepasst und dimensioniert werden.

2. Anforderungen an die Bauart

2.1. Anforderungen an die Eigenschaften, Kennwerte

Glasscheiben

Die Glasscheiben bestehen aus Verbundsicherheitsglas mit dem Aufbau:

Kategorie C Versammlungsflächen:

TVG 12mm - PVB 0.76mm - TVG 12mm

ESG-H 10mm - PVB 0.76mm - ESG-H 10mm

Kategorie C Menschengedränge:

ESG-H 12mm - PVB 0.76mm - ESG-H 12mm

Für die verwendeten Gläser gelten folgende zulässige Biegezugspannungen:

TVG: 29.0 N/mm²

ESG: 50.0 N/mm²

Die verwendeten Zwischenfolien aus Polyvinyl-Butyral (PVB) müssen bei 23 °C folgende mechanischen Kennwerte aufweisen:

Reissfestigkeit: > 20 N/mm²

Bruchdehnung: > 250 %

Bei Verbundsicherheitsglas mit PVB-Folie handelt es sich um ein Bauproduktgemäss Bauregelliste A Teil 1 lfd. Nr. 11.14. Die dort geforderten Eigenschaften sind entsprechend zu bescheinigen.

Glasbefestigung

Die Befestigung des Aluminiumprofils erfolgt mit Hilfe versenkter Dübel. Anschliessend wird das Glas ins Aluminiumprofil gestellt, verkeilt und mit den abschliessenden Dichtungen und Spreizsicherungen versehen.

Handlauf

Der durchgehende lastabtragende Handlauf ist optional, ein Kantenschutz ist jedoch empfehlenswert.

2.2. Ausführung

Die Ausführung muss nach der Montageanleitung der Firma Q-Railing erfolgen, so dass die Bedingungen am Bau denjenigen aus der Berechnung entsprechen.

2.3. Nutzung, Unterhalt und Wartung

Die Bauart muss zum Erhalt ihrer Funktion regelmässig gereinigt und gewartet werden.

Der Zustand der Bauart ist in regelmässigen Abständen zu überprüfen. Beschädigte Teile sind kurzfristig zu ersetzen. Zum Austausch dürfen nur Teile verwendet werden, die diesem Prüfzeugnis entsprechen. Des Weiteren sind bezüglich Nutzung, Unterhalt und Wartung die Herstellerangaben zu beachten.

3. Grundlagen für die Bemessung

3.1. Vorgehen

Für das vorliegende Geländersystem soll die Tragsicherheit des gesamten Systems sowie den einzelnen Komponenten nach geltenden Schweizer Normen und Richtlinien nachgewiesen werden. Zur Ermittlung der Einwirkungen auf die Konstruktion sowie die konstruktiven Anforderungen kommen die unten aufgeführten SIA-Normen zur Anwendung.

Zur Bemessung der Aluminiumbauteile wird zusätzlich zu den verbindlichen SIA-Normen der Eurocode 9 herangezogen, dieser gibt nebst den Vorgaben für die Bemessung auch Auskunft über die Werkstoffeigenschaften der verwendeten Aluminiumlegierungen.

3.2. Normen

| | |
|---------------------------------|--|
| SIA 260: 2013 | Grundlagen zur Projektierung von Tragwerken |
| SIA 261: 2014 | Einwirkungen auf Tragwerke |
| SIA 358: 2010 | Geländer und Brüstungen |
| Eurocode 9 / (EN 1999-1-1:2007) | Bemessung und Konstruktion von Aluminiumtragwerken |

3.3. Planungsgrundlagen

- Systemzeichnungen (Q-Railing)
- Volumenmodelle der einzelnen Bauteile (Q-Railing)

3.4. Lastannahmen SIA 261: 2014

| | | |
|--------------|-----------|---------------------------|
| Eigenlasten: | Glas | $G_k = 25 \text{ kN/m}^3$ |
| | Aluminium | $G_k = 27 \text{ kN/m}^3$ |
| | Beton | $G_k = 25 \text{ kN/m}^3$ |

