wörner nordhues
engineering

STATISCHE BERECHNUNG

Projekt Nr.:	17-0052	Revision:	A
Projekt:	Vordach MOTIVO		
Auftraggeber:	Süd-Metall Beschläge GmbH Sägewerkstrasse 5 83404 Ainring/Hammerau		
Bericht:	1		
Seiten:	38 + 174 Seiten Anlage		
Datum:	12.12.2018		
	17.05.2021 Rev. A		

Projektleiter: Prof. Dr.-Ing. Hans-Werner Nordhues

Projektbearbeiter: Dipl.-Ing. René Siegrist

Interner Prüfer: Dr.-Ing. Julia Schömbs

Inhaltsverzeichnis

1 Auftrag und Veranlassung 3

2 Systembeschreibung und Lastannahmen 5

3 Material und Sicherheitsbeiwerte: 8

4 Anforderungen an Linienförmig gelagerte Horizontalverglasungen .. 10

5 Nachweis der Überkopfverglasungen 13

5.1 Lastannahmen 13
5.2 Berechnung der Überkopfverglasung und Profil 14
5.2.1 Allgemeines 14
5.2.2 Ermittlung der Ersatzdicke für Scheiben mit SGP-Folie 14
5.2.3 Ermittlung der Federsteifigkeiten für die Glasberechnung 15
5.2.4 Zusammenfassung der Scheibentragfähigkeit 31
5.2.5 Nachweis des Profils 32
5.2.6 Nachweis der Dübel 35

6 Zusammenfassung 37

8 Anlage 38

1 Auftrag und Veranlassung

Wir wurden von der Firma Süd-Metall Beschläge GmbH beauftragt, eine Systemstatik für ein auf einer langen Seite eingespanntes Vordachsystem zu erstellen.

Entsprechend der derzeit bauaufsichtlich eingeführten technischen Baubestimmungen werden die Nachweise für das Glas nach DIN 18008 und die Nachweise für Aluminium und die Befestigung im Untergrund nach den entsprechenden Eurocodes geführt. Die Nachweise für Edelstahlbauteile erfolgen entsprechend der Zulassung Z-30.3-6 bzw. Eurocode 3.

Revision A: Ergänzung bezüglich Anforderungen in Österreich.

Unterlagen

[1] DIN EN 1990: Eurocode: Grundlagen der Tragwerksplanung, Dezember 2010.
[2] DIN EN 1990/NA: Nationaler Anhang – National festgelegte Parameter - Eurocode: Grundlagen der Tragwerksplanung, Dezember 2010.
[3] DIN EN 1991-1-1: Eurocode 1: Einwirkungen auf Tragwerke – Teil 1-1: Allgemeine Einwirkungen auf Tragwerke – Wichten, Eigengewicht und Nutzlasten im Hochbau, Dezember 2010.
[4] DIN EN 1991-1-1/NA: Eurocode 1: Nationaler Anhang – National festgelegte Parameter - Einwirkungen auf Tragwerke – Teil 1-1: Allgemeine Einwirkungen auf Tragwerke – Wichten, Eigengewicht und Nutzlasten im Hochbau, Dezember 2010.
[5] DIN EN 1991-1-4: Eurocode 1: Einwirkungen auf Tragwerke – Teil 1-4: Allgemeine Einwirkungen - Windlasten, Dezember 2010.
[6] DIN EN 1991-1-4/NA: Eurocode 1: Nationaler Anhang – National festgelegte Parameter - Einwirkungen auf Tragwerke – Teil 1-4: Allgemeine Einwirkungen - Windlasten, Dezember 2010.
[7] DIN EN 1993-1-1: Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten – Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau, Dezember 2010.
[8] DIN EN 1999-1-1: Eurocode 9: Bemessung und Konstruktion von Aluminiumtragwerken – Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln, Mai 2010.
[9] DIN EN 1999-1-1/NA: Nationaler Anhang – National festgelegte Parameter – Eurocode 9: Bemessung und Konstruktion von Aluminiumtragwerken – Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln, Dezember 2010.
[10] DIN 18008-1: Glas im Bauwesen - Bemessungs- und Konstruktionsregeln – Teil 1: Begriffe und allgemeine Grundlagen, Dezember 2010.
[11] DIN 18008-2: Glas im Bauwesen - Bemessungs- und Konstruktionsregeln – Teil 2: Linienförmig gelagerte Verglasungen, Dezember 2010.
[12] DIN 18008-3: Glas im Bauwesen - Bemessungs- und Konstruktionsregeln – Teil 3: Punktförmig gelagerte Verglasungen, Juli 2013.
[13] DIN 18008-4: Glas im Bauwesen, Bemessungs- und Konstruktionsregeln Teil 4: Zusatzanforderungen an absturzsichernde Verglasungen, Juli 2013.
[14] Deutsches Institut für Bautechnik: Europäische Technische Zulassung ETA-05/0069, Fischer Ankerbolzen FAZ II, Juni 2013.
[15] Deutsches Institut für Bautechnik: Europäische Technische Zulassung ETA-07/0025, Fischer Hochleistungsanker FH II, FH II-I, Oktober 2012.
[16] Planungsunterlagen der Süd-Metall Beschläge GmbH.
[17] Zulassung Z-70.3-170, Verbund-Sicherheitsglas aus SentryGlas SG5000 mit Schubverbund, gültig bis April 2020.
[18] P-18-016: Prüfbericht des DGIs (Deutsches Glasbau Institut) vom 10.12.18

2 Systembeschreibung und Lastannahmen

System:
Eingespanntes Vordachsystem MOTIVO

Bei der nachzuweisenden Konstruktion handelt es sich um ein an einer Kante der Verglasung eingespanntes Vordach. Das Vordach wird über Dübel oder Schrauben an der Unterkonstruktion befestigt. Die Scheibe wird über ein Klemmprofil aus Aluminium EN-AW 6063 T66 eingespannt. Die Scheibe liegt ca. 70 mm auf dem unteren Schenkel des Einspannprofils auf. Der obere Schenkel des Profils umfasst die Scheibe auf einer Tiefe von ca. 35 mm über die gesamte eingespannte Glaskante. Das Glas wird über Glasaufnehmer im Profil gehalten. Die Glasaufnehmer haben eine Breite von 100 mm und werden alle 200 mm eingebaut. Die untere Scheibe der aus TVG bestehenden VSG-Verglasung wird an zwei Stellen im Auflagerbereich durchbohrt. Die Bohrung hat einen Durchmesser von 18 mm. In dieses Loch wird ein Sicherungsbolzen zur mechanischen Sicherung gesteckt, so dass die Scheibe im Falle des Versagens gegen Absturz gesichert ist. Der Kontakt Glas-Aluminium wird über Dichtungen aus EPDM oder Formteile aus POM verhindert.

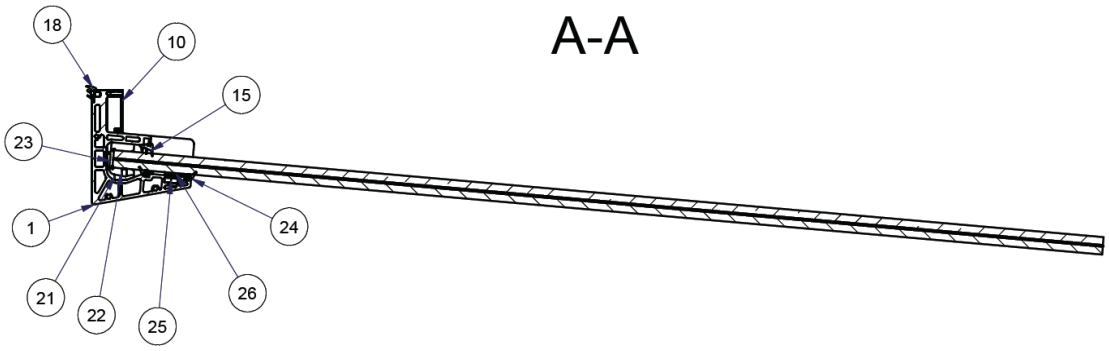


Abbildung 1: Vordachsystem Seitenansicht

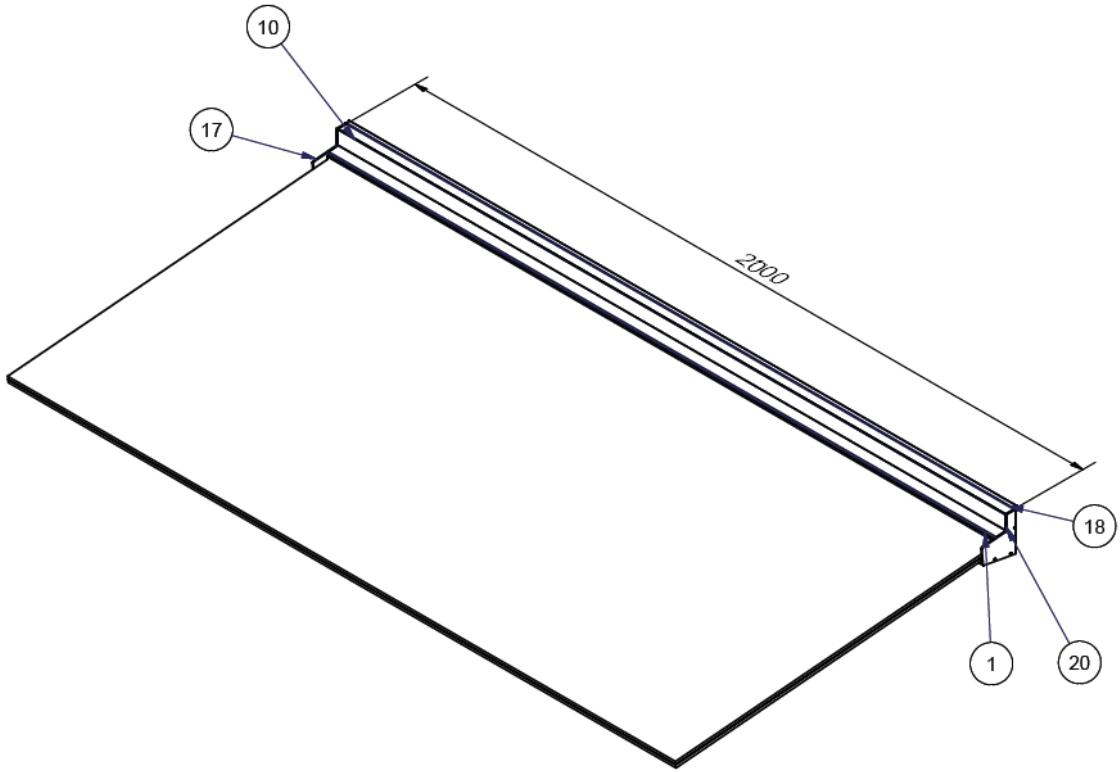


Abbildung 2: Vordachsystem Isometrie

Tabelle 1: Komponentenliste Vordach

Teil	Menge	BAUTEILNUMMER	BEZEICHNUNG	MATERIAL	MASSE
26	2	52.21.5240	Sicherungshülse	POM (schwarz)	0,001 kg
25	2	DIN 933 - M8 x 10	Sechskantschraube	A2-70	0,010 kg
24	2	50.16.0440	Gummidichtung 2100mm	EPDM schwarz (Shore 60)	0,111 kg
23	8	52.21.5220	Aufnahme für 17,52mm	POM (schwarz)	0,053 kg
22	2	52.21.5210	Aushebesicherungsstift	POM (schwarz)	0,000 kg
21	2	52.21.5200	Aushebesicherung	POM (schwarz)	0,010 kg
20	1	52.21.5050	Endkappe rechts	EN AW- 6063 T66 (Edelstahloptik E6/C-31)	0,060 kg
18	1	50.16.0360	Gummidichtung 2100mm	EPDM schwarz (Shore 60)	0,150 kg
17	1	52.21.5040	Endkappe links	EN AW- 6063 T66 (Edelstahloptik E6/C-31)	0,060 kg
15	1	50.16.0400	Gummiidichtung 2100mm	EPDM schwarz (Shore 60)	0,186 kg
10	1	52.21.5030	Blende Länge 2000mm	EN AW- 6063 T66 (Edelstahloptik E6/C-31)	0,694 kg
1	1	52.21.5010	Vordachprofil Länge 2000mm	EN AW- 6063 T66 (Edelstahloptik E6/C-31)	11,330 kg

Es ist geplant das Vordach mit drei unterschiedlichen Auskragungen anzubieten.

h_1 = 800 mm
h_2 = 1000 mm
h_3 = 1100 mm

Der Scheibenaufbau variiert je nach Auskragung und statischer Beanspruchung.

