Statische Berechnung

GLAS STATIK KONSTRUKTION

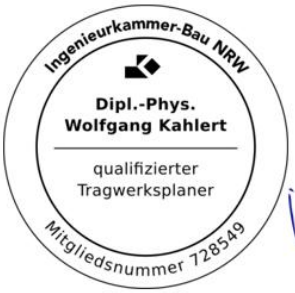
INGENIEURBÜRO FÜR KONSTRUKTIVEN GLASBAU

Tiberstraße 21
48 249 Dülmen

Telefon: 0 25 94 – 89 39 50

E-Mail: d.kahlert@gsk-gmbh.com
Internet: www.gsk-gmbh.com

Bauvorhaben	:	Eingangsgebäude und Kindermuseum Im Westfalenpark Dortmund
Bauteil	:	**Verglasungen in** **West – und Nordfassaden**
Inhalt	:	Dimensionierung der Verglasungen
Auftraggeber	:	Stadt Dortmund Sport- und Freizeitbetriebe
Projektnummer	:	9690-4
Index	:	B
Seitenzahl	:	91
Datum	:	9. Juni 2026
Aufsteller	:	



Wolfgang Kahlert

Inhaltsverzeichnis:

1 Vorwort 4

2 Lastannahmen 5
2.1 Windlasten 5
2.2 Holmlasten 7
2.3 Auflagersituation 8
2.4 Bemessungswiderstände 8
2.5 Verformung 9

3 Oberlicht-Westfassade 10
3.1 Ohne Schubverbund (Anlage 19) 12
3.1.1 Nachweisprotokoll 12
3.1.2 Auswertung 13
3.1.3 Grafische Auswertung 14
3.2 Mit Schubverbund (Anlage 20) 16
3.2.1 Nachweisprotokoll 16
3.2.2 Auswertung 17
3.2.3 Grafische Auswertung 18

4 Oberlicht über Bereich workshop 1 / 2 19
4.1 Glasaufbau 19
4.2 Nachweis Flächenlasten (Anlage 5) 20
4.2.1 Nachweisprotokoll 20
4.2.2 Ergebnis 22
4.2.3 Grafische Darstellung 23
4.3 Nachweis Einzellast (Anlage 6) 25
4.3.1 Nachweisprotokoll 25
4.3.2 Ergebnis 26
4.3.3 Grafische Darstellung 27
4.4 Nachweis - Flächenlasten – Ausfall der Außenscheiben (Anlage 7) 29
4.4.1 Nachweisprotokoll 29
4.4.2 Ergebnis 30
4.4.3 Grafische Darstellung 30
4.5 Nachweis - Einzellast – Ausfall der Außenscheiben (Anlage 8) 31
4.5.1 Nachweisprotokoll 31
4.5.2 Ergebnis 32
4.5.3 Grafische Darstellung 32

5 Nordfassade 1 33
5.1 Glasaufbau 33

6 Nordfassade 2 34
6.1 Nachweis - Ohne Schubverbund (Anlage 11) 35
6.1.1 Nachweisprotokoll 35
6.1.2 Auswertung 37
6.1.3 Grafische Auswertung 38
6.2 Nachweis mit Schubverbund (Anlage 12) 40
6.2.1 Nachweisprotokoll 40

6.2.2 Auswertung *42*
6.2.3 Grafische Auswertung *43*

7 Nordfassade 3 **45**
7.1 Nachweis - Ohne Schubverbund (Anlage 13) 46
7.1.1 Nachweisprotokoll *46*
7.1.2 Auswertung *48*
7.1.3 Grafische Auswertung *49*
7.2 Nachweis - Mit Schubverbund (Anlage 14) 52
7.2.1 Nachweisprotokoll *52*
7.2.2 Auswertung *54*
7.2.3 Grafische Auswertung *55*

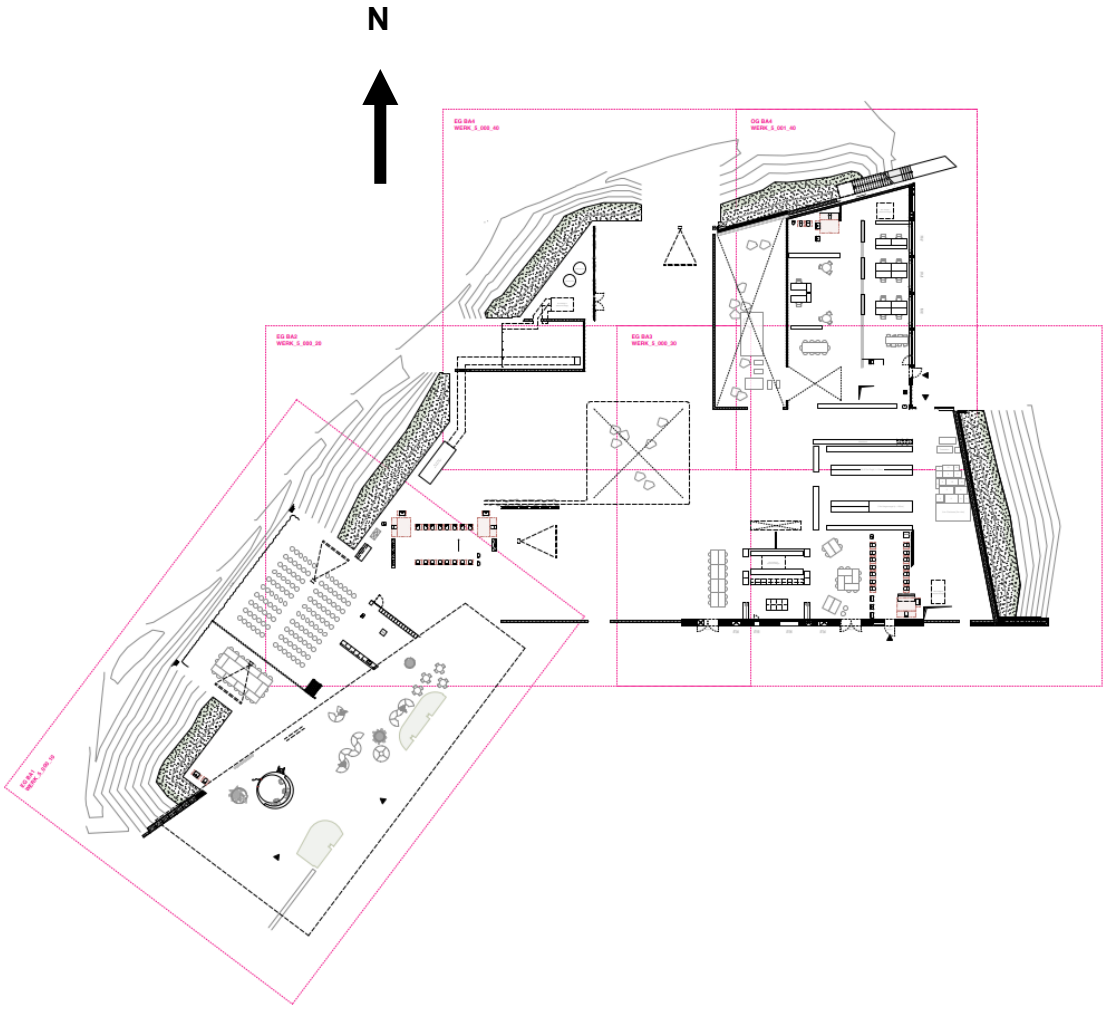
8 Oberlicht über workshop 1 / 2 - Nachweis der Betretbarkeit **58**
8.1 Auszug aus Norm (DIN 18008-6) 58
8.2 Bemessungswiderstand der Kurzzeitfestigkeit – TVG 60
8.3 Bemessungswiderstand der Kurzzeitfestigkeit – ESG 60
8.4 Verformungsgrenze 60
8.5 Stoßposition 60
8.6 Nachweis Situation 1 61
8.6.1 Zusammenfassung der Ergebnisse *61*
8.6.2 Scheibenverkürzung *61*
8.6.3 Beurteilung *62*
8.6.4 Grafische Darstellung (Stoß 2) *62*
8.7 Nachweis Situation 2 65
8.7.1 Zusammenfassung der Ergebnisse *65*
8.7.2 Scheibenverkürzung *65*
8.7.3 Beurteilung *65*
8.7.4 Grafische Darstellung (Stoß 2) *66*

9 Validierung des Fallversuchs **68**
9.1 Rechenverfahren 68
9.2 Validierung Rechenmodell „SJ Mepla“ 68
9.2.1 Verifizierung für Stoß gegen eine starre Wand *68*
9.2.2 Verifizierung für Stoß gegen eine vierseitig linienförmig gelagerte Platte *70*
9.2.3 Verifizierung für Stoß gegen eine zweiseitig linienförmig gelagerte Platte *73*

1 Vorwort

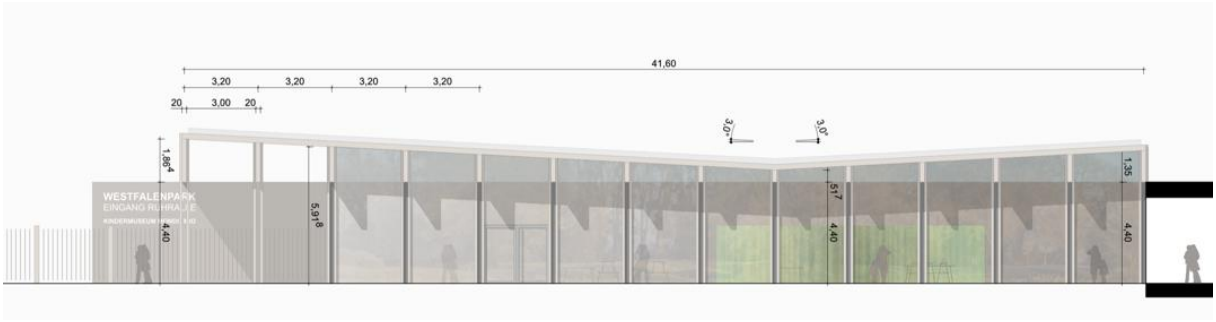
Das nachfolgende Dokument beinhaltet die statischen Nachweise für Verglasungen in den nachfolgend gekennzeichneten Einbaubereichen.