Abschrankungen: Charakteristische Werte der horizontalen Kräfte auf Abschrankungen für Personen (Tabelle 20)

| | | |
|-------------------|---|----------------------|
| Kategorie A, B, D | Wohn-, Büro-, und Verkaufsflächen | 0.8 kN/m |
| Kategorie C | Versammlungsflächen (falls Menschengedränge möglich) | 1.6 kN/m 3.0 kN/m |
| Kategorie E, F, G | Lager-, Fabrikation-, Park- und Verkehrsfl. | 0.8 kN/m |
| Brücken | alle Verkehrsarten (falls Menschengedränge möglich) | 1.6 kN/m 3.0 kN/m |
| Dienststege | nicht öffentlich zugänglich | 0.4 kN/m |

3.5. Software

Glasbemessung

Die Bemessung der Gläser erfolgt mit Hilfe des Finite-Element Programmes SJ Mepla Version 3.5.9.

Bemessung Profilsystem

Die Aluminiumprofile werden mit Ansys Design Space Version 15.0 bemessen. Daraus lassen sich auch die Auflagerreaktionen entnehmen, welche als Dübellasten in die Deckenstirnen und Bodenplatten eingeleitet werden müssen.

4. Bemessung

4.1. Glasbemessung

Die Gläser wurden mit den Holmlasten nach SIA 261: 2014 bemessen. Dabei greift die Linienlast auf Holmhöhe (1000mm ab OK Bodenbelag) an.

Zulässige Spannungen

| | | |
|-------------------------|---|------------------------|
| $\varphi_{zul.sta.TVG}$ | TVG für statische Einwirkungen (Holmlast) | 29.0 N/mm ² |
| $\varphi_{zul.sta.ESG}$ | ESG für statische Einwirkungen (Holmlast) | 50.0 N/mm ² |

Modellierung

Die Abmessungen einer Glasscheibe betragen $l \times h = 1000 \times 1100\text{mm}$

Glasaufbauten

Kategorie C Versammlungsflächen:

- (1) TVG 12mm - PVB 0.76mm - TVG 12mm
- (2) ESG-H 10mm - PVB 0.76mm - ESG-H 10mm

Kategorie C Menschengedränge:

- (3) ESG-H 12mm - PVB 0.76mm - ESG-H 12mm

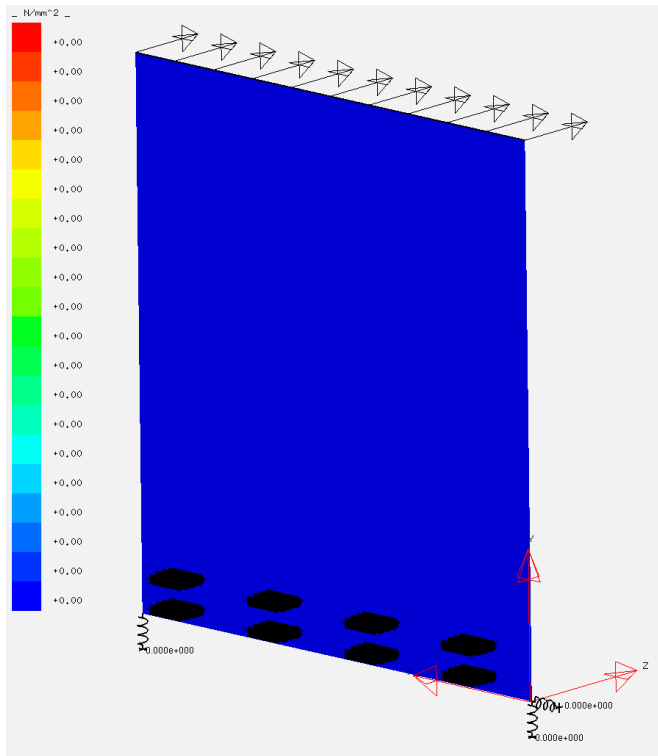
Kennwerte PVB-Folie

Der in der Berechnung angesetzte E-Modul der Folie beträgt 12 N/mm².