Folgende Scheibenaufbauten sind für den Einbau geplant.

A1: 2 x 8 mm VSG aus TVG mit 1,52 mm PVB – Folie
A2: 2 x 8 mm VSG aus TVG mit 1,52 mm SGP – Folie
A3: 2 x 10 mm VSG aus TVG mit 1,52 mm SGP – Folie

Die geplanten Scheibenbreiten betragen 2 m bis 3 m. Der Nachweis der Scheiben erfolgt an einem 2 m breiten System.

3 Material und Sicherheitsbeiwerte:

Material:

Gläser:
VSG aus TVG mit 2x8 mm bzw. 2x10 mm mit 1,52 mm PVB- bzw. SGP-Folie. Die Abmessungen sind durch die statische Tragfähigkeit begrenzt.

E-Modul: 70000 N/mm²
Charakteristische Biegefestigkeit f_k: 70 N/mm²

Tragwiderstände nach DIN 18008-1 für VSG aus TVG

$\sigma_{Rd} = (k_c \times f_k) / \gamma_M$ mit $k_c = 1,0$
$\gamma_M = 1,5$

σ_{Rd} = (1,0 x 70 N/mm²) / 1,5 = 46,67 N/mm² für VSG-Scheiben aus TVG mit SGP-Folie.

Nach DIN 18008-1, 8.3.9 darf bei der Verwendung von VSG aus TVG mit PVB-Folie der Bemessungswert des Tragwiderstandes um 10 % erhöht werden. Daraus ergibt sich für VSG-Scheiben aus TVG mit PVB-Folie:

σ_{Rd} = 1,1 x (1,0 x 70 N/mm²) / 1,5 = 51,3 N/mm²

Tragwiderstände nach ÖNORM B 3716-1 für VSG aus TVG

$\sigma_{Rd} = (k_{mod} \times k_c \times f_k) / \gamma_M$ mit $k_{mod} = 1,0$
$k_c = 1,0$
$\gamma_M = 1,5$

σ_{Rd} = (1,0 x 1,0 x 70 N/mm²) / 1,5 = 46,67 N/mm² für VSG-Scheiben aus TVG mit SGP-Folie.

Nach ÖNORM B 3716-1, 8.2 darf bei der Verwendung von VSG aus TVG mit PVB-Folie ein Schubverbund mit G = 0,4 N/mm² angesetzt werden.

Unter dem Ansatz eine Schubverbundes mit G = 0,4 N/mm² nach ÖNORM erhöht sich der Tragwiderstand der VSG-Scheiben um mehr als 10 %.
Der statische Nachweis nach der österreichischen Norm (ÖNORM B 3716-1) gilt als erfüllt, wenn der Nachweis nach deutscher Norm erfolgreich geführt werden kann.

Sämtliche Teilsicherheitsbeiwerte sind in Deutschland und Österreich identisch.

EPDM:
Shore Härte: 80° ± 5
E-Modul: 12,5 N/mm² berechnet nach [12]

POM:
E-Modul: 3000 N/mm²

Aluminium:

E-Modul: 70000 N/mm^2

0,2% Dehngrenze: f_o = 200 N/mm^2
Zugfestigkeit: f_u = 245 N/mm^2

σ_{Rd} = min (245 N/mm^2/1,25; 200 N/mm^2/ 1,1) = 181,82 N/mm^2

Sicherheitsbeiwerte Einwirkungsseite

Für Eigengewicht:

γ = 1,35 für ungünstig wirkend
γ = 1,0 für günstig wirkend

Für Verkehrslasten:

Es wurde direkt der Designwert ermittelt. Die Belastung ist gemäß den aktuellen technischen Baubestimmungen zu ermitteln.

4 Anforderungen an Linienförmig gelagerte Horizontalverglasungen

Die Anforderungen an linienförmig gelagerte Verglasungen werden sowohl in der deutschen als auch in der österreichischen Norm geregelt.

In diesem Kapitel werden die Anforderungen an horizontale Verglasungen aus VSG-Scheiben untersucht. Hierbei werden die maßgebenden Anforderungen aus Deutschland mit den Anforderungen aus Österreich gegenübergestellt.

Horizontalverglasung nach DIN 18008:
Verglasungen, deren Neigung gegenüber der Vertikalen > 10° (nach DIN 18008-1, 1) beträgt.

Horizontalverglasung nach ÖNORM B 3716:
Verglasungen, deren Neigung gegenüber der Vertikalen > 15° (nach ÖNORM B 3716-2, 4.2) beträgt.

In der folgenden Tabelle sind die konstruktiven Vorgaben nach deutscher Norm (DIN 18008-2) und österreichischen Norm (ÖNORM B 3716-2 und OIB-Richtlinie 4) gegenübergestellt.

Tabelle 2: Gegenüberstellung der Anforderungen Deutschland und Österreich

Untersuchtes Kriterium	Anforderung Deutschland	Anforderung Österreich	Anmerkung
Spannweite größer 1,2 m	VSG Scheiben mit einer Stützweite von mehr als 1,2 m sind allseitig zu lagern. (18008-2, Anhang B1.2)	Horizontalverglas-ungen aus VSG sind allseitig gelagert auszuführen oder es muss ein Resttragfähigkeitsna chweis erbracht werden. (ÖNORM B 3716-2, Kap. 8)	Der Nachweis der Resttragfähigkeit wurde im Rahmen der allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung (Z-70.3-257) erbracht und kann über die Süd-Metall Beschläge GmbH eingeholt werden.
Verbundsicher-heitsglas	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. DIN (18008-2, Kapitel 5.1)	Einfachverglasung-en […] müssen […] einer Neigung von mehr als 15 Grad, gemessen von der Vertikalen, aus geeignetem Verbund-Sicherheitsglas bestehen […] OIB-Richtlinie 4, (Kap. 5.3.1)	Es werden VSG-Scheiben mit 1,52 mm PVB-Folie eingesetzt oder Scheiben mit SGP-Folie nach Zulassung Z-70.3-170.

Verwendung von PVB-Folien für VSG-Scheiben	Nenndicke ≥ 0,76 mm Bei allseitiger Lagerung von Scheiben mit einer maximalen Stützweite in Haupttragrichtung von 0,8 m darf auch eine Zwischenfolie mit einer Nenndicke von 0,38 mm verwendet werden. (Anhang B1.2)	Gesamtdicke ≥ 0,76 mm (ÖNORM B 3716-2, Kap. 8)	Es werden VSG-Scheiben mit 1,52 mm PVB-Folie eingesetzt
Maximales Verhältnis zwischen den Glasdicken der lastabtragenden Einzelscheiben bei VSG-Scheiben		1 : 1,5 (ÖNORM B 3716-2, Kap. 8)	Das Verhältnis ist 1:1
Horizontal-verglasungen		Im Fall des Versagens der oberen Scheibe der VSG-Einheit hat die untere Scheibe die Eigengewichtslast der zerstörten Scheibe zu übernehmen. (ÖNORM B 3716-2, Kap. 8)	Siehe Seite 12

Weitere Anforderungen nach OIB-Richtlinie 4, Kap. 5:

- Bei geneigten Dächern sind bauliche Maßnahmen gegen das Abrutschen von Schnee und Eis auf Nachbargrundstücke und allgemein zugängliche Bereiche zu treffen. (Kap. 5.2)

Die Anforderungen der in Deutschland eingeführten Normen gegenüber den in Österreich geltenden Normen sind größtenteils identisch oder übertragbar, so dass nachfolgende statische Nachweise der linienförmig gehaltenen Überkopfverglasung für einen Standort in Österreich ebenfalls gelten.

Nachweis Versagen der oberen Scheibe

Ein Unterschied der nach deutschen Normen bisher nicht betrachtet wurde ist, dass der Ausfall der oberen Scheibe betrachtet werden muss. Hierbei wird das Eigengewicht der defekten Scheibe als externe Last betrachtet. Der Lastfall ist als außergewöhnlicher Lastfall zu betrachten. Für diesen Fall darf der Teilsicherheitsbeiwert γ_m mit 1,1 angenommen werden.

Die kleinste Tragfähigkeit einer VSG - Scheibe beträgt 1,46 kN/m², siehe Seite 30. Somit trägt jede Scheibe der VSG – Einheit 1,46 kN/m²/2 = 0,73 kN/m².
Das Gewicht der schwersten Scheibe beträgt 25 kN/m² x 0,01 m = 0,25 kN/m²

Der Sicherheitsfaktor beträgt 0,73/0,25 = 2,9 > 1,1

Der Nachweis ist erfüllt.

Die hier geführten statischen Nachweise gelten sowohl für Österreich und Deutschland. Geforderte Resttragfähigkeitsversuche wurden im Rahmen der Erlangung der Zulassung Z-70.3-257 erbracht.

Allgemeine Anmerkung

Nach Rücksprache mit dem OIB Herrn Dr. Fuchs müssen die statischen Anforderungen und die Anforderungen an die Baustoffe erfüllt sein, um das Vordach in Österreich einzubauen. Dies ist aus unserer Sicht gegeben.

Allerding merkte Herr Fuchs an, dass für jedes Bauvorhaben die Bundesländer die letzte Zustimmungsinstanz sind.

5 Nachweis der Überkopfverglasungen

5.1 Lastannahmen

LF1 Eigengewicht:

25 kN/m^3 wird programmintern berücksichtigt.

LF2 Auflast aus Verkehr:

Es wurde eine konstante Flächenlast aufgebracht und bis zum Erreichen der zulässigen Spannung gesteigert.

5.2 Berechnung der Überkopfverglasung und Profil

5.2.1 Allgemeines

Die Überkopfverglasungen wurden mit dem Programm RFEM berechnet. Die Neigung des Vordachs beträgt ca. 5° zur Horizontalen. Dieser Winkel wurde bei der Berechnung vernachlässigt.
Die aufgebrachte konstante Flächenlast wurde bis zum Erreichen des Tragwiderstands gesteigert.
Es wird nur eine Scheibe der VSG-Einheit mit PVB-Folie eingegeben und berechnet. Auf diese Weise wird der Schubverbund der Scheiben nicht berücksichtigt.

Für die Scheiben mit SGP-Folie wurde mittels des Programms SJ Mepla eine Ersatzdicke berechnet. Mit dieser Ersatzdicke wurde die Berechnung in RFEM durchgeführt.

Das hier in der Statik betrachtete Versagensszenario bezieht sich nur auf statische Lasten, Resttragfähigkeiten wurden nicht berücksichtigt. Diese sind dem Prüfbericht [18] zu entnehmen.

5.2.2 Ermittlung der Ersatzdicke für Scheiben mit SGP-Folie

Es wurde die Vordachscheibe mit einer Auskragung von 1000 mm und mit einer Auskragung von 1100 mm errechnet. Die Scheibe wurde als VSG-Einheit mit einer Foliendicke von 1,52 mm berechnet. Das Schubmodul der Folie beträgt nach [17] 60 N/mm² für Lasten aus Schnee und Wind und 0 N/mm² für Lasten aus Eigengewicht.