Übersicht Grundriss



2 Lastannahmen

2.1 Windlasten



1. Basisdaten

ZUGRUNDELIEGENDE NORM:	Eurocode:	Wind:	DIN EN 1991-1-4:2010-12 in Verbindung mit dem nationalen Anhang "Deutschland" hier: DIN EN 1991-1-4:2010-12/NA (geschützt) nachfolgend EC1-1-4 genannt
		Schnee:	DIN EN 1991-1-3:2010-12 in Verbindung mit dem nationalen Anhang "Deutschland" hier: DIN EN 1991-1-3:2019-04/NA (geschützt) nachfolgend EC1-1-3 genannt

STANDORT:	Dortmund, Stadt
AMTL. GEMEINDESCHLÜSSEL:	05913000
TYP:	Kreisfreie Stadt
LANDKREIS:	Dortmund
BUNDESLAND:	Nordrhein-Westfalen
ERDBEBENWARNUNG:	keine Erdbebengefährdung nach EC8
HÖHE ÜBER NN:	76 m
WINDZONE:	1 ⇒ $v_{b,0}$ = 22.50 m/s
SCHNEELASTZONE:	1 ⇒ s_k = 0.65 kN/m²

2. Windlasten

Lage: Binnenland Topographie: Regelfall

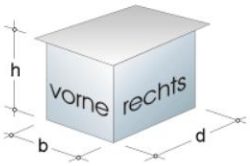
2.1 Höhenabhängiger Böengeschwindigkeitsdruck

$q(z) = 1.5\ q_{ref}$ *für* $z < 7\ m$ ⇒ $q(h) = q(7.00) = 0.48\ kN/m^2$

$q(z) = 1.7\ q_{ref} \left(\frac{z}{10}\right)^{0.37}$ *für* $7\ m < z < 50\ m$

$q(z) = 2.1\ q_{ref} \left(\frac{z}{10}\right)^{0.24}$ *für* $50\ m < z < 300\ m$

2.2 Eingangsdaten



Gebäudemodell:
Typ: Flachdach Dachrand: scharfkantig
h = 7.00 m
b = 17.00 m
d = 42.00 m

Lage: Binnenland
Topographie: Regelfall

Dachüberstände	vorne	rechts	hinten	links
in m	0.00	0.00	0.00	0.00

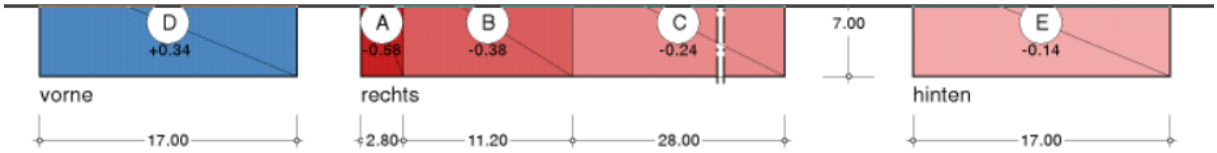
2.3 Wind von vorne

Kennwerte: e = min(b, 2h) = 14.00 m Typ: e < d h/d = 0.17

2.3.1 Belastung der vertikalen Wände (Wind von vorne)

Außendruckbeiwerte und Lastordinaten nach EC1-1-4 / Tab. 7.1
Ordinate = $c_{pe,10}$ * q(h), (+) = Druck

Bereich	A	B	C	D	E	Bemerkung
$c_{pe,10}$	-1.20	-0.80	-0.50	+0.70	-0.30	interpoliert
Ordinaten	**-0.58**	**-0.38**	**-0.24**	**+0.34**	**-0.14**	kN/m²



Die hier in Höhe der Dachkante ausgewiesenen Werte gelten auch für die Unterseite der Dachfläche im Bereich von Dachüberständen

2.3.2 Erhöhte Windlasten auf vertikale Wände (Wind von vorne)

für Anschlussberechnungen und Detailnachweise

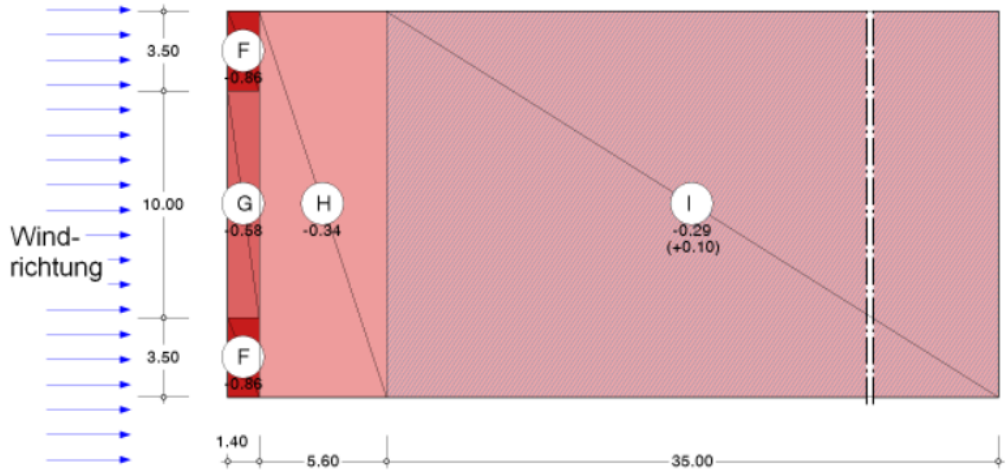
logarithmisch interpolierte Außendruckbeiwerte in Abhängigkeit vorgegebener Lasteinzugsflächen A_i nach EC1-1-4 / 7.2.1
Ordinate = $c_{pe,Ai}$ * q(h), (+) = Druck

Bereich	A	B	C	D	E	Bemerkung
Lasteinzugsfläche A1 = 1.00 m²						
Cpe,A1	-1.40	-1.10	-0.50	+1.00	-0.50	interpoliert
Ordinaten	**-0.67**	**-0.53**	**-0.24**	**+0.48**	**-0.24**	kN/m²

2.3.3 Belastung der Dachfläche (Wind von vorne)

Außendruckbeiwerte und Lastordinaten für Flachdächer nach EC1-1-4 / Tab. 7.2
Ordinate = $c_{pe,10}$ * q(h), (+) = Druck

Bereich	F	G	H	I	Bemerkung
Cpe,10	-1.80	-1.20	-0.70	-0.60	interpoliert
alternativ	-	-	-	+0.20	interpoliert
Ordinaten	**-0.86**	**-0.58**	**-0.34**	**-0.29**	kN/m²
alternativ	-	-	-	**+0.10**	kN/m²



2.3.4 Erhöhte Soglasten auf Dachfläche (Wind von vorne)

für Anschlussberechnungen und Detailnachweise

logarithmisch interpolierte Außendruckbeiwerte in Abhängigkeit vorgegebener Lasteinzugsflächen A_i nach EC1-1-4 / 7.2.1
Ordinate = $c_{pe,Ai}$ * q(h). Im Bereich I unterscheiden sich die Werte für $c_{pe,1}$ und $c_{pe,10}$ nicht. Die Windlasten können für diesen Bereich der vorangegangenen Tabelle entnommen werden.

Bereich	F	G	H	Bemerkung
Lasteinzugsfläche A1 = 1.00 m²				
Cpe,A1	-2.50	-2.00	-1.20	interpoliert
Ordinaten	**-1.20**	**-0.96**	**-0.58**	kN/m²

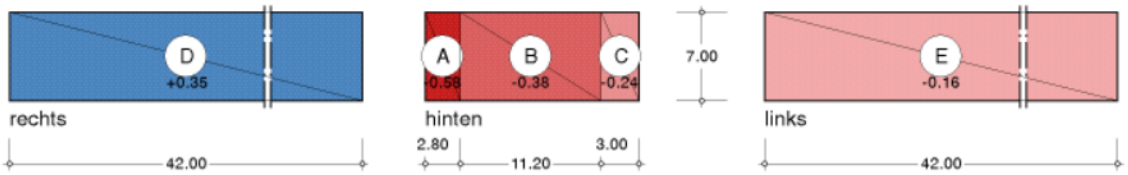
2.4 Wind von rechts

Kennwerte: e = min(d, 2h) = 14.00 m Typ: e < b h/b = 0.41

2.4.1 Belastung der vertikalen Wände (Wind von rechts)

Außendruckbeiwerte und Lastordinaten nach EC1-1-4 / Tab. 7.1
Ordinate = $c_{pe,10}$ * q_i (+) = Druck

Bereich	A	B	C	D	E	Bemerkung
Cpe,10	-1.20	-0.80	-0.50	+0.72	-0.34	interpoliert
Ordinaten	-0.58	-0.38	-0.24	+0.35	-0.16	kN/m²



Die hier in Höhe der Dachkante ausgewiesenen Werte gelten auch für die Unterseite der Dachfläche im Bereich von Dachüberständen

2.4.2 Erhöhte Windlasten auf vertikale Wände (Wind von rechts)
für Anschlussberechnungen und Detailnachweise

logarithmisch interpolierte Außendruckbeiwerte in Abhängigkeit vorgegebener Lasteinzugsflächen A_i nach EC1-1-4 / 7.2.1
Ordinate = $c_{pe,Ai}$ * q(h), (+) = Druck

Bereich	A	B	C	D	E	Bemerkung
Lasteinzugsfläche A1 = 1.00 m²						
Cpe,A1	-1.40	-1.10	-0.50	+1.00	-0.50	interpoliert
Ordinaten	-0.67	-0.53	-0.24	+0.48	-0.24	kN/m²

➔ für den Atriumbereich gewählt

Winddruck-max (10m²) : + 0,48 kN/m²

Windsog-max (10m²) : - 0,58 kN/m²

2.2 Holmlasten

p = 1 kN/m

2.3 Auflagersituation

Die Verglasungen werden gegenüber Druck und Sog mit einem Glaseinstand von mindestens 10 mm allseitig, durchgehend linienförmig und einspannungsfrei gelagert.

Absturzsichernde Verglasungen müssen einen Glaseinstand von mindestens 12 mm aufweisen.

Unter Last- und Temperatureinwirkung darf kein Kontakt zwischen Glas und anderen harten Werkstoffen (z.B. Metall, Glas) auftreten.

Somit werden die Anforderungen der DIN 18008-2, -4 und -6 eingehalten.