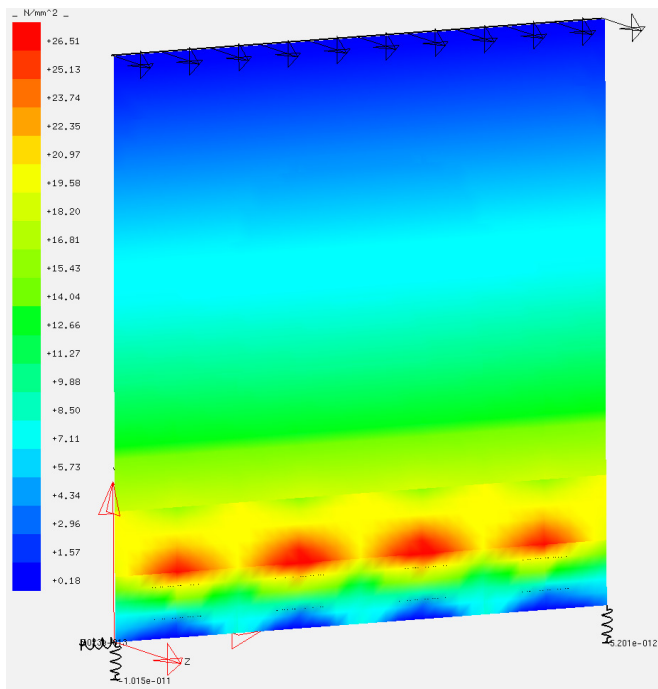
Lagerungen

Die Lagerung wurde als 4 liegende elastische Linienlagerpaare mit einem Abstand von 37mm bzw. 97mm von der Glasunterkante, welche einen Abstand untereinander von 250mm haben, modelliert. Die Klotzlänge beträgt 100mm.

Holmlasten nach SIA 261: 2014



Resultate Holmlasten

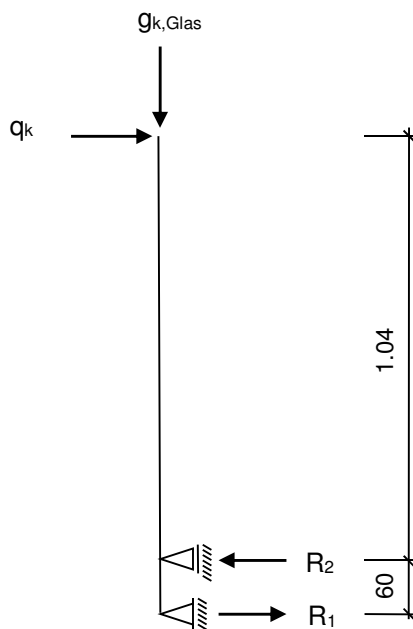


Effektive Spannungen im Glas

| | Kategorie | Glasaufbau | Holmlast 1.6 kN/m | Holmlast 3.0 kN/m |
|------------------|-----------|------------|-------------------------|-------------------------|
| Spannungen TVG | C | (1) | 26.51 N/mm ² | - |
| Spannungen ESG-H | C | (2) | 37.07 N/mm ² | - |
| Spannungen ESG-H | C | (3) | - | 49.72 N/mm ² |

Alle Hauptzugspannungen OK.

4.2. Auflagerreaktionen



Kategorie C Versammlungsflächen:

$$R_1 = 27'733 \text{ N}\cdot\text{m}'$$

$$R_2 = 29'333 \text{ N}\cdot\text{m}'$$

Kategorie Menschengedränge:

$$R_1 = 52'000 \text{ N}\cdot\text{m}'$$

$$R_2 = 55'000 \text{ N}\cdot\text{m}'$$

Eigenlast Glas: (1) / (3) $g_{k,Glas} = 660 \text{ N}\cdot\text{m}'$
 (2) $g_{k,Glas} = 550 \text{ N}\cdot\text{m}'$

4.3. Bemessung der Profile

Die Bemessung des Aluminiumprofils erfolgt anhand der Auflagerreaktionen. Diese Reaktionen werden als Einwirkungen auf das Profil aufgegeben. Da die Bemessung der Gläser anhand der charakteristischen Lasten durchgeführt wurde, müssen die erhaltenen Reaktionen mit den entsprechenden Lastbeiwerten nach SIA 260: 2013 versehen werden.