Es wurden für jede Scheibe mit SGP-Folie, zwei Modelle untersucht.

Im ersten Modell wurde mittels des Programms SJ Mepla eine VSG-Scheibe mit SGP-Folie mit einer Höhe von 1000 mm und 1100 mm berechnet. Die Scheiben wurden unter einer Last von 1 kN/m² berechnet. Der Scheibenaufbau für die Scheibe mit 1000 mm Höhe betrug 2 x 8 mm und der Scheibenaufbau der Scheibe mit 1100 mm betrug 2 x 10 mm. Als Schubmodul wurden 60 N/mm² angesetzt. Die Folienstärke betrug 1,52 mm.

Bei der Fertigung der Scheibe ist darauf zu achten, dass eine SGP-Folie eingesetzt wird, bei der statisch die Verbundwirkung angesetzt werden darf.

Um eine Ersatzdicke zu ermitteln wurde in einem weiteren Modell iterativ eine Dicke einer Einzelscheibe ermittelt, welche die gleiche Verformung/ Steifigkeit aufweist wie die VSG-Scheibe bei einer identischen Abmessung und Belastung.

Für die VSG-Scheibe mit einer Höhe von 1000 mm wurde eine Ersatzdicke von 17,2 mm ermittelt.

Für die VSG-Scheibe mit einer Höhe von 1100 mm wurde eine Ersatzdicke von 21,2 mm ermittelt.

5.2.3 Ermittlung der Federsteifigkeiten für die Glasberechnung

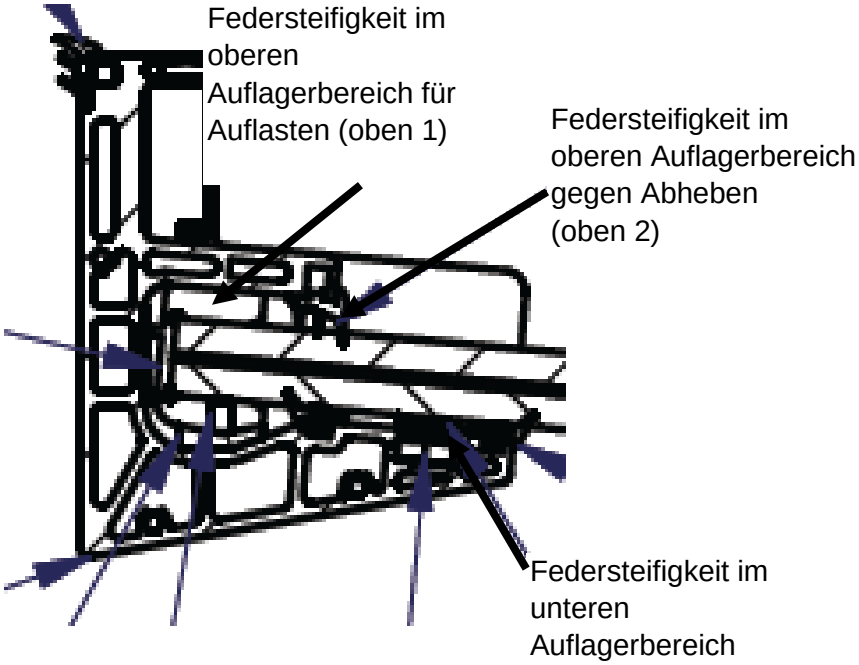


Abbildung 3: Auflagersituation des Vordachprofils

Es wurde die Federsteifigkeit des Profils im unteren Auflagerbereich mit dem Programm Solidworks ermittelt. Hierzu wurde eine Linienlast von 10 kN/m aufgebracht. Mittels der errechneten Verformung wurde die Federsteifigkeit des Auflagers ermittelt.

System:

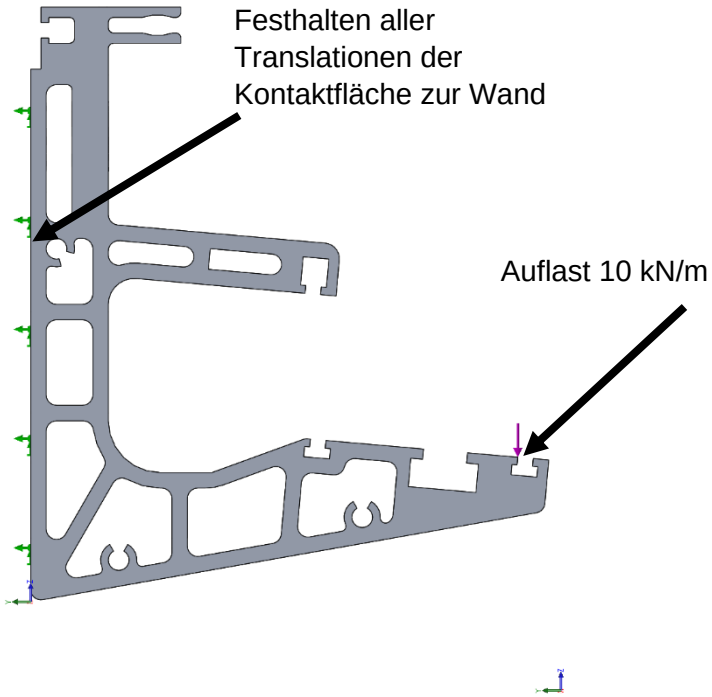


Abbildung 4: Lagerung und Last zur Ermittlung der Federsteifigkeit

Errechnete Verformungen unter 10 kN/m:

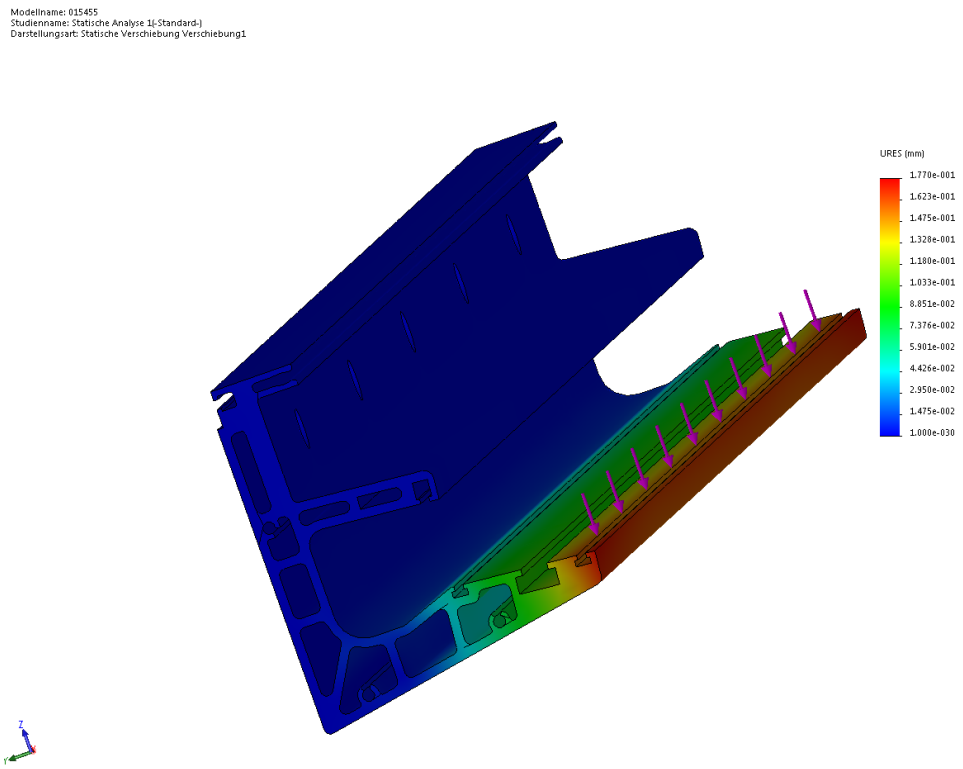


Abbildung 5: Verformung unter 10 kN/m

Max. Verformung 0,177 mm.
Daraus ergibt sich eine Federsteifigkeit von:
10 kN/0,177 mm x 1000 mm/m = 56497 kN/m

Für das Auflager im oberen Bereich wurde eine Flächenbettung von 1000000 kN/m³ für jeden Glasaufnehmer angesetzt.

Spannungsanalyse in RFEM 4 von Dlubal

Modell RFEM:

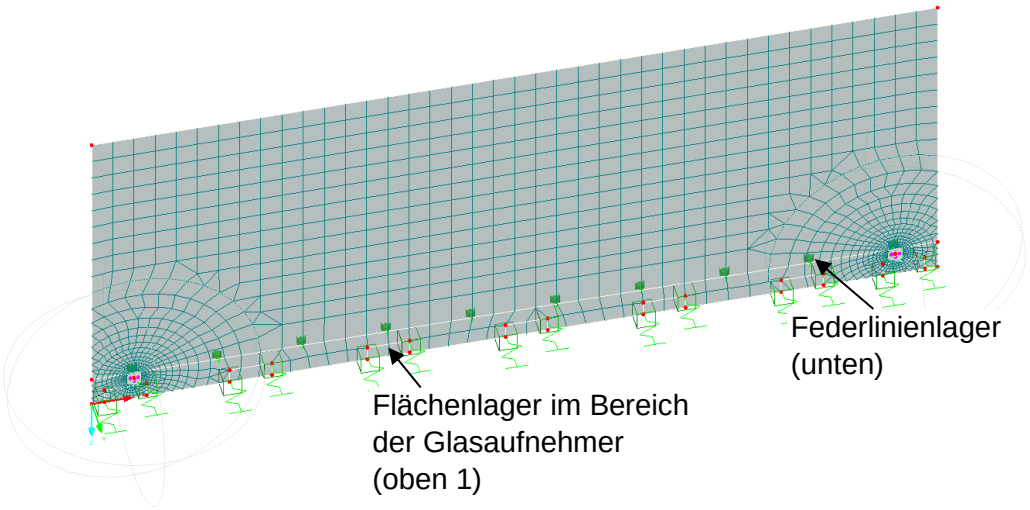


Abbildung 6: System in RFEM

Detail Flächenlager:

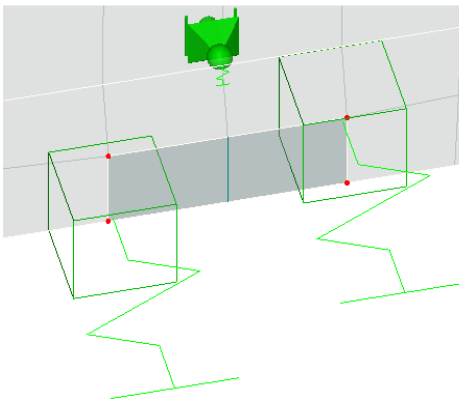


Abbildung 7: Verformung unter 10 kN/m

Die Flächenlager entsprechen in ihrer Geometrie den Glasaufnehmern

Netz im Bereich des Loches:

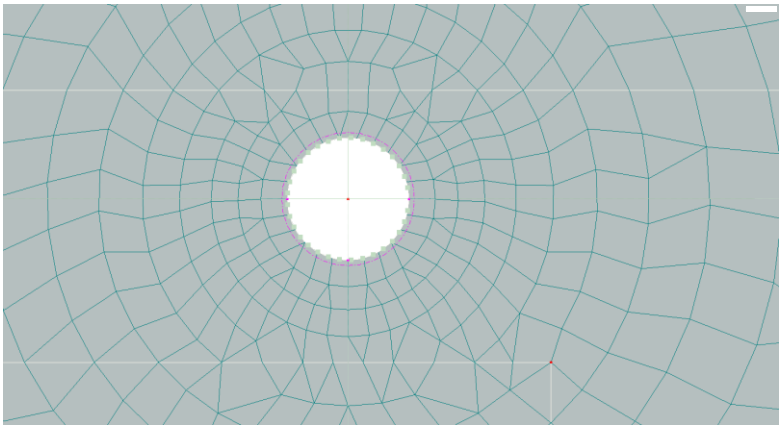


Abbildung 8: Detail Netz im Lochbereich

Spannungsermittlung

Scheibenhöhe 1100 mm – 2 x 10 mm VSG aus TVG mit SGP-Folie:

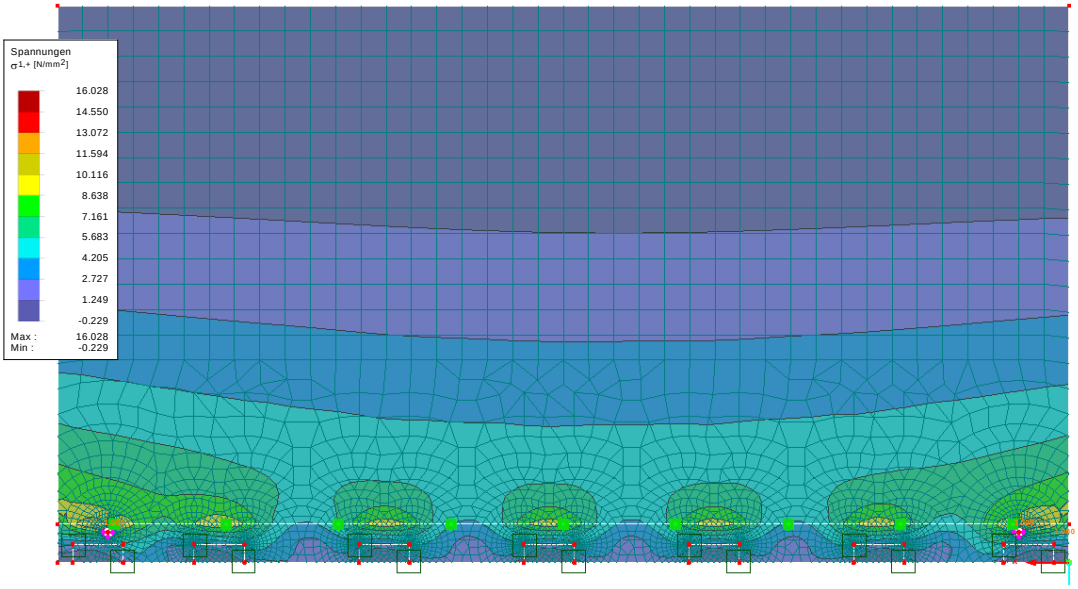


Abbildung 9: Spannung unter 1 kN/m² bei einer Ersatzdicke von 21,2 mm (Berücksichtigung des Schubverbunds)

max σ = 16,03 N/mm² ohne Eigengewicht

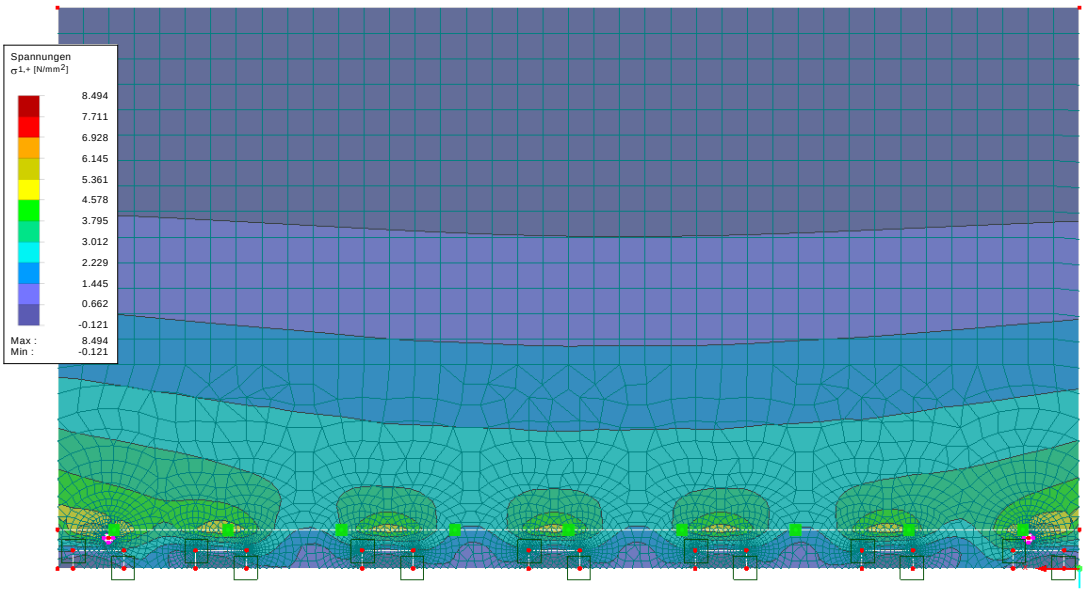


Abbildung 10: Spannung unter Eigengewicht bei einer Ersatzdicke von 21,2 mm (Berücksichtigung des Schubverbunds)

max σ = 8,49 N/mm² mit 1,0 fachem Eigengewicht ohne Auflast.

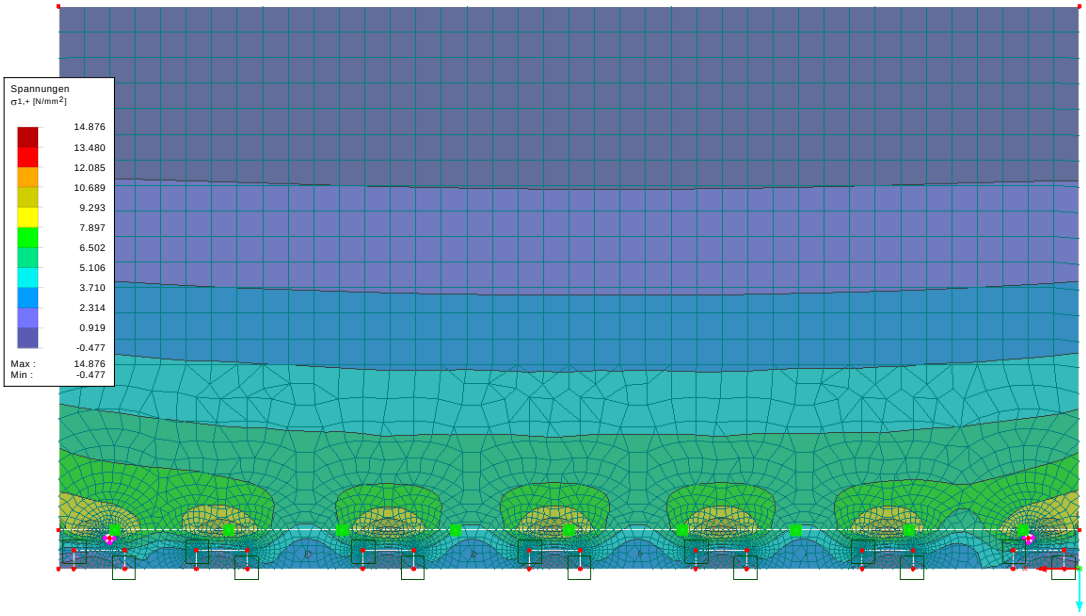


Abbildung 11: Spannung unter Eigengewicht bei einer Dicke von 10 mm (keine Berücksichtigung des Schubverbunds)

max σ = 14,88 N/mm² < 46,7 N/mm²

Ermittlung der maximalen Auflast für die Scheibe:
46,7 N/mm² - 1,35 x 8,49 N/mm² = 35,2 N/mm²

35,2 N/mm²/ 16,03 N/mm² = 2,2

Das Vordach kann eine Designlast aus Verkehr von 2,2 kN/m² aufnehmen.

Scheibenhöhe 1000 mm – 2 x 10 mm VSG aus TVG mit SGP-Folie:

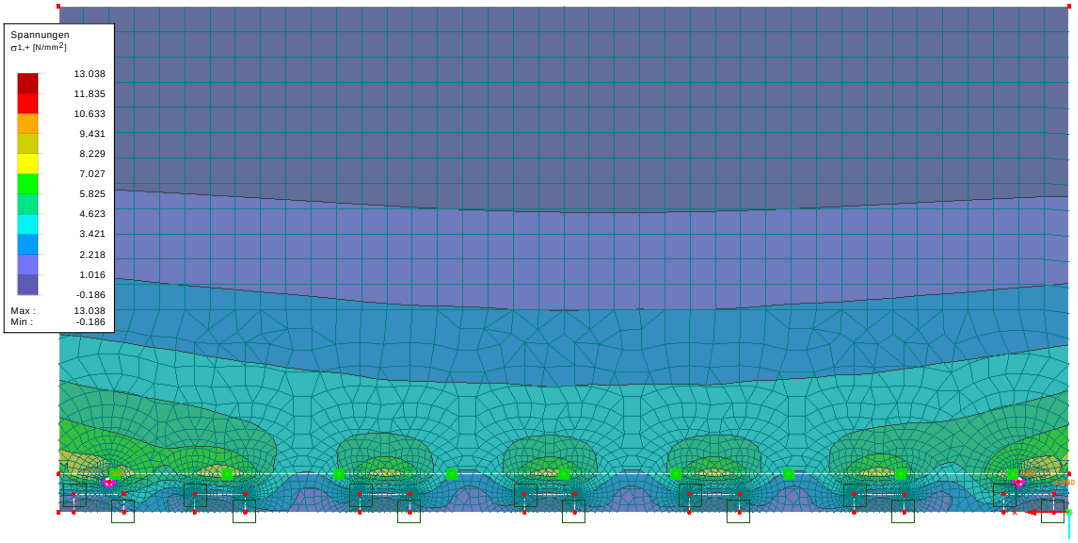


Abbildung 12: Spannung unter 1 kN/m² bei einer Ersatzdicke von 21,2 mm (Berücksichtigung des Schubverbunds)

max σ = 13,04 N/mm² ohne Eigengewicht

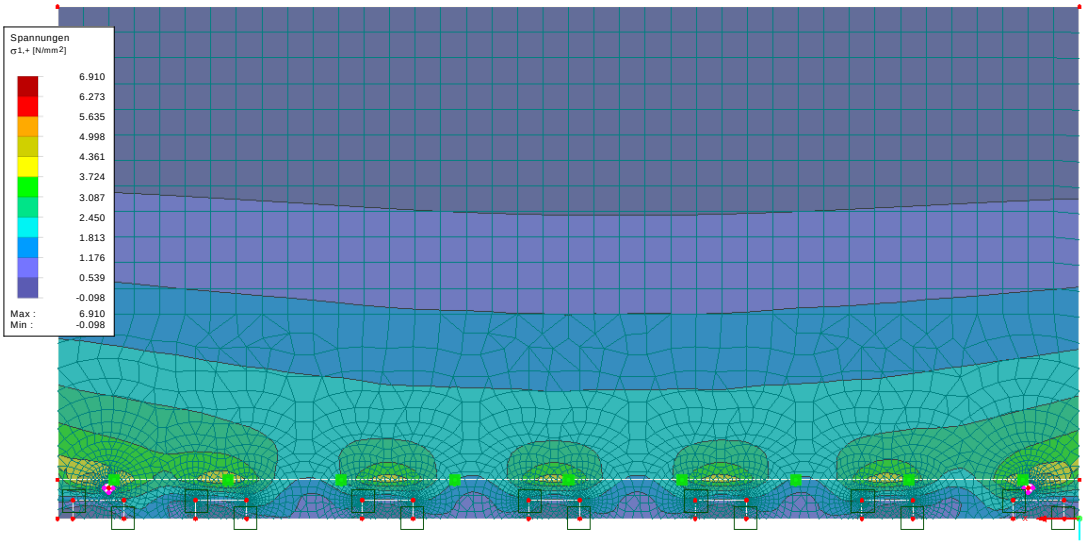


Abbildung 13: Spannung unter Eigengewicht bei einer Ersatzdicke von 21,2 mm (Berücksichtigung des Schubverbunds)

max σ = 6,91 N/mm² mit 1,0 fachem Eigengewicht ohne Auflast.