2.4 Bemessungswiderstände

Laut DIN 18008-1 wird für die Festigkeit von Float (nach DIN 572-1 2004) bei Belastungen durch

- Wind und Holmlasten ein Bemessungswiderstand ermittelt von:

$R_{d,kurz,VSG} = 1,1 * (k_{mod} * k_c * f_k) / \gamma_M = 1,1 * (0,7 * 1,8 * 45 N/mm^2) / 1,8 = 34,7 N/mm^2$

$R_{d,kurz,Rand,VSG} = 34,7 N/mm^2 * 0,8 = 27,8 N/mm^2$

$R_{d,kurz} = 34,7 N/mm^2 / 1,1 = 31,5 N/mm^2$

$R_{d,kurz,Rand} = 27,8 N/mm^2 / 1,1 = 25,2 N/mm^2$

- Klimalasten ein Bemessungswiderstand ermittelt von:

$R_{d,mittel,VSG} = 1,1 * (k_{mod} * k_c * f_k) / \gamma_M = 1,1 * (0,4 * 1,8 * 45 N/mm^2) / 1,8 = 19,8 N/mm^2$

$R_{d,mittel,Rand,VSG} = 19,8 N/mm^2 * 0,8 = 15,8 N/mm^2$

$R_{d,mittel} = 19,8 N/mm^2 / 1,1 = 18,0 N/mm^2$

$R_{d,mittel} = 15,8 N/mm^2 / 1,1 = 14,4 N/mm^2$

- Höhenunterschied ein Bemessungswiderstand ermittelt von:

$R_{d,ständig,VSG} = 1,1 * (k_{mod} * k_c * f_k) / \gamma_M = 1,1 * (0,25 * 1,8 * 45 N/mm^2) / 1,8 = 12,4 N/mm^2$

$R_{d,ständig,Rand,VSG} = 12,4 N/mm^2 * 0,8 = 9,9 N/mm^2$

$R_{d,ständig} = 12,4 N/mm^2 / 1,1 = 11,3 N/mm^2$

$R_{d,ständig,Rand} = 9,9 N/mm^2 / 1,1 = 9,0 N/mm^2$

DIN 18008-1:2010-12

8.3.7 Für Gläser ohne planmäßige thermische Vorspannung (z. B. Floatglas) gilt:

$$R_d = \frac{k_{mod} \cdot k_c \cdot f_k}{\gamma_M} \quad (3)$$

In Gleichung (3) ist γ_M = 1,8 zu verwenden.

Die Abhängigkeit der Festigkeit thermisch nicht vorgespannter Gläser von der Lasteinwirkungsdauer wird durch den Modifikationsbeiwert k_{mod} (siehe Tabelle 6) berücksichtigt.

Tabelle 6 — Rechenwerte für den Modifikationsbeiwert k_{mod}

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

EN 572-1:2004 (D)

Tabelle 1 — Allgemeine Eigenschaften

Eigenschaft	Symbol	Zahlenwert und Einheit
Dichte (bei 18 °C)	ρ	2 500 kg/m^3
Härte (Knoop)	$HK_{0,1/20}$	6 Gpa
Youngmodul (Elastizitätsmodul)	E	7×10^{10} Pa
Poisson-Zahl	μ	0,2
Charakteristische Biegezugfestigkeit	$f_{g,k}$	45×10^6Pa[a]
Spezifische Wärmekapazität	c	$0,72 \times 10^3$ J/(kg·K)
Mittlerer thermischer Längenausdehnungskoeffizient zwischen 20 °C und 300 °C	α	9×10^{-6} K^{-1}
Beständigkeit gegen Temperaturunterschiede und plötzliche Temperaturwechsel		40 K[b]
Wärmeleitfähigkeit	λ	1 W/(m·K)
Mittlerer Brechungsindex im sichtbaren Bereich (380 bis 780) nm	N	1,5
Emissivität (korrigiert)	ϵ	0,837

[a] Die charakteristische Biegezugfestigkeit ist in Verbindung mit dem Berechnungsverfahren nach prEN 13474 anzuwenden.

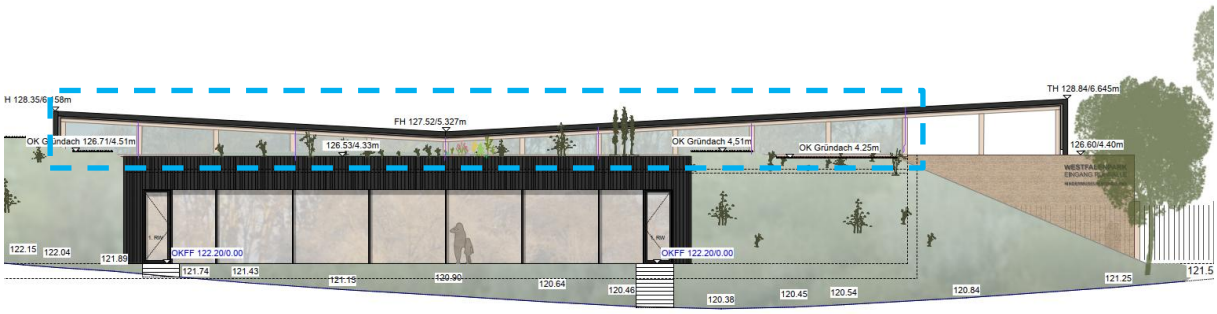
[b] Allgemein anerkannter Wert, der von der Kantenqualität und der Glasart beeinflusst wird.

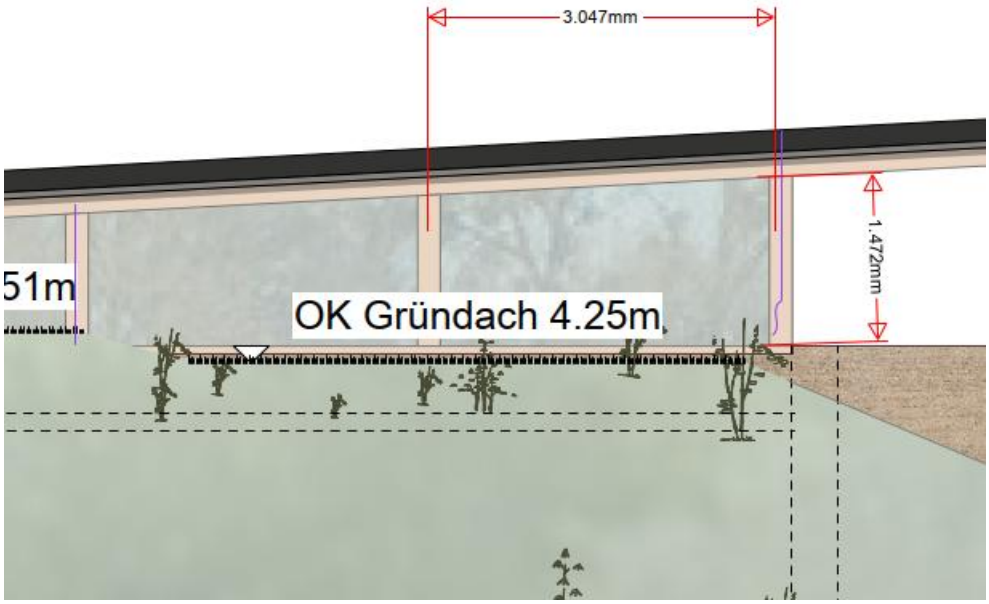
8.3.9 Bei der Verwendung von Verbund-Sicherheitsglas (VSG) und Verbundglas (VG) dürfen die Bemessungswerte des Tragwiderstandes pauschal um 10 % erhöht werden.

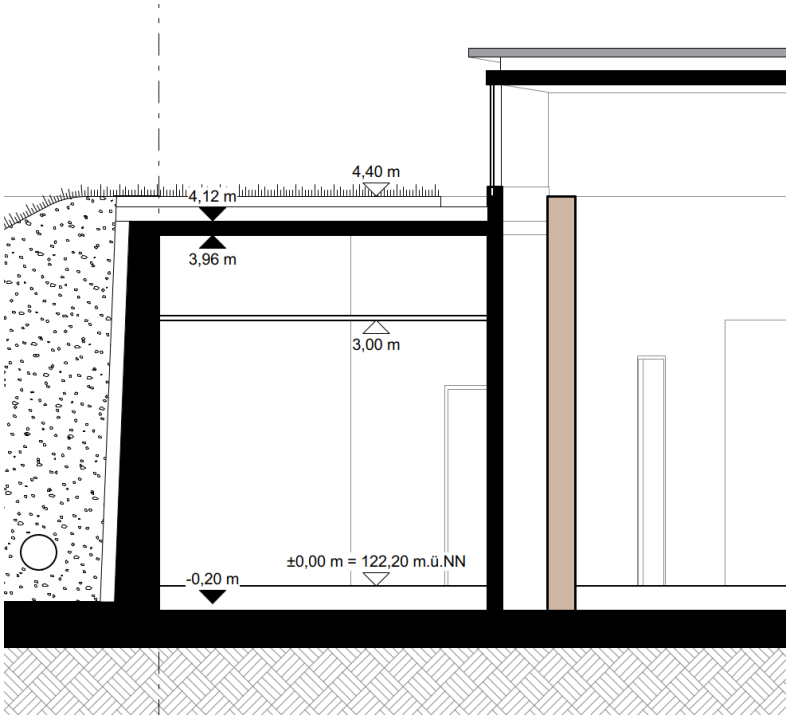
2.5 Verformung

Für Vertikalverglasungen muss nach DIN 18008 eine Verformungsgrenze von l/100 eingehalten werden, oder nachgewiesen werden, dass der Glaseinstand im Belastungsfall nicht unter 5 mm sinkt.

3 Oberlicht-Westfassade







Glas

Format: ca. 3100 mm x 1500mm - allseitig gelagert - absturzsichernd

A: VSG 2 x 5 mm Float + 0,76 mm PVB - Folie
SZR: 12 -16
I: VSG 2 x 5 mm Float + 0,76 mm PVB – Folie

3.1 Ohne Schubverbund (Anlage 19)

3.1.1 Nachweisprotokoll

• Scheibenaufbau und Festigkeit, DIN18008 - Deutschland - Orte < 1000m, hohe Schadensfolge

---

Paket	Glasart
2	Floatglas
1	Floatglas

	k_mod (K)					
Paket	g	w	s	l	q	ΔpΔT	ΔH
2	0.25	0.70	0.40	0.70	0.70	0.40	0.25
1	0.25	0.70	0.40	0.70	0.70	0.40	0.25

	(A)	(C)	(D)	(E)	(F)	(G)	(H)	(I)		(J)
Paket	fk	γ_M	D	E	F	G	k_z	k_c	VSG	k_vsg
2	45.00	1.80	1.00	1.00	1.00	1.00	0.80	1.80	✓	1.10
1	45.00	1.80	1.00	1.00	1.00	1.00	0.80	1.80	✓	1.10