Lastbeiwerte nach SIA 260: 2013

| | | |
|------------|--|------|
| γ_G | Lastbeiwert für ständige Einwirkungen | 1.35 |
| γ_Q | Lastbeiwert für veränderliche Einwirkungen | 1.50 |

Einwirkungen auf Bemessungsniveau

| Einwirkungen | Glasaufbau | Holmlast 1.6 kN/m | Holmlast 3.0 kN/m |
|-----------------------------|------------|-------------------|-------------------|
| Linienlager oben $R_{2,d}$ | (1) / (2) | 44'000 N·m' | - |
| Lager unten $R_{1,d}$ | (1) / (2) | 41'600 N·m' | - |
| Linienlager oben $R_{2,d}$ | (3) | - | 82'500 N·m' |
| Linienlager unten $R_{1,d}$ | (3) | - | 78'000 N·m' |
| Eigenlast Glas $g_{G,d}$ | (1) | 891 N·m' | - |
| | (2) | 743 N·m' | - |
| | (3) | - | 891 N·m' |
| | | - | |

Teilsicherheitsbeiwerte für Grenzzustände der Tragsicherheit nach EN 1999-1-1

| | | |
|---------------|--|------|
| γ_{M1} | Beanspruchbarkeit von Querschnitten Beanspruchbarkeit von Bauteilen bei Stabilitätsversagen | 1.10 |
| γ_{M2} | Beanspruchbarkeit von Querschnitten bei Bruchversagen | 1.25 |

Charakteristische Werte der 0,2 %-Dehngrenze f_o und der Zugfestigkeit f_u nach EN 1999-1-1

| | | | |
|---------|------------------|-------|-----------------------|
| 6063 T6 | Bodenprofil " | f_o | 160 N/mm ² |
| | | f_u | 195 N/mm ² |

4.4. Bemessung des Bodenprofils

Modell, Lasten und Einwirkungen

Das Modell wird mit einer Länge von 200 mm modelliert, dies entspricht dem Achsabstand der Dübelanordnung des Montageprofils. Damit lässt sich die Rechenzeit des FE-Modelles entscheidend verkürzen, die Randbedingungen des effektiven Systems werden dabei exakt eingehalten.

Die Lagerung des Betonuntergrundes erfolgt mit Hilfe einer „Fixierten Lagerung“ A der Ränder. Der Befestigungspunkt des Dübels erfolgt über eine „externe Verschiebung“ B mit gesperrten Freiheitsgraden. Da sich die Anordnung des Modells wiederholt, werden die Seitenflächen mit symmetrischen Randbedingungen versehen.

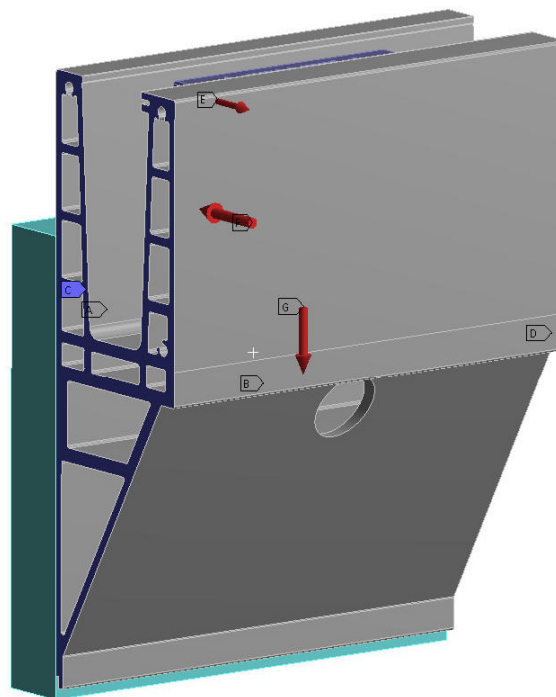
Die ermittelten Auflagerreaktionen werden mit den entsprechenden Lastbeiwerten versehen, auf die Länge des Modells angepasst und in Form von Kräften auf die jeweiligen Flächen des Modells aufgegeben.