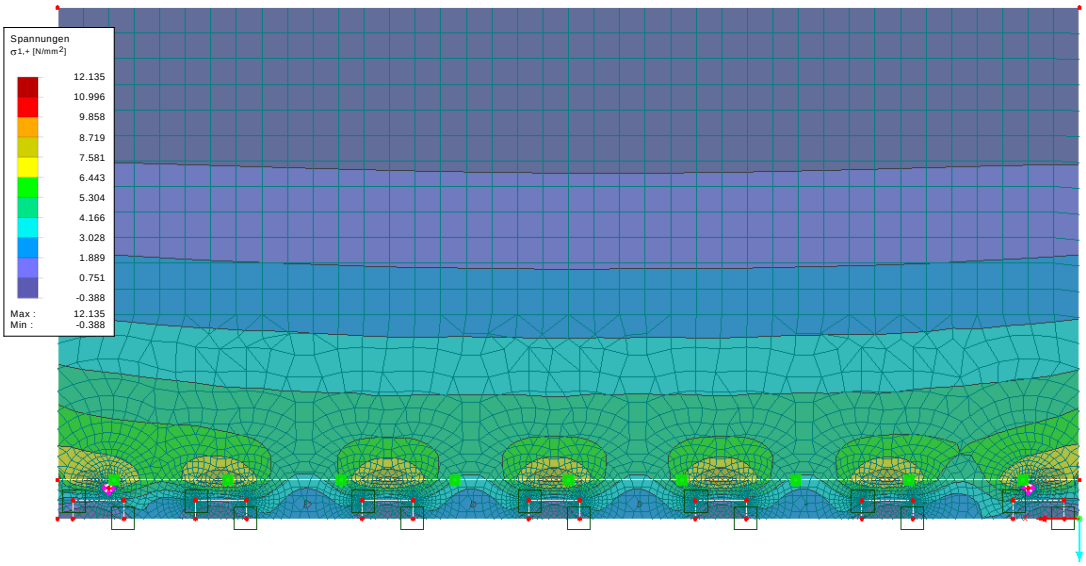


Abbildung 14: Spannung unter Eigengewicht bei einer Dicke von 10 mm (keine Berücksichtigung des Schubverbunds)

max σ = 12,135 N/mm² < 46,7 N/mm²

Ermittlung der maximalen Auflast für die Scheibe:
46,7 N/mm² - 1,35 x 6,91 N/mm² = 37,37 N/mm²

37,37 N/mm²/ 13,04 N/mm² = 2,86

Das Vordach kann eine Designlast aus Verkehr von 2,86 kN/m² aufnehmen.

Scheibenhöhe 1000 mm – 2 x 8 mm VSG aus TVG mit SGP-Folie:

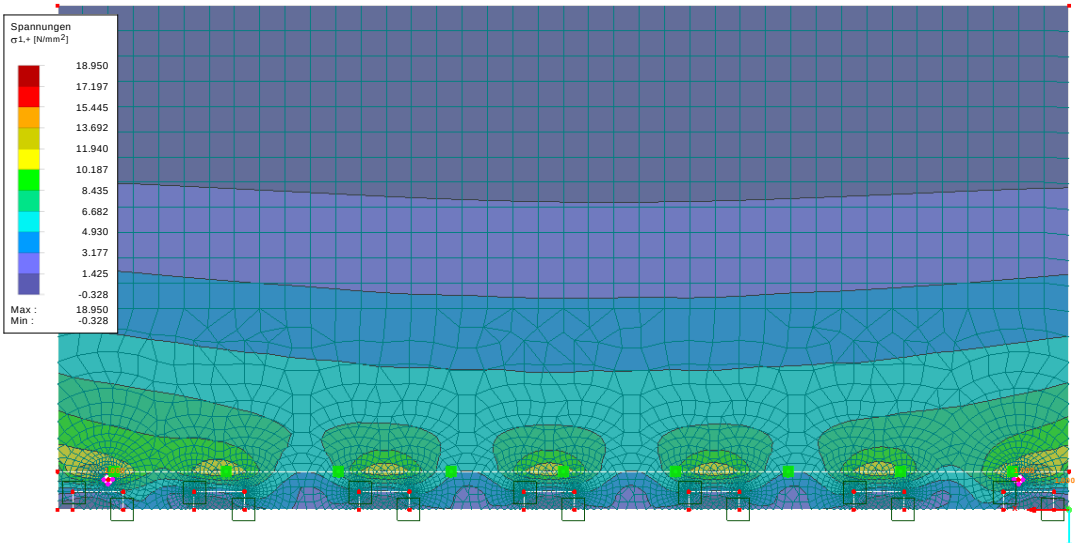


Abbildung 15: Spannung unter 1 kN/m² bei einer Ersatzdicke von 17,2 mm (Berücksichtigung des Schubverbunds)

max σ = 18,95 N/mm² ohne Eigengewicht

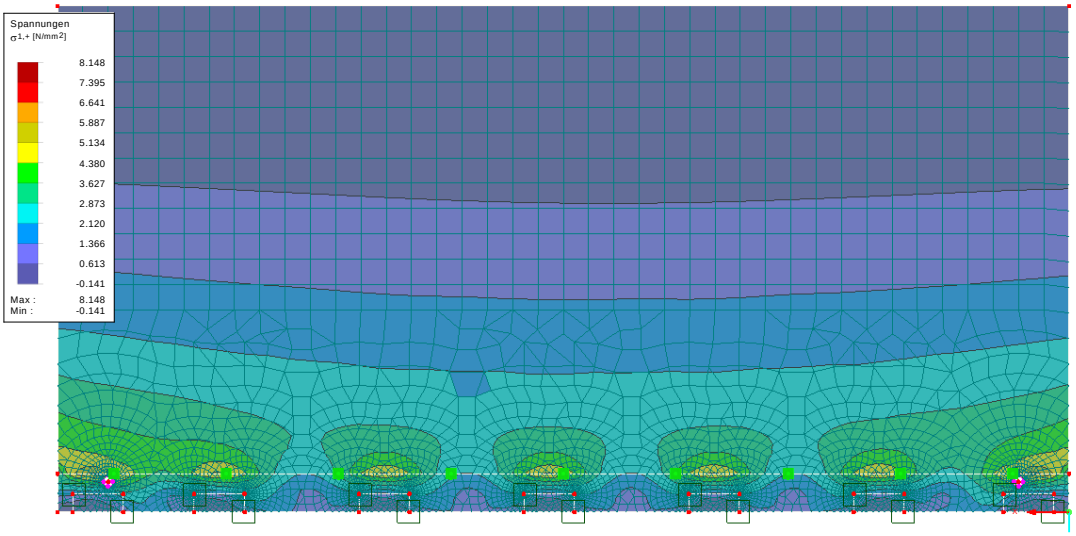


Abbildung 16: Spannung unter Eigengewicht bei einer Ersatzdicke von 17,2 mm (Berücksichtigung des Schubverbunds)

max σ = 8,15 N/mm² mit 1,0 fachem Eigengewicht ohne Auflast.

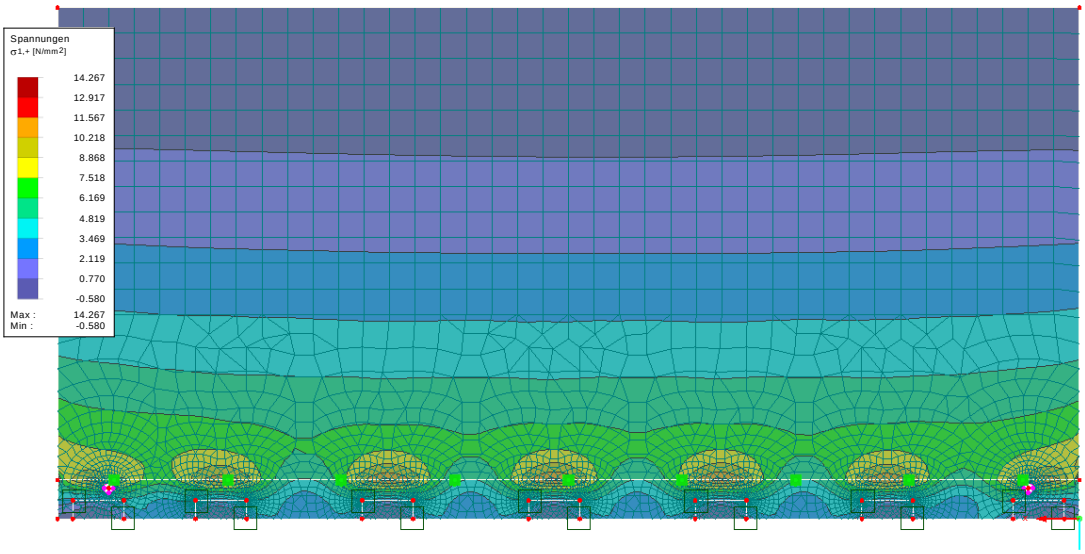


Abbildung 17: Spannung unter Eigengewicht bei einer Dicke von 8 mm (keine Berücksichtigung des Schubverbunds)

max σ = 14,27 N/mm² < 46,7 N/mm²

Ermittlung der maximalen Auflast für die Scheibe:
46,7 N/mm² - 1,35 x 8,15 N/mm² = 35,7 N/mm²

35,7 N/mm²/ 18,95 N/mm² = 1,88

Das Vordach kann eine Designlast aus Verkehr von 1,88 kN/m² aufnehmen.