Bemessungsformel:
Rd = A*K*I*J*H/C

• Lastfallkombination

Bezeichnung	außen/oben	innen/unten	
w(1) = Wind	-0.400	0.000	[kN/m²]
w(2) = Wind	0.000	0.610	[kN/m²]
q(1) = Linienlasten		1.00	[kN/m]
ΔH(1) = Winter (Vorgabe)	-300.0		[m]
ΔH(2) = Sommer (Vorgabe)	600.0		[m]

	p_a	p1_i	p2_i	p3_i	ΔT1	ΔT2	ΔT3
	N/mm²	N/mm²	N/mm²	N/mm²	K	K	K
Δp,ΔT(1) = Winter (Vorgabe)	0.1030	0.0990	0.0990	0.0990	-25.0	-25.0	-25.0
Δp,ΔT(2) = Sommer (Vorgabe)	0.1010	0.1030	0.1030	0.1030	20.0	20.0	20.0

LF	Beschreibung
1	+1.35ΔH(Winter)
2	+1.35ΔH(Sommer)
3	+1.50Δp,ΔT+1.35ΔH(Winter)
4	+1.50Δp,ΔT+1.35ΔH(Sommer)
5	+1.50wd+0.90Δp,ΔT+1.35ΔH(Winter)
6	+1.50wd+0.90Δp,ΔT+1.35ΔH(Sommer)
7	+1.50ws+1.05q+0.90Δp,ΔT+1.35ΔH(Winter)
8	+1.50ws+1.05q+0.90Δp,ΔT+1.35ΔH(Sommer)
9	+0.90ws+1.50q+0.90Δp,ΔT+1.35ΔH(Winter)
10	+0.90ws+1.50q+0.90Δp,ΔT+1.35ΔH(Sommer)
11	+0.90wd+1.50Δp,ΔT+1.35ΔH(Winter)
12	+0.90wd+1.50Δp,ΔT+1.35ΔH(Sommer)
13	+0.90ws+1.05q+1.50Δp,ΔT+1.35ΔH(Winter)
14	+0.90ws+1.05q+1.50Δp,ΔT+1.35ΔH(Sommer)

LF	EG	Wind	Schnee	Linie	Punkt	Klima	Schub	Nachweis
1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.35	1.00	GZT
2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.35	1.00	GZT

3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.50	1.35	1.00	GZT
4	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.50	1.35	1.00	GZT
5	0.00	1.50	0.00	0.00	0.00	0.90	1.35	1.00	GZT
6	0.00	1.50	0.00	0.00	0.00	0.90	1.35	1.00	GZT
7	0.00	1.50	0.00	1.05	0.00	0.90	1.35	1.00	GZT
8	0.00	1.50	0.00	1.05	0.00	0.90	1.35	1.00	GZT
9	0.00	0.90	0.00	1.50	0.00	0.90	1.35	1.00	GZT
10	0.00	0.90	0.00	1.50	0.00	0.90	1.35	1.00	GZT
11	0.00	0.90	0.00	0.00	0.00	1.50	1.35	1.00	GZT
12	0.00	0.90	0.00	0.00	0.00	1.50	1.35	1.00	GZT
13	0.00	0.90	0.00	1.05	0.00	1.50	1.35	1.00	GZT
14	0.00	0.90	0.00	1.05	0.00	1.50	1.35	1.00	GZT

• Berechnungsergebnis - Ausnutzung - bis Lastfall 14

• Grenzzustand der Tragfähigkeit, GZT

Paket	Schicht	Seite	Bereich	Lastfall		σ	σ_grenz	%	OK/NOK
2	3	(oben)	Rand	3	10	14.01	27.72	50.56	✓
		(unten)	Rand	3	10	13.25	27.72	47.79	✓
2	3	(oben)	Feld		10	16.11	34.65	46.51	✓
		(unten)	Feld		10	13.18	34.65	38.03	✓
2	1	(oben)	Rand	3	10	14.01	27.72	50.56	✓
		(unten)	Rand	3	10	13.25	27.72	47.79	✓
2	1	(oben)	Feld		10	16.11	34.65	46.51	✓
		(unten)	Feld		10	13.18	34.65	38.03	✓
1	3	(oben)	Rand	2	9	16.73	27.72	60.36	✓
		(unten)	Rand	2	9	15.93	27.72	57.45	✓
1	3	(oben)	Feld		9	31.20	34.65	90.04	✓
		(unten)	Feld		9	15.47	34.65	44.66	✓
1	1	(oben)	Rand	2	9	16.73	27.72	60.36	✓
		(unten)	Rand	2	9	15.93	27.72	57.45	✓
1	1	(oben)	Feld		9	31.20	34.65	90.04	✓
		(unten)	Feld		9	15.47	34.65	44.66	✓

3.1.2 Auswertung

Außenscheibe: Die maximale Auslastung von 50,6 % entsteht bei Lastfall 10 (0,9 * Windsog + 1,5 * Holmlast + 0,9 * Klimalast + 1,35 * Höhenunterschied im Sommer) am Scheibenrand.

Die maximale Spannung (16,1 N/mm²) entsteht beim selben Lastfall im Feld.

Innenscheibe Die maximale Auslastung von 90,0 % entsteht bei Lastfall 9 (0,9 * Windsog + 1,5 * Holmlast + 0,9 * Klimalast + 1,35 * Höhenunterschied im Winter).

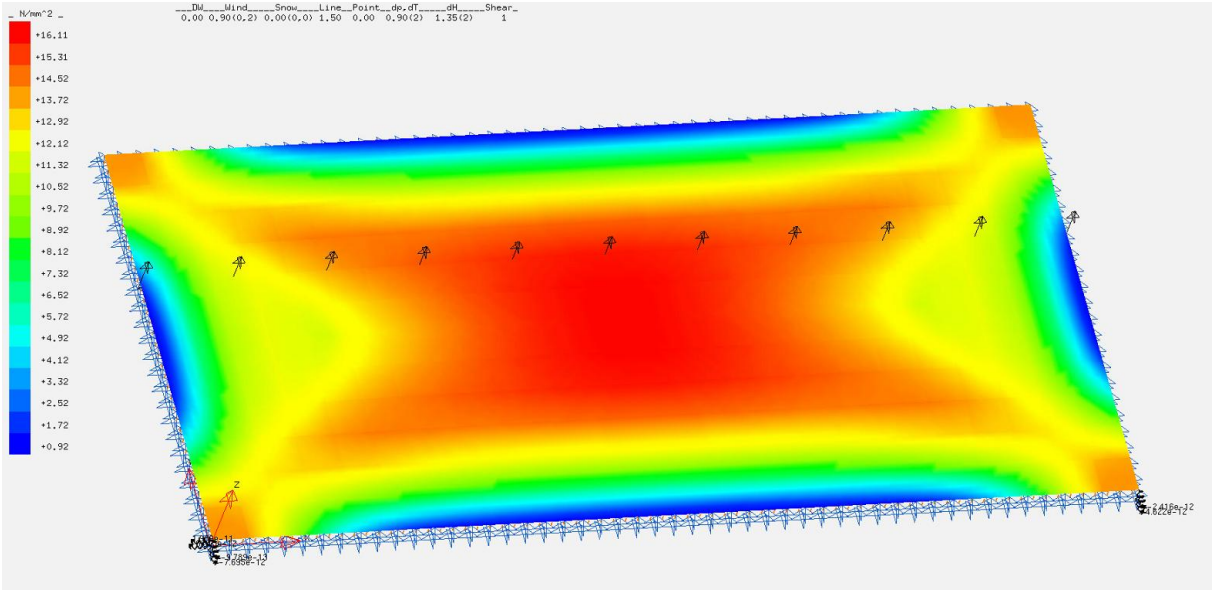
Es handelt sich gleichzeitig um die maximale Spannung (31,2 N/mm²).

Alle Spannungen liegen unter den Bemessungswiderständen.

3.1.3 Grafische Auswertung

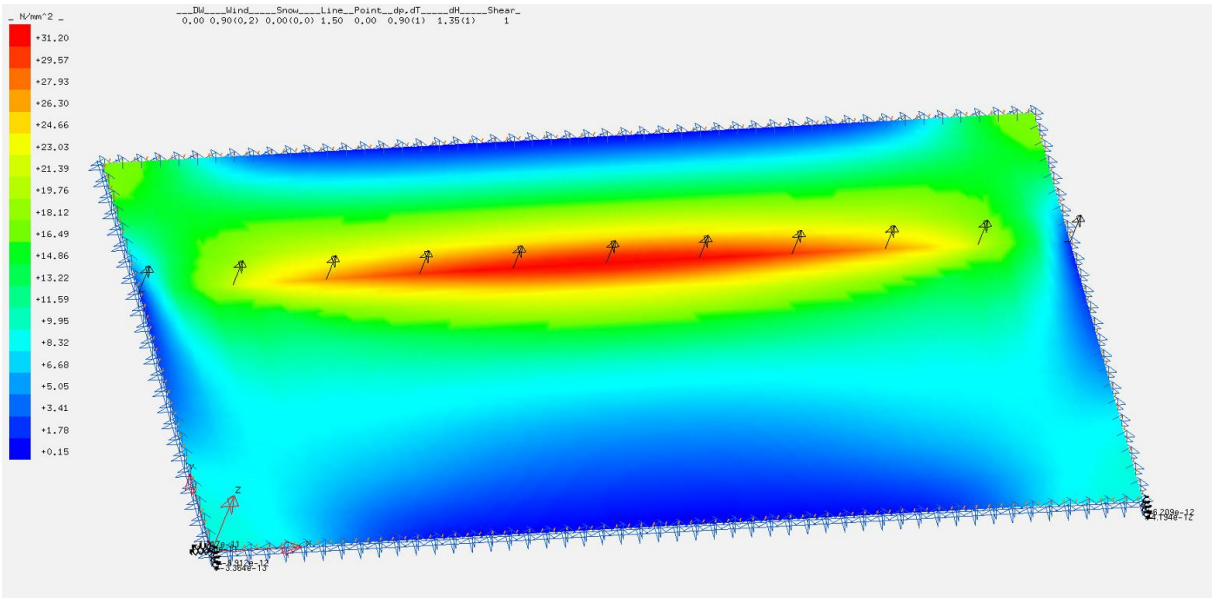
3.1.3.1 Außenscheibe

Max. Auslastung und Spannung (LK 10)