Der Spannungsnachweis des Profils erfolgt für die Belastung von $q_k = 3.0 \text{ kN/m}$.

H: Easy Glass Max Seitenmontage Y 3.0 kN/m
Statisch-mechanisch
Zeit: 1. s
26.03.2015 15:19

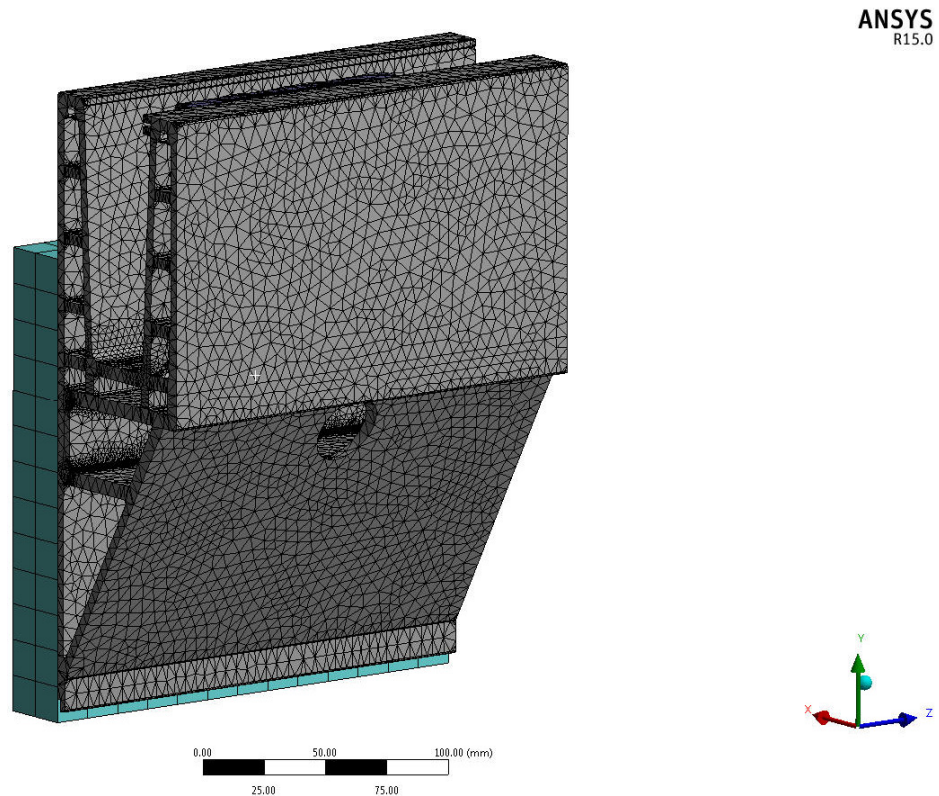
ANSYS
R15.0

- A Fixierte Lagerung
- B Externe Verschiebung
- C Reibungsfreie Lagerung
- D Reibungsfreie Lagerung 2
- E Kraft: 16500 N
- F Kraft 2: 15600 N
- G Kraft 3: 172. N



Vernetzung und Konvergenzanalyse

Das Modell wird mit einem adaptiven Netz versehen, damit lassen sich die errechneten Spannungen mit Hilfe einer Konvergenzanalyse überprüfen. Im Bereich der Spannungsspitzen wird die Vernetzung so lange verfeinert bis das Resultat konvergiert.