Scheibenhöhe 800 mm – 2 x 10 mm VSG aus TVG mit SGP-Folie:

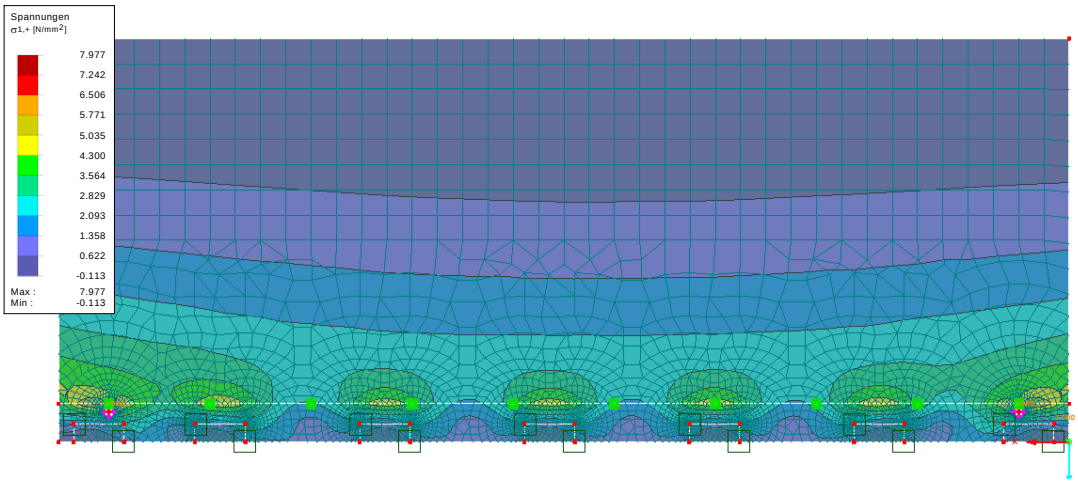


Abbildung 18: Spannung unter 1 kN/m² bei einer Ersatzdicke von 21,2 mm (Berücksichtigung des Schubverbunds):

max σ = 7,98 N/mm² ohne Eigengewicht

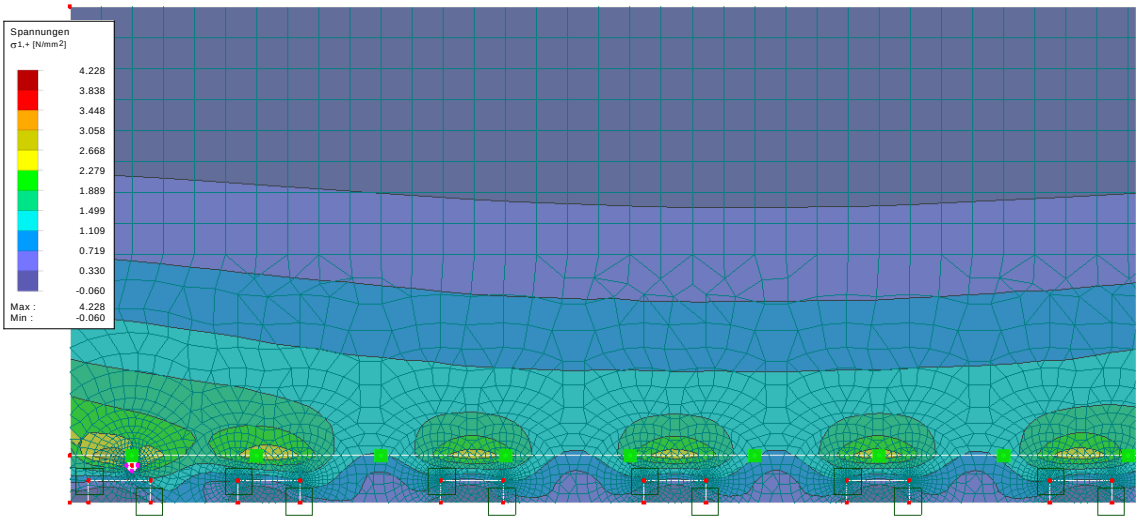


Abbildung 19: Spannung unter Eigengewicht bei einer Ersatzdicke von 21,2 mm (Berücksichtigung des Schubverbunds):

max σ = 4,23 N/mm² mit 1,0 fachem Eigengewicht ohne Auflast.

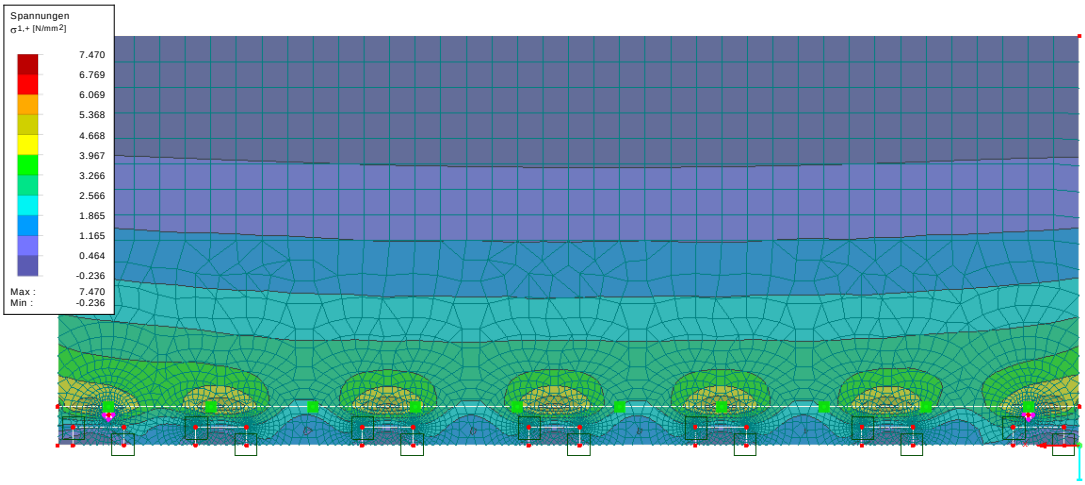


Abbildung 20: Spannung unter Eigengewicht bei einer Dicke von 10 mm (keine Berücksichtigung des Schubverbunds)

max σ = 7,47 N/mm² < 46,7 N/mm²

Ermittlung der maximalen Auflast für die Scheibe:
46,7 N/mm² - 1,35 x 4,23 N/mm² = 40,98 N/mm²

37,37 N/mm²/ 7,98 N/mm² = 4,68

Das Vordach kann eine Designlast aus Verkehr von 4,68 kN/m² aufnehmen.

Scheibenhöhe 800 mm – 2 x 8 mm VSG aus TVG mit SGP-Folie:

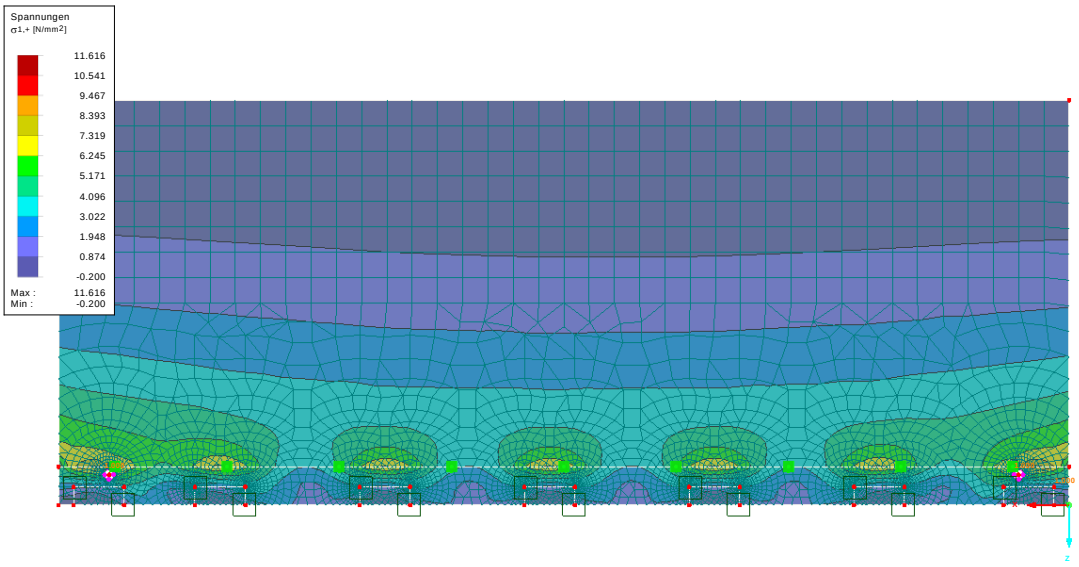


Abbildung 21: Spannung unter 1 kN/m² bei einer Ersatzdicke von 17,2 mm (Berücksichtigung des Schubverbunds):

max σ = 11,62 N/mm² ohne Eigengewicht

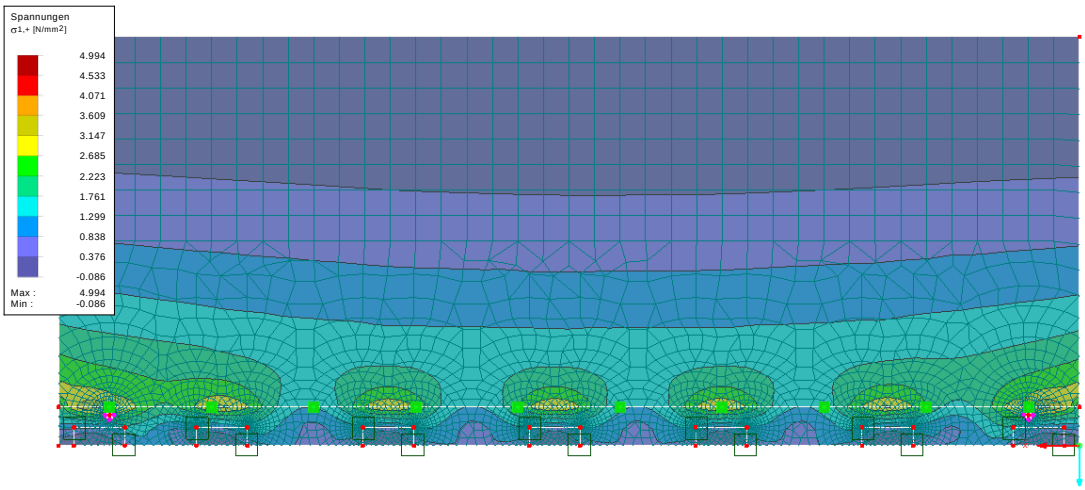


Abbildung 22: Spannung unter 1 kN/m² bei einer Ersatzdicke von 17,2 mm (Berücksichtigung des Schubverbunds):

max σ = 4,99 N/mm² mit 1,0 fachem Eigengewicht ohne Auflast.

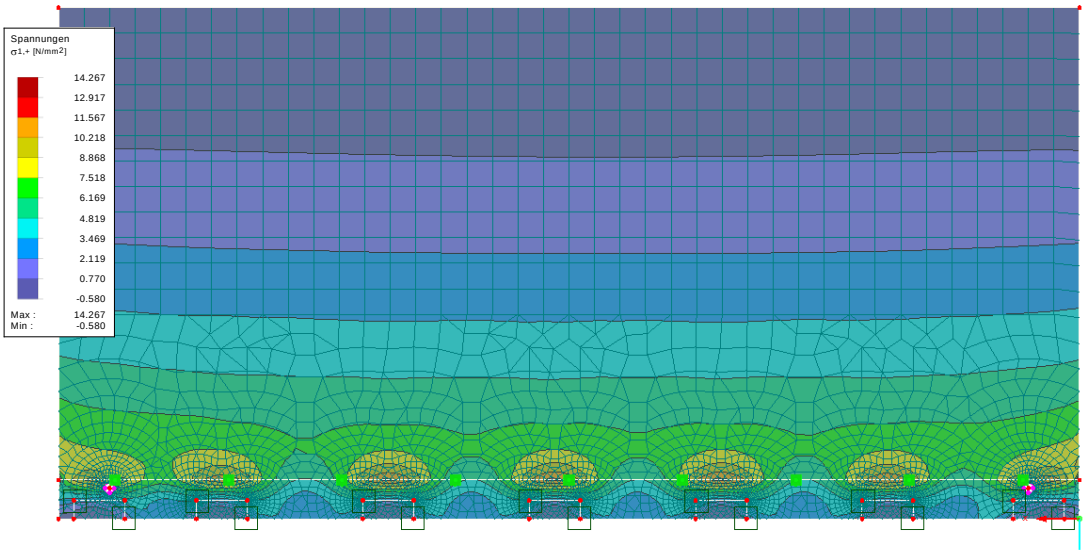


Abbildung 23: Spannung unter Eigengewicht bei einer Dicke von 8 mm (keine Berücksichtigung des Schubverbunds)

max σ = 14,27 N/mm² < 46,7 N/mm²

Ermittlung der maximalen Auflast für die Scheibe:
46,7 N/mm² - 1,35 x 4,99 N/mm² = 39,96 N/mm²

39,96 N/mm²/ 11,62 N/mm² = 3,44

Das Vordach kann eine Designlast aus Verkehr von 3,44 kN/m² aufnehmen.