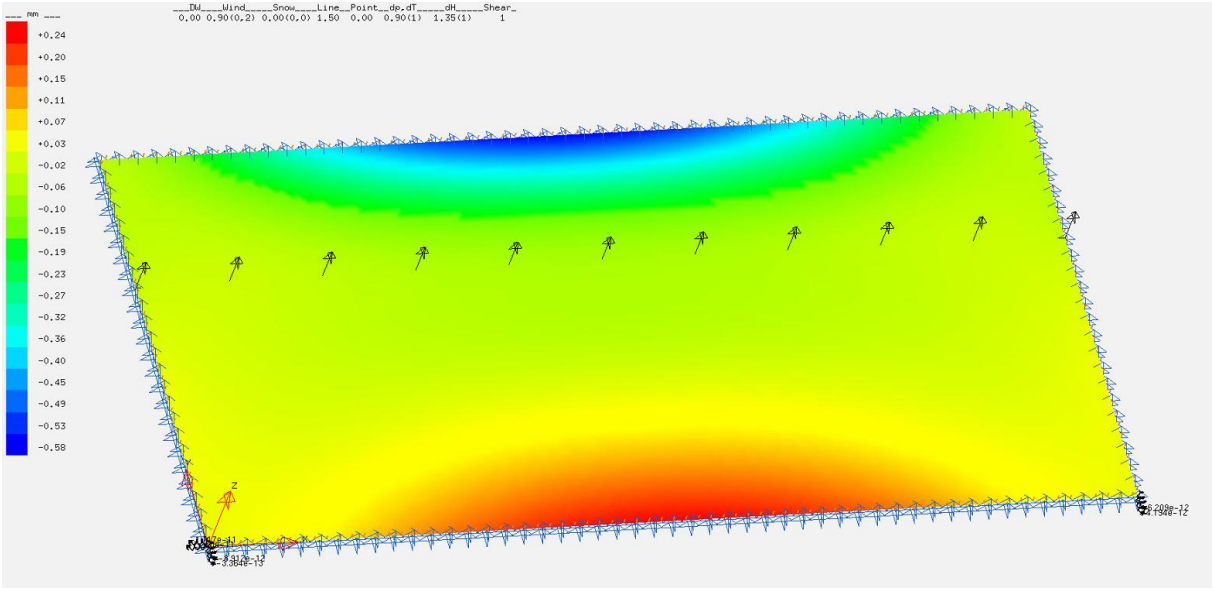


3.1.3.2 Innenscheibe

Max. Auslastung und Spannung (LK 9)



3.1.3.3 Scheibenverkürzung (LK 7)



Es kommt zu einer Scheibenverkürzung von ca. 1 mm.
Bei einem Anfangsglaseinstand von mindestens 12 mm beträgt der Restglaseinstand somit noch mindestens 11 mm. → o.k.

3.2 Mit Schubverbund (Anlage 20)

3.2.1 Nachweisprotokoll

• Scheibenaufbau und Festigkeit, DIN18008 - Deutschland - Orte < 1000m, hohe Schadensfolge

---

Paket	Glasart
2	Floatglas
1	Floatglas

	k_mod (K)						
Paket	g	w	s	l	q	ΔpΔT	ΔH
2	0.25	0.70	0.40	0.70	0.70	0.40	0.25
1	0.25	0.70	0.40	0.70	0.70	0.40	0.25

	(A)	(C)	(D)	(E)	(F)	(G)	(H)	(I)		(J)
Paket	fk	γ_M	D	E	F	G	k_z	k_c	VSG	k_vsg
2	45.00	1.80	1.00	1.00	1.00	1.00	0.80	1.80	✓	1.10
1	45.00	1.80	1.00	1.00	1.00	1.00	0.80	1.80	✓	1.10

Bemessungsformel:
Rd = A*K*I*J*H/C

• Lastfallkombination

Bezeichnung	außen/oben	innen/unten	
w(1) = Wind	-0.400	0.000	[kN/m²]
w(2) = Wind	0.000	0.610	[kN/m²]
q(1) = Linienlasten		1.00	[kN/m]
ΔH(1) = Winter (Vorgabe)	-300.0		[m]
ΔH(2) = Sommer (Vorgabe)	600.0		[m]

	p_a	p1_i	p2_i	p3_i	ΔT1	ΔT2	ΔT3
	N/mm²	N/mm²	N/mm²	N/mm²	K	K	K
Δp,ΔT(1) = Winter (Vorgabe)	0.1030	0.0990	0.0990	0.0990	-25.0	-25.0	-25.0
Δp,ΔT(2) = Sommer (Vorgabe)	0.1010	0.1030	0.1030	0.1030	20.0	20.0	20.0

LF	Beschreibung
1	+1.35ΔH(Winter)
2	+1.35ΔH(Sommer)
3	+1.50Δp,ΔT+1.35ΔH(Winter)
4	+1.50Δp,ΔT+1.35ΔH(Sommer)
5	+1.50wd+0.90Δp,ΔT+1.35ΔH(Winter)
6	+1.50wd+0.90Δp,ΔT+1.35ΔH(Sommer)
7	+1.50ws+1.05q+0.90Δp,ΔT+1.35ΔH(Winter)
8	+1.50ws+1.05q+0.90Δp,ΔT+1.35ΔH(Sommer)
9	+0.90ws+1.50q+0.90Δp,ΔT+1.35ΔH(Winter)
10	+0.90ws+1.50q+0.90Δp,ΔT+1.35ΔH(Sommer)
11	+0.90wd+1.50Δp,ΔT+1.35ΔH(Winter)
12	+0.90wd+1.50Δp,ΔT+1.35ΔH(Sommer)
13	+0.90ws+1.05q+1.50Δp,ΔT+1.35ΔH(Winter)
14	+0.90ws+1.05q+1.50Δp,ΔT+1.35ΔH(Sommer)

LF	EG	Wind	Schnee	Linie	Punkt	Klima	Schub	Nachweis
1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.35	1.00	GZT
2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.35	1.00	GZT

3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.50	1.35	1.00	GZT
4	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.50	1.35	1.00	GZT
5	0.00	1.50	0.00	0.00	0.00	0.90	1.35	1.00	GZT
6	0.00	1.50	0.00	0.00	0.00	0.90	1.35	1.00	GZT
7	0.00	1.50	0.00	1.05	0.00	0.90	1.35	1.00	GZT
8	0.00	1.50	0.00	1.05	0.00	0.90	1.35	1.00	GZT
9	0.00	0.90	0.00	1.50	0.00	0.90	1.35	1.00	GZT
10	0.00	0.90	0.00	1.50	0.00	0.90	1.35	1.00	GZT
11	0.00	0.90	0.00	0.00	0.00	1.50	1.35	1.00	GZT
12	0.00	0.90	0.00	0.00	0.00	1.50	1.35	1.00	GZT
13	0.00	0.90	0.00	1.05	0.00	1.50	1.35	1.00	GZT
14	0.00	0.90	0.00	1.05	0.00	1.50	1.35	1.00	GZT

• Berechnungsergebnis - Ausnutzung - bis Lastfall 14

• Grenzzustand der Tragfähigkeit, GZT

Paket	Schicht	Seite	Bereich	Lastfall		σ	σ_grenz	%	OK/NOK
2	3	(oben)	Rand	3	10	6.72	27.72	24.25	✓
		(unten)	Rand	2	10	2.05	27.72	7.38	✓
2	3	(oben)	Feld		10	16.59	34.65	47.89	✓
		(unten)	Feld		10	1.90	34.65	5.49	✓
2	1	(oben)	Rand	4	10	2.82	27.72	10.17	✓
		(unten)	Rand	3	10	6.82	27.72	24.61	✓
2	1	(oben)	Feld		10	2.61	34.65	7.52	✓
		(unten)	Feld		3	6.76	19.80	34.13	✓
1	3	(oben)	Rand	4	9	7.30	27.72	26.34	✓
		(unten)	Rand	4	4	1.26	15.84	7.96	✓
1	3	(oben)	Feld		9	22.51	34.65	64.97	✓
		(unten)	Feld		4	1.16	19.80	5.86	✓
1	1	(oben)	Rand	4	9	3.05	27.72	11.00	✓
		(unten)	Rand	3	9	7.52	27.72	27.11	✓
1	1	(oben)	Feld		9	2.82	34.65	8.12	✓
		(unten)	Feld		4	7.68	19.80	38.80	✓

3.2.2 Auswertung

Außenscheibe: Die maximale Auslastung von 47,9 % entsteht bei Lastfall 10 (0,9 * Windsog + 1,5 * Holmlast + 0,9 * Klimalast + 1,35 * Höhenunterschied im Sommer).

Die maximale Spannung (18,1 N/mm²) entsteht bei Lastfall 14 (0,9 * Windsog + 1,05 * Holmlast + 1,5 * Klimalast + 1,35 * Höhenunterschied im Sommer).

Innenscheibe Die maximale Auslastung von 65,0 % entsteht bei Lastfall 9 (0,9 * Windsog + 1,5 * Holmlast + 0,9 * Klimalast + 1,35 * Höhenunterschied im Winter).

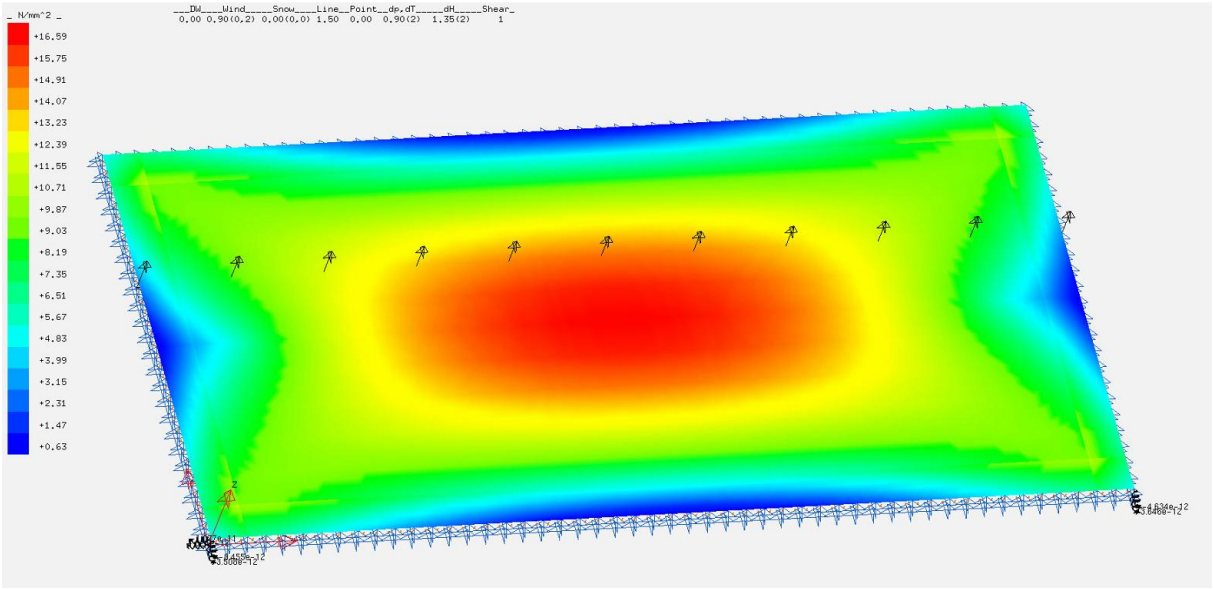
Es handelt sich gleichzeitig um die maximale Spannung (22,5 N/mm²).