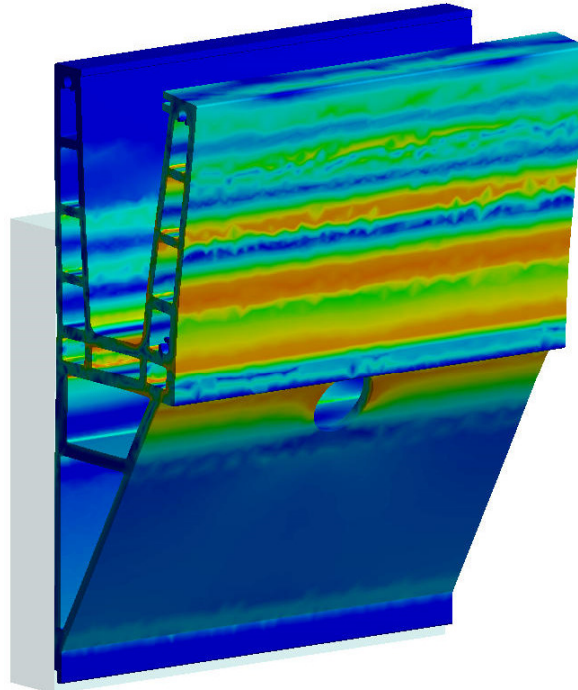
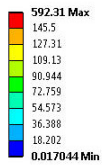
Spannungen nach Von Mises

Die Auswertung der Spannungen erfolgt anhand der Spannungskonzentration nach von Mises. Es wird jedoch kein absolut strikter Nachweis anhand der resultierenden Spannungen geführt. Da das Profilsystem in einigen Bereichen Bohrungen und geometrische Diskontinuitäten aufweist, sind gewisse Spannungskonzentrationen, die grundsätzlich über der zulässigen Fließspannung des Materials liegen, nicht zu vermeiden. Aus diesem Grund werden die Spannungsspitzen analysiert und beurteilt. Entscheidend für die Beurteilung der Stellen sind dabei die Grösse des plastischen Bereiches, der eigentliche Wert der Spannungskonzentration sowie die Umlagerungsmöglichkeiten des Systems.

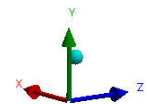
Beurteilung der Spannungen

Die Vergleichsspannungen sind am Limit, aber modellbedingt tolerierbar.
Die hohen Spannungsspitzen von bis zu 592.31 N/mm² konzentrieren sich auf sehr kleine Gebiete.

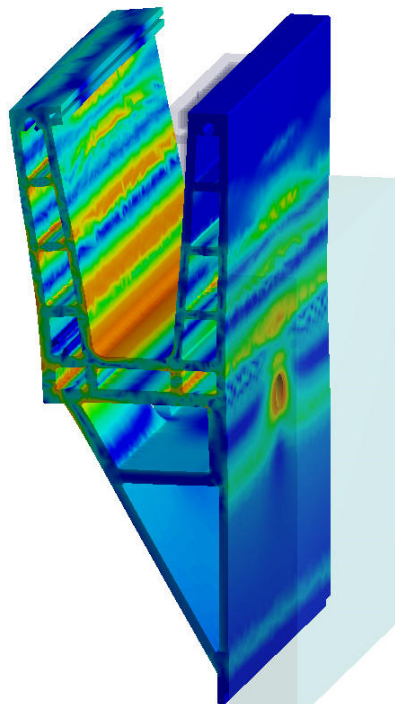
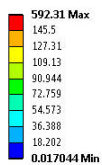
H: Easy Glass Max Seitenmontage Y 3.0 kN/m
Vergleichsspannung
Typ: Vergleichsspannung (von Mises)
Einheit: MPa
Zeit: 1
26.03.2015 15:21



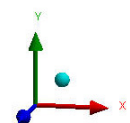
ANSYS
R15.0



H: Easy Glass Max Seitenmontage Y 3.0 kN/m
Vergleichsspannung
Typ: Vergleichsspannung (von Mises)
Einheit: MPa
Zeit: 1
26.03.2015 15:21