Scheibenhöhe 800 mm – 2 x 8 mm VSG aus TVG mit PVB-Folie:

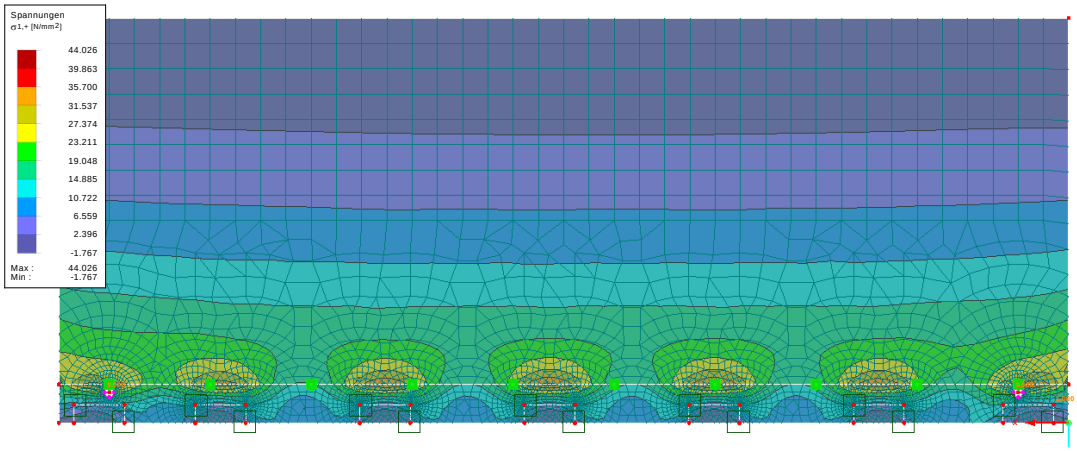


Abbildung 24: Spannung unter 1 kN/m² bei Dicke von 8 mm (ohne Berücksichtigung des Schubverbunds)

max σ = 44,03 N/mm² ohne Eigengewicht

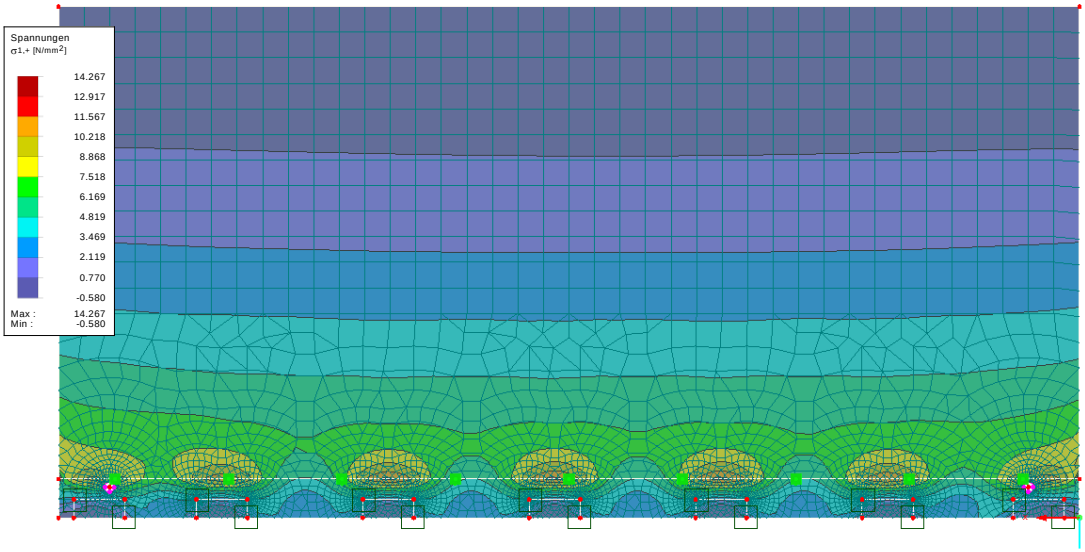


Abbildung 25: Spannung unter Eigengewicht bei einer Dicke von 8 mm (keine Berücksichtigung des Schubverbunds):

max σ = 14,27 N/mm² mit 1,0 fachem Eigengewicht ohne Auflast.

Ermittlung der maximalen Auflast auf der Scheibe:
51,3 N/mm² - 1,35 x 14,27 N/mm² = 32,04 N/mm²

32,04 N/mm²/ 44,03 N/mm² = 0,7

Das Vordach kann eine Designlast aus Verkehr von 2 x 0,73 = 1,46 kN/m² aufnehmen.

Abhebende Kräfte:

Auf der sicheren Seite liegend wird die maximal aufnehmbare Auflast für alle Scheibenhöhen anhand der VSG-Scheibe aus 2 x 8 mm TVG mit PVB Folie berechnet.

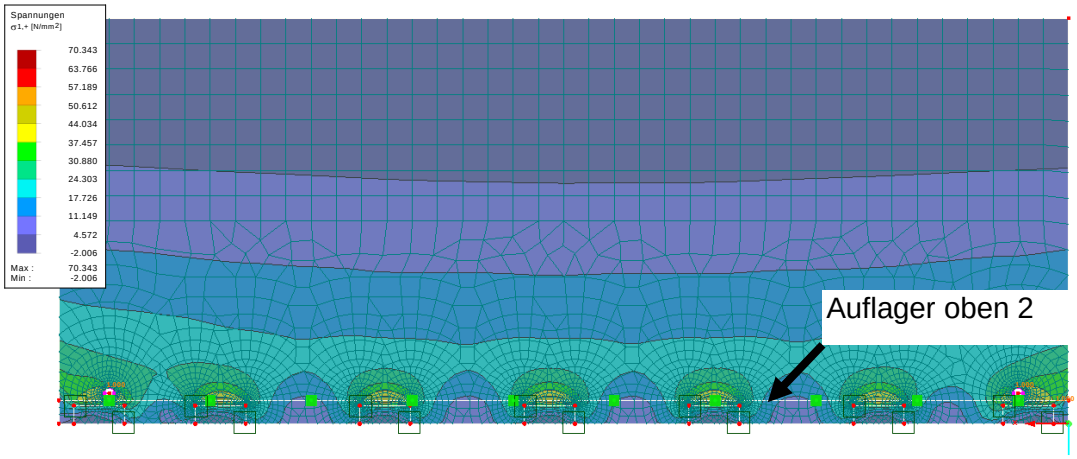


Abbildung 26: Spannungen unter 1kN/m² mit verringertem innerem Hebelarm

max σ = 70,34 N/mm² mit 1,0fachem Eigengewicht ohne Auflast.

51,3 N/mm²/70,34 N/mm² = 0,73

Als abhebende Kraft kann die Scheibe 0,73 kN/m² x 2 + Eigengewicht

= 1,46 kN/m² + 2 x 8/1000 x 25 kN/m³ = 1,86 kN/m² aufnehmen.

5.2.4 Zusammenfassung der Scheibentragfähigkeit

Tabelle 3: Mögliche Belastung der Scheiben (Verkehrslast als Designwert)

Scheibenabmessung H x B	Folie	Scheibenaufbau	Auflast ohne Eigengewicht [kN/m²] - Designwert
800 mm x B	PVB	2 x 8 mm	1,46
800 mm x B	SGP	2 x 8 mm	3,44
800 mm x B	SGP	2 x 10 mm	4,68
1000 mm x B	SGP	2 x 8 mm	1,88
1000 mm x B	SGP	2 x 10mm	2,86
1100 mm x B	SGP	2 x 10 mm	2,2

5.2.5 Nachweis des Profils

Das Profil wurde mit dem Programm Solidworks berechnet.
Im Bereich des oberen (oben 2) und unteren Auflagers wurden Lasten aufgebracht die sich aus einer Auflast von 5,2 kN/m² bei einer Scheibenhöhe von 1,1 m ergeben.

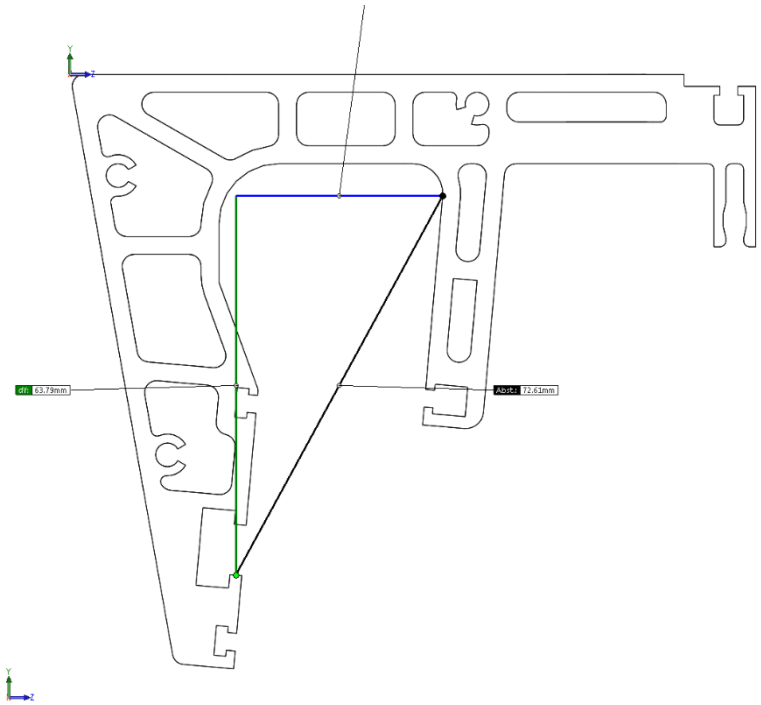


Abbildung 27: Abstand der Auflagerpunkte

Auflast für das Modell in Solidworks:

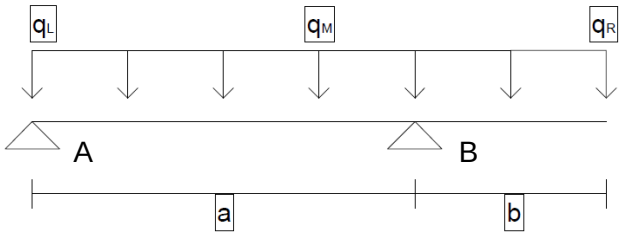


Abbildung 28: System zur Ermittlung der Auflagerlasten

a = 63 mm
b = 1100 mm -52 mm = 1048 mm
q = q_L = q_M = q_R = 5,2 kN/m = 4,68 kN/m² x 1m + Eigengewicht der größten Scheibe, siehe Tabelle 2
A = 5,2 kN/m x 1,1 m x 1,1 m/2/0,063 m = 49,9 kN

Abbildung 29: Lagerung des Modells

Im Bereich der Dübel wurden alle Translationen festgehalten. Im Bereich der Fläche die an der Wand anlehnt, wurde eine virtuelle Wand simuliert, um so den Druckpunkt des Systems zu ermitteln.