Alle Spannungen liegen unter den Bemessungswiderständen.

3.2.3 Grafische Auswertung

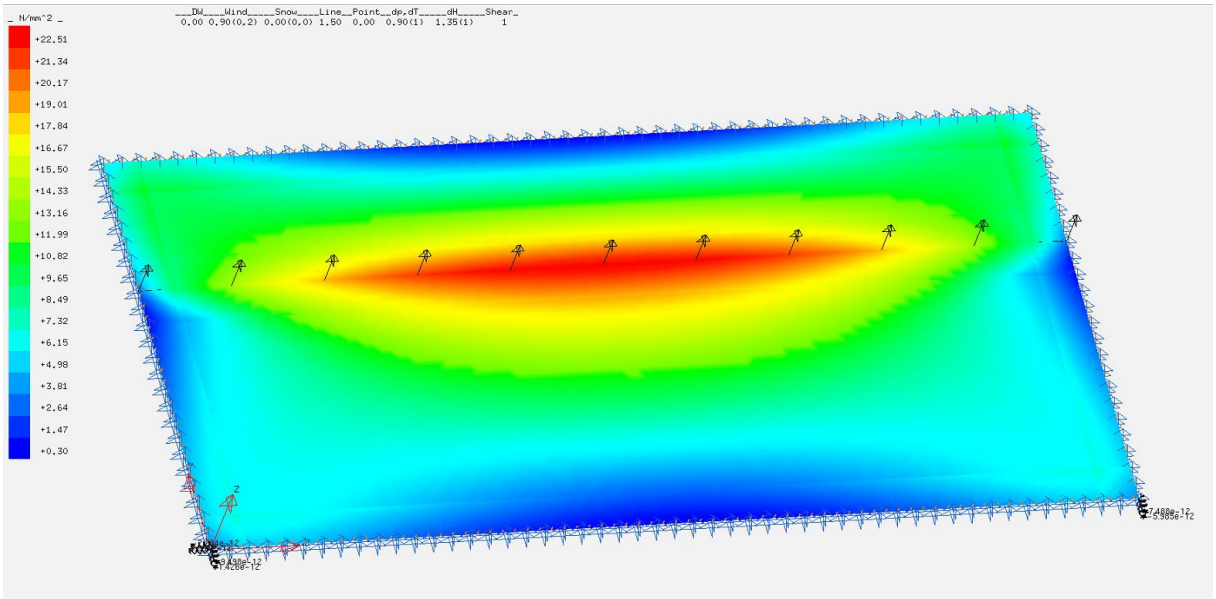
3.2.3.1 Außenscheibe

Max. Auslastung und Spannung (LK 10)

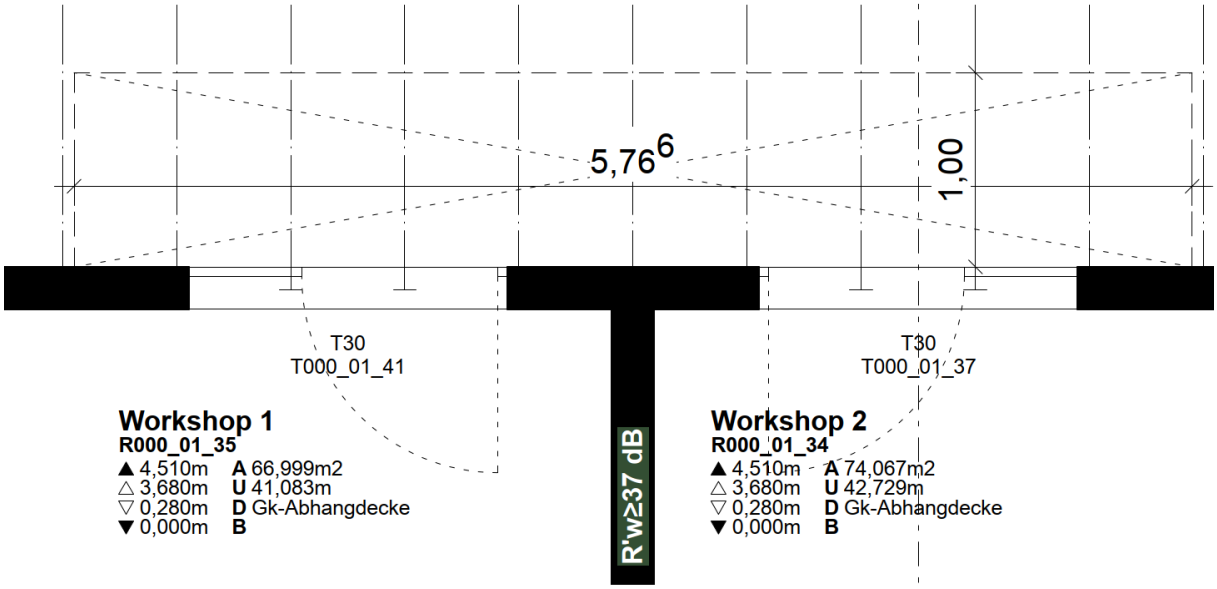


3.2.3.2 Innenscheibe

Max. Auslastung und Spannung (LK 9)



4 Oberlicht über Bereich workshop 1 / 2



4.1 Glasaufbau

ca. 1000 mm x 5760 mm – allseitig gelagert – zu Wartungszwecken betretbar

A: 10mm ESG (-H)
SZR:12-16mm
I: VSG 2 x 8 mm TVG >=0,76 mm PVB – Folie

4.2 Nachweis Flächenlasten (Anlage 5)

4.2.1 Nachweisprotokoll

• Scheibenaufbau und Festigkeit, DIN18008 - Deutschland - Orte < 1000m, hohe Schadensfolge

---

Paket	Glasart
2	ESG
1	TVG

	k_mod (K)						
Paket	g	w	s	l	q	ΔpΔT	ΔH
2	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
1	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

	(A)	(C)	(D)	(E)	(F)	(G)	(H)	(I)		(J)
Paket	fk	γ_M	D	E	F	G	k_z	k_c	VSG	k_vsg
2	120.00	1.50	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	—	1.10
1	70.00	1.50	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	✓	1.10

Bemessungsformel:
Rd = A*K*I*J*H/C

• Lastfallkombination

Bezeichnung		außen/oben	innen/unten	
w(1)	= Wind	-0.100	0.000	[kN/m²]
w(2)	= Wind	0.000	0.940	[kN/m²]
s(1)	= Schnee	-0.520		[kN/m²]
g	= Eigengewicht	α = 0.0°		
ΔH(1)	= Winter (Vorgabe)	-300.0		[m]
ΔH(2)	= Sommer (Vorgabe)	600.0		[m]

	p_a	p1_i	p2_i	p3_i	ΔT1	ΔT2	ΔT3
	N/mm²	N/mm²	N/mm²	N/mm²	K	K	K
Δp,ΔT(1) = Winter (Vorgabe)	0.1030	0.0990	0.0990	0.0990	-25.0	-25.0	-25.0
Δp,ΔT(2) = Sommer (Vorgabe)	0.1010	0.1030	0.1030	0.1030	20.0	20.0	20.0

LF	Beschreibung
1	1,35EG+0,9WD+1,5Schnee
2	1,35EG+1,5WD+0,75Schnee
3	1,35EG+1,5WD+0,75Schnee+0,9dPdT+1,35dH (Winter)
4	1,35EG+0,9WD+0,9Schnee+1,5dPdT+1,35dH (Winter)
5	1,35EG+0,9WD+1,5Schnee+0,9dPdT+1,35dH (Winter)
6	0,9EG+1,5WS
7	0,9EG+1,5WS+0,9dPdT+1,35dH (Winter)
8	0,9EG+0,9WS+1,5dPdT+1,35dH (Winter)
9	0.9EG+1.5WS+0,9dPdT+1,35dH (Sommer)
10	0.9EG+0,9WS+1,5dPdT+1,35dH (Sommer)
11	EG+0,6WD+S
12	EG+WD+0,5S
13	EG+WD+0,5S+0,6dPdT+dH (Winter)
14	EG+0,6WD+0,6S+dPdT+dH (Winter)
15	EG+0,6WD+S+0,6dPdT+dH (Winter)
16	0,9EG+WS
17	0,9EG+WS+0,6dPdT+dH (Winter)

18 0,9EG+0,6WS+dPdT+dH (Winter)
19 0,9EG+WS+0,6dPdT+dH (Sommer)
20 0,9EG+0,6WS+dPdT+dH (Sommer)

LF	EG	Wind	Schnee	Linie	Punkt	Klima		Schub	Nachweis
1	1.35	0.90	1.50	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	GZT
2	1.35	1.50	0.75	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	GZT
3	1.35	1.50	0.75	0.00	0.00	0.90	1.35	1.00	GZT
4	1.35	0.90	0.90	0.00	0.00	1.50	1.35	1.00	GZT
5	1.35	0.90	1.50	0.00	0.00	0.90	1.35	1.00	GZT
6	0.90	1.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	GZT
7	0.90	1.50	0.00	0.00	0.00	0.90	1.35	1.00	GZT
8	0.90	0.90	0.00	0.00	0.00	1.50	1.35	1.00	GZT
9	0.90	1.50	0.00	0.00	0.00	0.90	1.35	1.00	GZT
10	0.90	0.90	0.00	0.00	0.00	1.50	1.35	1.00	GZT
11	1.00	0.60	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	GZG
12	1.00	1.00	0.50	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	GZG
13	1.00	1.00	0.50	0.00	0.00	0.60	1.00	1.00	GZG
14	1.00	0.60	0.60	0.00	0.00	1.00	1.00	1.00	GZG
15	1.00	0.60	1.00	0.00	0.00	0.60	1.00	1.00	GZG
16	0.90	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	GZG
17	0.90	1.00	0.00	0.00	0.00	0.60	1.00	1.00	GZG
18	0.90	0.60	0.00	0.00	0.00	1.00	1.00	1.00	GZG
19	0.90	1.00	0.00	0.00	0.00	0.60	1.00	1.00	GZG
20	0.90	0.60	0.00	0.00	0.00	1.00	1.00	1.00	GZG

• Berechnungsergebnis - Ausnutzung - bis Lastfall 20

• Grenzzustand der Tragfähigkeit, GZT

Paket	Schicht	Seite	Bereich	Lastfall	σ	σ_grenz	%	OK/NOK
2	1	(oben)	Feld	10	13.02	80.00	16.27	✓
		(unten)	Feld	4	16.53	80.00	20.66	✓
1	3	(oben)	Feld	8	9.52	51.33	18.54	✓
		(unten)	Feld	10	8.68	51.33	16.92	✓
1	1	(oben)	Feld	8	9.52	51.33	18.54	✓
		(unten)	Feld	10	8.68	51.33	16.92	✓

• Gebrauchstauglichkeit, GZG

Paket	Lastfall		x	y	mm	%	OK/NOK
2	20	(max)	500.00	2880.00	2.30	23.04	✓
	14	(min)	500.00	2880.00	-3.25	32.55	✓
1	18	(max)	500.00	2880.00	2.11	21.09	✓
	20	(min)	500.00	2880.00	-2.31	23.08	✓

4.2.2 Ergebnis

Außenscheibe:

Spannungen — Die maximale Auslastung des Bemessungswiderstandes (20,7 %) tritt bei Lastfall 4 (1,35 * Eigengewicht + 0,9 * Winddruck + 0,9 * Schneelast + 1,5 * Klimalast + 1,35 * Höhenunterschied im Winter) mit 16,5 N/mm² auf.