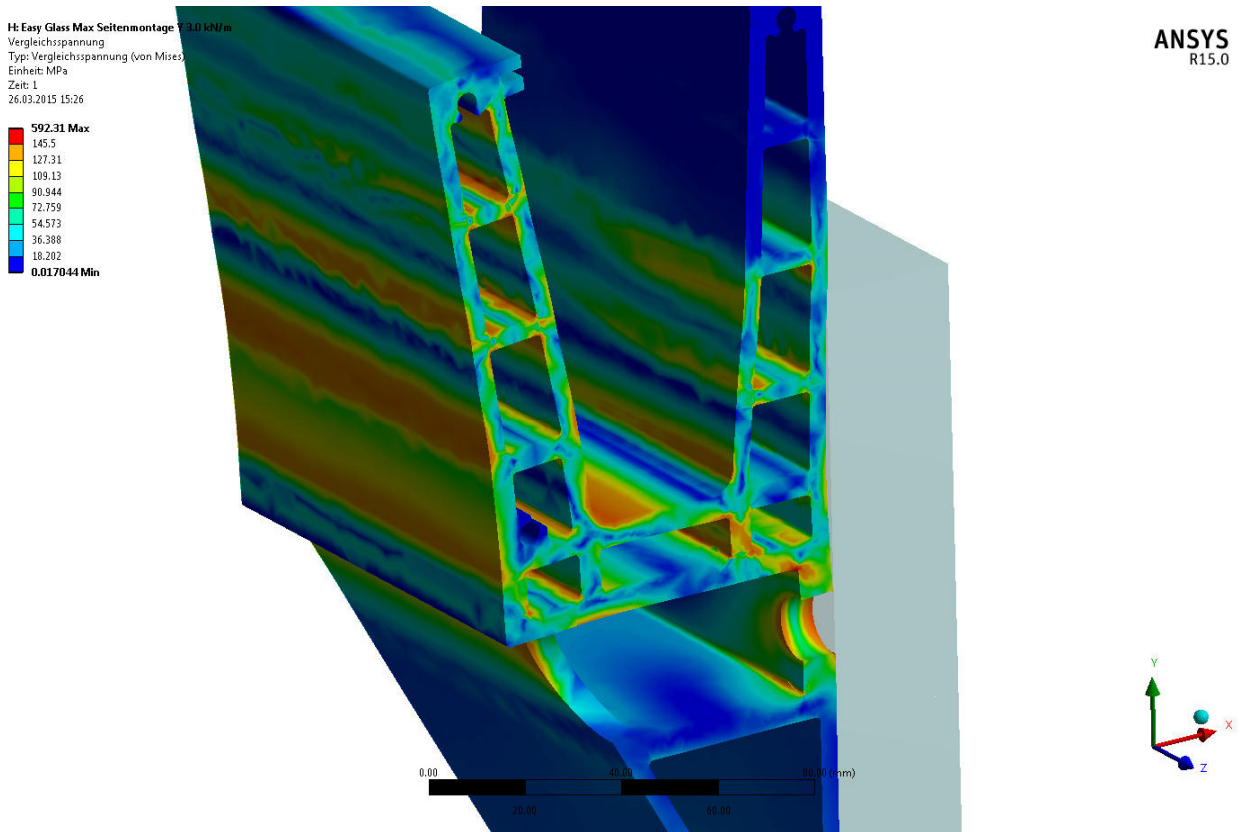


ANSYS
R15.0



Schnitt im Bereich der maximalen Spannungen

Der Schnitt durch den Bereich mit der maximalen Spannung zeigt, dass die Überschreitung der Fließgrenze nicht über die gesamte Bauteildicke stattfindet, jedoch am Limit ist. Die Tragsicherheit des Seitenprofils ist erfüllt.