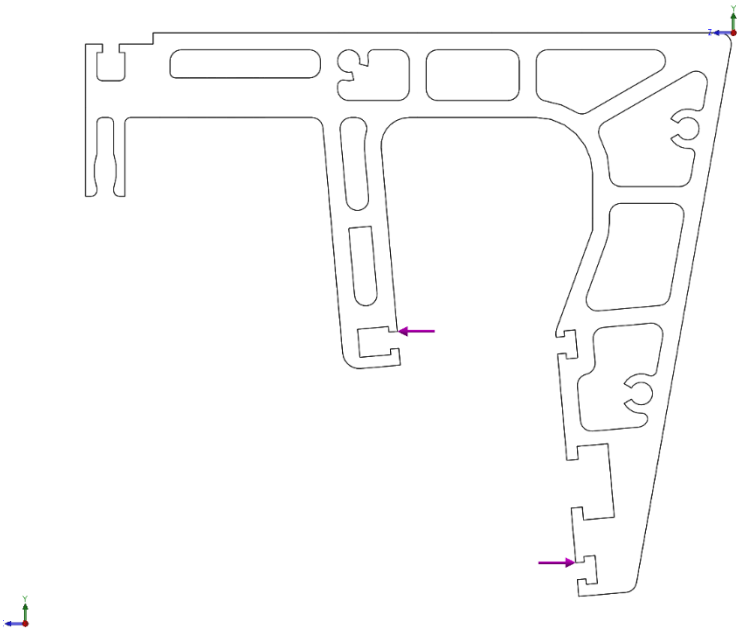


Abbildung 30: Belastung des Systems

Der innere Hebelarm wurde rechnerisch mit 63 mm gewählt. Auf diese Weise kann für das Profil sowohl das Abheben wie auch das Profil unter Auflast nachgewiesen werden. Konservativ werden für beide Auflager 49,9 kN angesetzt. Dass betrachtete System hat eine Länge von 1 m.

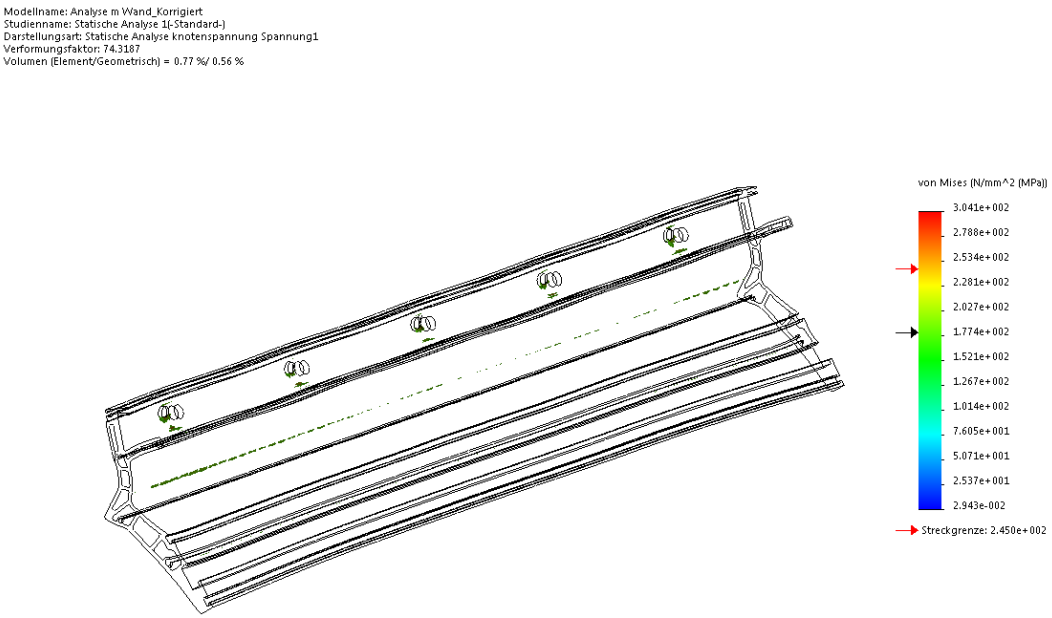


Abbildung 31: Spannungen nach von Mises unter 5,2 kN/m² (Spannungen über 181,18 N/mm²)

Das System weist in kleinen Bereichen Spannungen unter 5,2 kN/m² von über 181,18 N/mm² auf. Diese Spannungen befinden sich im Lochbereich und können akzeptiert werden, da sich diese in der Realität so nicht einstellen werden.
Somit kann das Profil eine Designlast inkl. Eigengewicht von 5,2 kN/m² aufnehmen.

Tabelle 4: Mögliche Belastung des Profils bei den betrachteten Scheibenabmessungen (Verkehrslast als Designwert)

Scheibenabmessung H x B	Folie	Scheibenaufbau	Eigengewicht inkl. Faktor 1,35 [kN/m²]	Auflast mit Eigengewicht [kN/m²] - Designwert	Auflast ohne Eigengewicht [kN/m²] - Designwert
800 mm x B	PVB	2 x 8 mm	0,54	5,2	4,66
800 mm x B	SGP	2 x 8 mm	0,54	5,2	4,66
800 mm x B	SGP	2 x 10 mm	0,68	5,2	4,53
1000 mm x B	SGP	2 x 8 mm	0,54	5,2	4,66
1000 mm x B	SGP	2 x 10mm	0,68	5,2	4,53
1100 mm x B	SGP	2 x 10 mm	0,68	5,2	4,53

5.2.6 Nachweis der Dübel

Die maximale Dübellast wurde aus Solidworks unter einer Last von 5,2 kN/m² abgelesen.

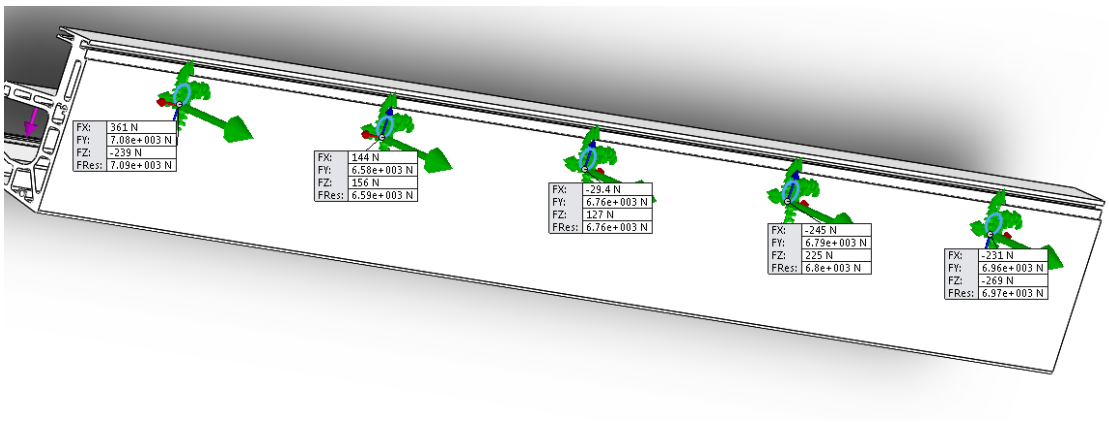
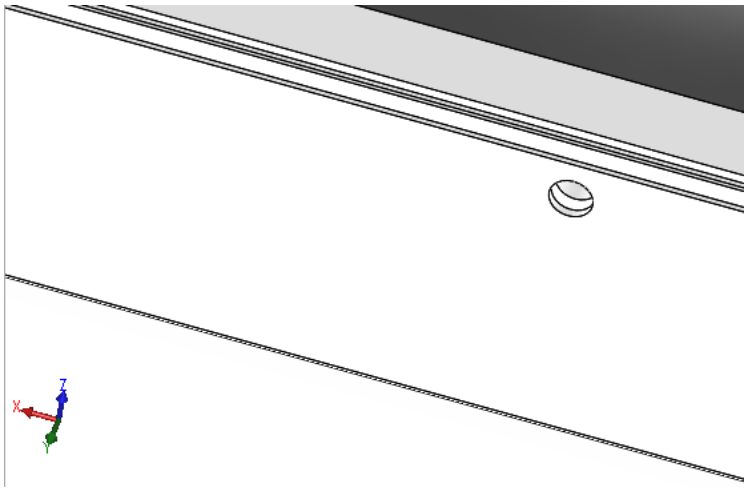


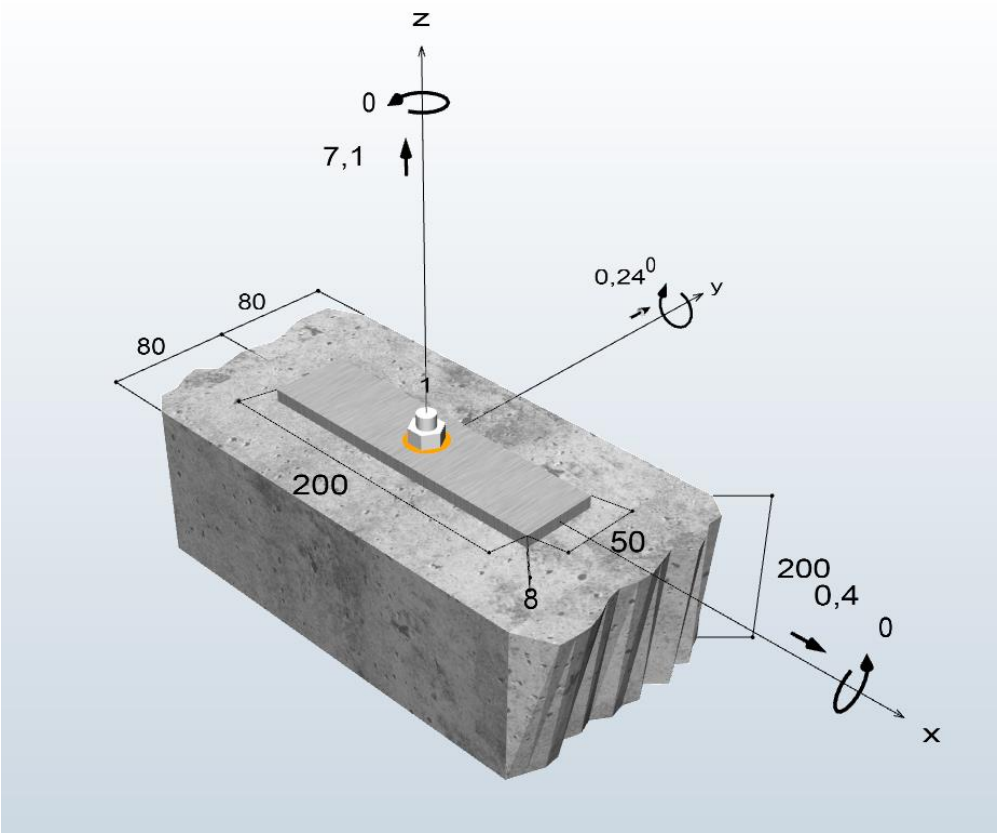
Abbildung 32: Dübelkräfte unter 5,2 kN/m²

Die maximale Last ergibt sich zu:

Fx = 0,4 kN
Fy = 7,1 kN
Fz = -0,24 kN

Koordinatensystem:





Gewählt: FAZ M12, Die Randabstände nach der Berechnung, sowie nach Zulassung sind zu beachten. Abstand e = 200 mm.

6 Zusammenfassung

Im Folgenden sind die Ergebnisse nach Kapitel 5.2 zusammengefasst. Die Tragfähigkeit des Gesamtsystems wird durch die Tragfähigkeit des Profils begrenzt. Dies ist in der folgenden Tabelle berücksichtigt:

Tabelle 5: Mögliche Belastung der Scheiben (Verkehrslast als Designwert)

Scheibenabmessung H x B	Folie	Scheibenaufbau	Auflast ohne Eigengewicht [kN/m²] - Designwert
800 mm x B	PVB	2 x 8 mm	1,46
800 mm x B	SGP	2 x 8 mm	3,44
800 mm x B	SGP	2 x 10 mm	4,53
1000 mm x B	SGP	2 x 8 mm	1,88
1000 mm x B	SGP	2 x 10mm	2,86
1100 mm x B	SGP	2 x 10 mm	2,2

Als abhebende Kraft kann das Vordach 1,86 kN/m² als Designlast aufnehmen.

Dübel: FAZ M12, Abstand e = 200 mm.

8 Anlage

Ausdruckprotokolle RFEM
Ausdruckprotokolle SWX
Ausdruckprotokolle SJ Mepla