Verformungen — Die maximale Auslastung der Verformungsgrenze (32,6 %) tritt bei Lastfall 14 (Eigengewicht + 0,6 * Winddruck + 0,6 * Schneelast + Klimalast + Höhenunterschied im Winter) mit 3,3 mm auf.

Innenscheibe:

Spannungen — Die maximale Auslastung des Bemessungswiderstandes (18,5 %) tritt bei Lastfall 8 (0,9 * Eigengewicht + 0,9 * Windsog + 1,5 * Klimalast + 1,35 * Höhenunterschied im Winter) mit 9,5 N/mm² auf.

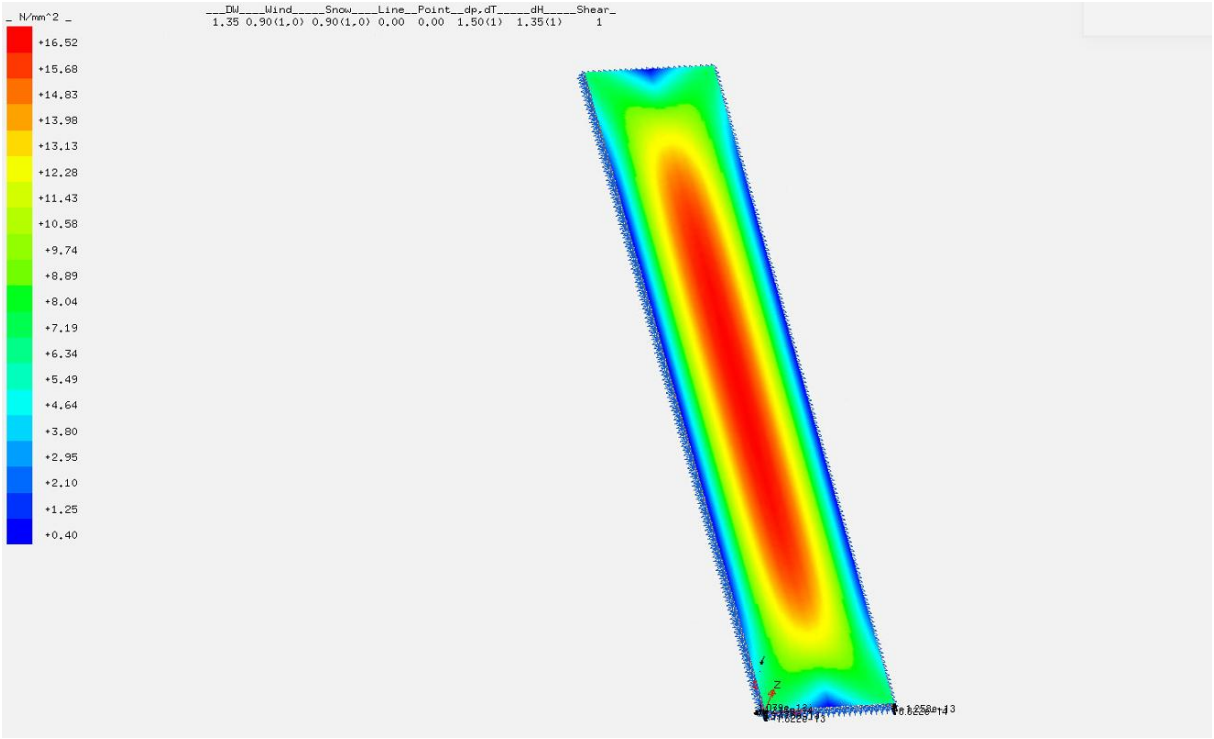
Verformungen — Die maximale Auslastung der Verformungsgrenze (23,1 %) tritt bei Lastfall 20 (0,9 * Eigengewicht + 0,6 * Windsog + Klimalast + Höhenunterschied im Winter) mit 2,3 mm auf.

Alle Spannungen und Verformungen liegen unter den Bemessungswiderständen, bzw. zulässigen Verformungen

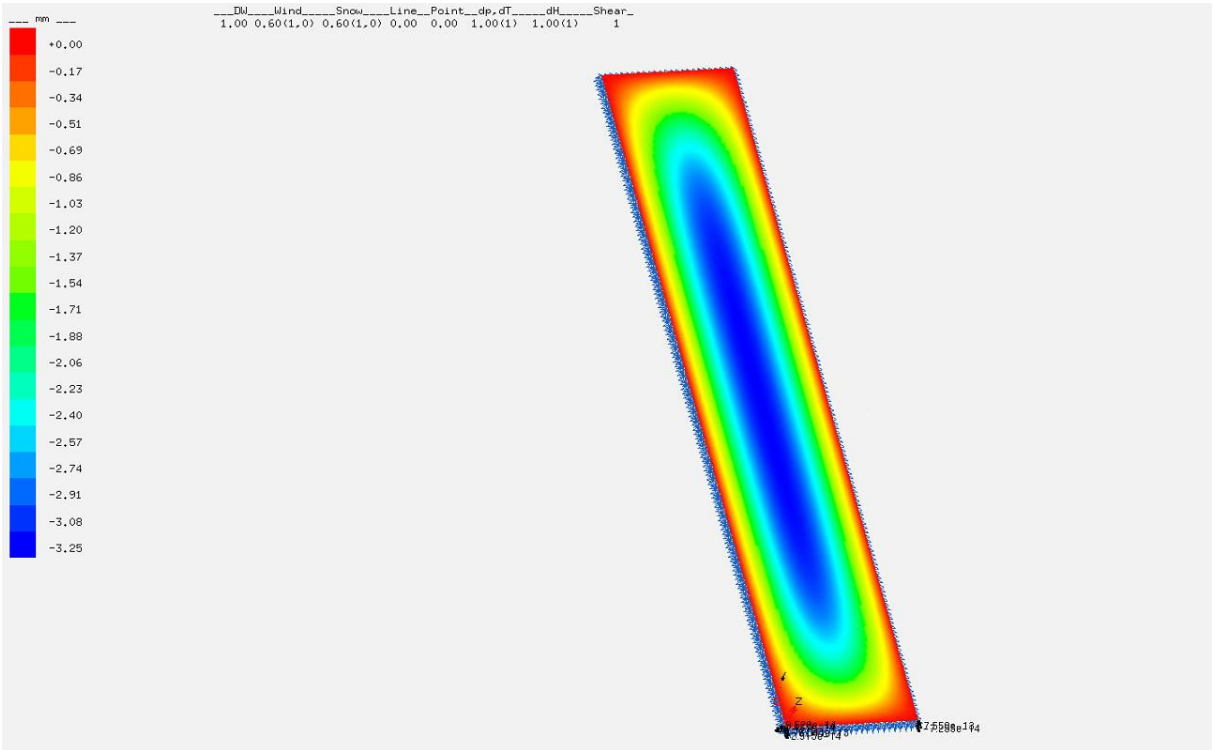
4.2.3 Grafische Darstellung

Außenscheibe:

Max. Auslastung und Spannung (LK 4):

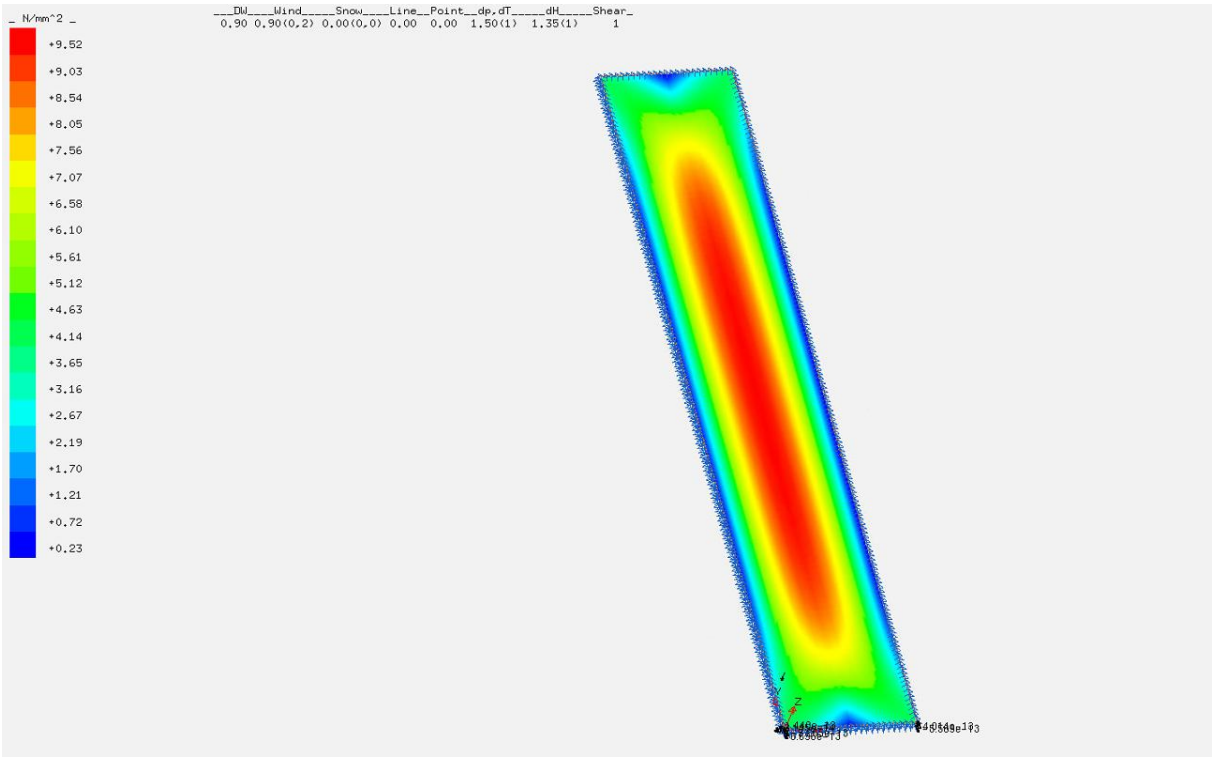


Max. Verformung (LK 14):