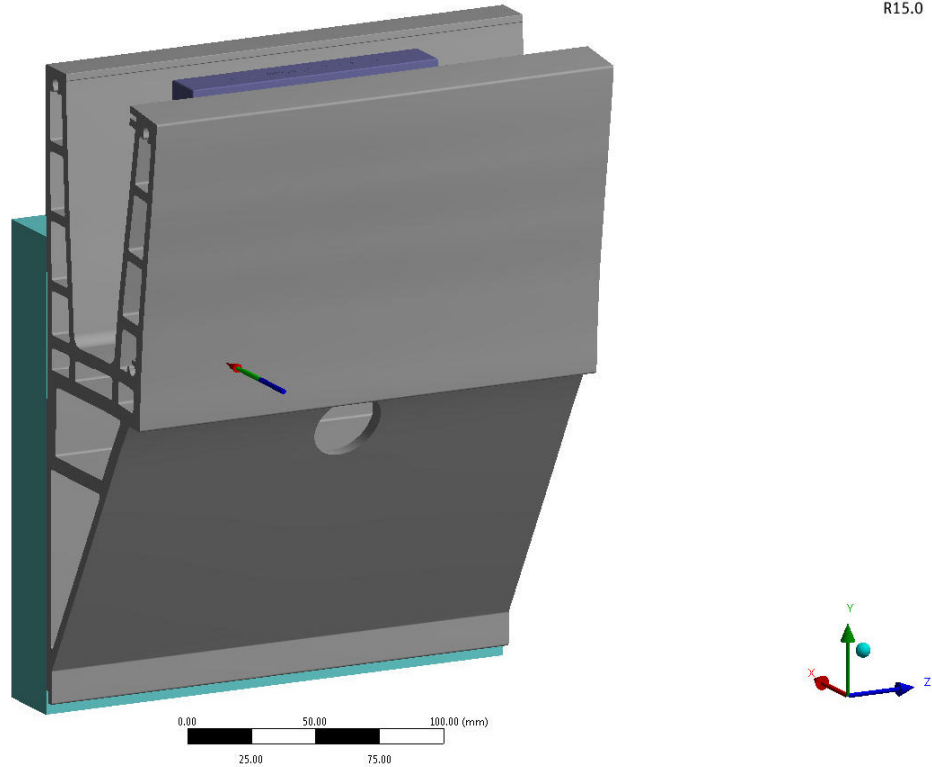
Kraftreaktion

Die resultierenden Kraftreaktionen aus der Berechnung muss als Verankerungslast in den Untergrund eingeleitet werden.

Die Lasten beziehen sich auf eine Dübelanordnung im Achsabstand von 200mm.

H: Easy Glass Max Seitenmontage Y 3.0 kN/m
Kraftreaktion
26.03.2015 15:26

ANSYS
R15.0



Zu verankernde Lasten in den Untergrund

| Reaktion | Glasaufbau | Holmlast 1.6 kN/m | Holmlast 3.0 kN/m |
|-------------------|------------|-------------------|-------------------|
| Zuglast N_{Ed} | (1) / (2) | 13.372 kN | - |
| Querlast V_{Ed} | (1) / (2) | 0.172 kN | - |
| Zuglast N_{Ed} | (3) | - | 26.350 kN |
| Querlast V_{Ed} | (3) | - | 0.172 kN |

5. Fazit

Die Bauart darf für die in Kapitel „Gegenstand und Verwendungsbereich“ definierten Anwendungen eingesetzt werden. Sämtliche notwendigen Nachweise konnten erbracht werden.

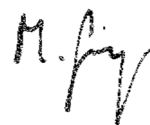
5.1. Einschränkungen

Für Anwendungsbereiche, bei denen höhere oder in der vorliegenden Berechnung nicht berücksichtigte Einwirkungen auf die Bauart einwirken, ist ein separater Nachweis zu führen.

Weiter sind die Verankerungen in den Untergrund anhand der oben aufgeführten Lasten nachzuweisen. Dazu sind die jeweiligen Randbedingungen wie die Betonqualität, gerissener oder ungerissener Bereich des Untergrundes, Lage der Armierung usw. zu berücksichtigen.

Ort, Datum: Zürich, 2. April 2015

feroplan engineering ag



Marco Singer
BSc FHO Bauingenieur

GOOD LUCK WITH
YOUR INSTALLATION!

VIEL ERFOLG MIT
IHRER MONTAGE!

SUCCES MET
DE INSTALLATIE!