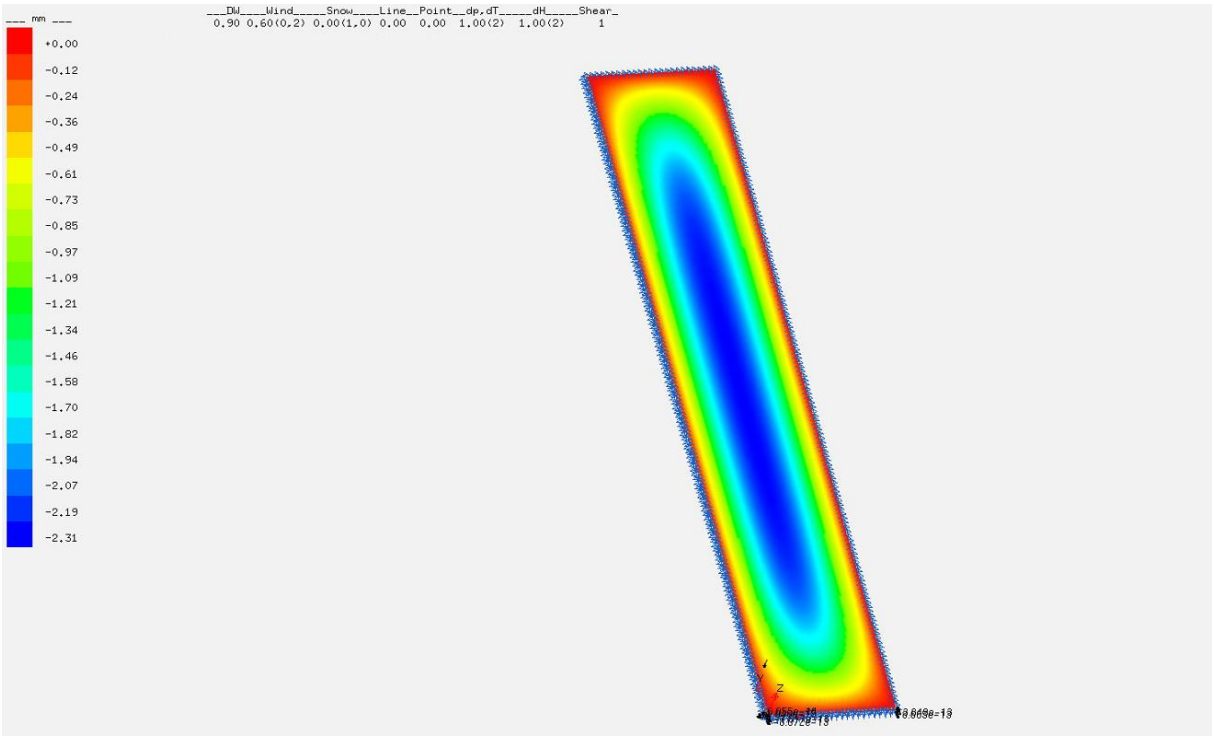


Innenscheibe:

Max. Auslastung und Spannung (LK 8):



Max. Verformung (LK 20):



4.3 Nachweis Einzellast (Anlage 6)

4.3.1 Nachweisprotokoll

• Scheibenaufbau und Festigkeit, DIN18008 - Deutschland - Orte < 1000m, hohe Schadensfolge

---

Paket	Glasart
2	ESG
1	TVG

	k_mod (K)						
Paket	g	w	s	l	q	ΔpΔT	ΔH
2	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
1	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

	(A)	(C)	(D)	(E)	(F)	(G)	(H)	(I)		(J)
Paket	fk	γ_M	D	E	F	G	k_z	k_c	VSG	k_vsg
2	120.00	1.50	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	—	1.10
1	70.00	1.50	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	✓	1.10

Bemessungsformel:
Rd = A*K*I*J*H/C

• Lastfallkombination

Bezeichnung		außen/oben	innen/unten	
w(1)	= Wind	-0.260	0.000	[kN/m²]
w(2)	= Wind	0.000	2.990	[kN/m²]
s(1)	= Schnee	-2.040		[kN/m²]
p(1)	= Punktlasten	-1.50		[kN]
g	= Eigengewicht	α = 0.0°		
ΔH(1)	= Winter (Vorgabe)	-300.0		[m]
ΔH(2)	= Sommer (Vorgabe)	600.0		[m]

		p_a	p1_i	p2_i	p3_i	ΔT1	ΔT2	ΔT3
		N/mm²	N/mm²	N/mm²	N/mm²	K	K	K
Δp,ΔT(1)	= Winter (Vorgabe)	0.1030	0.0990	0.0990	0.0990	-25.0	-25.0	-25.0
Δp,ΔT(2)	= Sommer (Vorgabe)	0.1010	0.1030	0.1030	0.1030	20.0	20.0	20.0

LF	Beschreibung
1	1,35EG+1,5*Punkt
2	EG+Punkt

LF	EG	Wind	Schnee	Linie	Punkt	Klima	Schub	Nachweis
1	1.35	0.00	0.00	0.00	1.50	0.00	0.00	1.00	GZT
2	1.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	1.00	GZG

• Berechnungsergebnis - Ausnutzung - bis Lastfall 2

• Grenzzustand der Tragfähigkeit, GZT

Paket	Schicht	Seite	Bereich	Lastfall	σ	σ_grenz	%	OK/NOK
2	1	(oben)	Feld	1	4.63	80.00	5.79	✓
		(unten)	Feld	1	43.49	80.00	54.37	✓
1	3	(oben)	Feld	1	1.85	51.33	3.60	✓
		(unten)	Feld	1	4.65	51.33	9.06	✓
1	1	(oben)	Feld	1	1.85	51.33	3.60	✓
		(unten)	Feld	1	4.65	51.33	9.06	✓

• Gebrauchstauglichkeit, GZG

Paket	Lastfall		x	y	mm	%	OK/NOK
2	2	(max)	0.00	0.00	0.00	0.00	✓
	2	(min)	500.00	2880.00	-4.19	41.93	✓
1	2	(max)	0.00	0.00	0.00	0.00	✓
	2	(min)	500.00	2880.00	-1.17	11.65	✓

4.3.2 Ergebnis

Außenscheibe:

Spannungen — Die maximale Auslastung des Bemessungswiderstandes (54,4 %) tritt bei Lastfall 1 (1,35 * Eigengewicht + 1,5 * Einzellast) mit 43,5 N/mm² auf.

Verformungen — Die maximale Auslastung der Verformungsgrenze (41,9 %) tritt bei Lastfall 2 (Eigengewicht + Einzellast) mit 4,2 mm auf.

Innenscheibe:

Spannungen — Die maximale Auslastung des Bemessungswiderstandes (9,1 %) tritt bei Lastfall 1 (1,35 * Eigengewicht + 1,5 * Einzellast) mit 4,7 N/mm² auf.

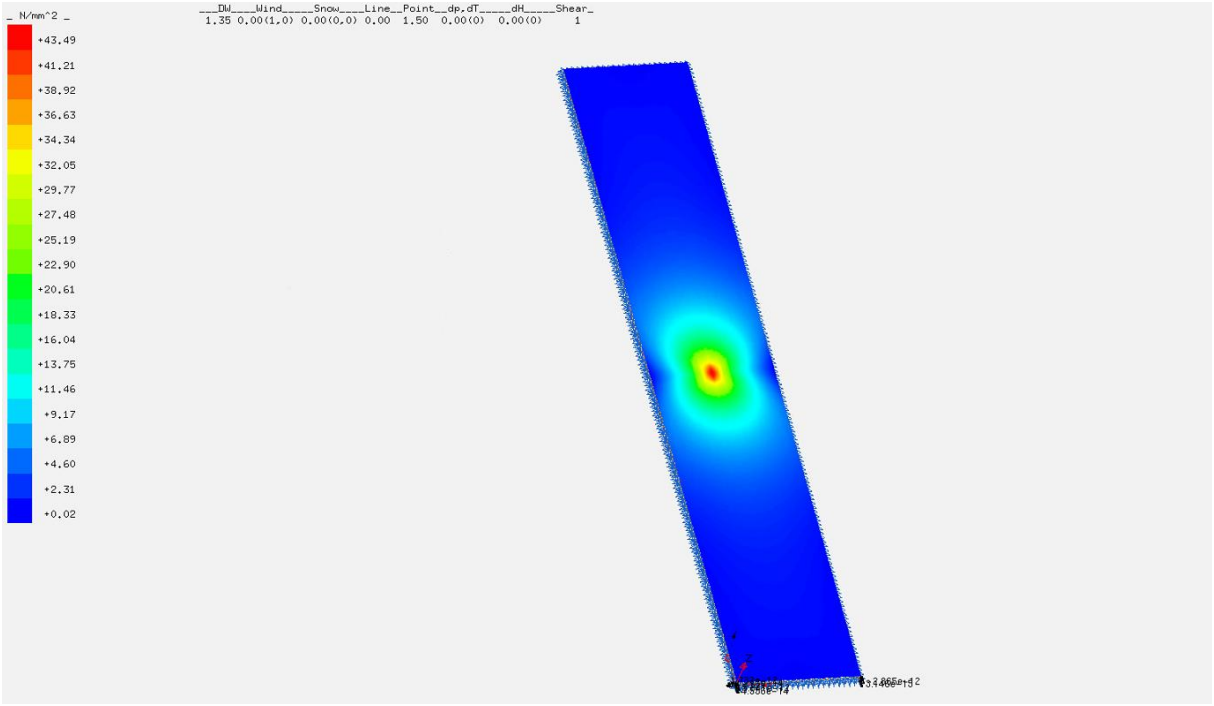
Verformungen — Die maximale Auslastung der Verformungsgrenze (11,7 %) tritt bei Lastfall 2 (Eigengewicht + Einzellast) mit 1,2 mm auf.

Alle Spannungen und Verformungen liegen unter den Bemessungswiderständen, bzw. zulässigen Verformungen.

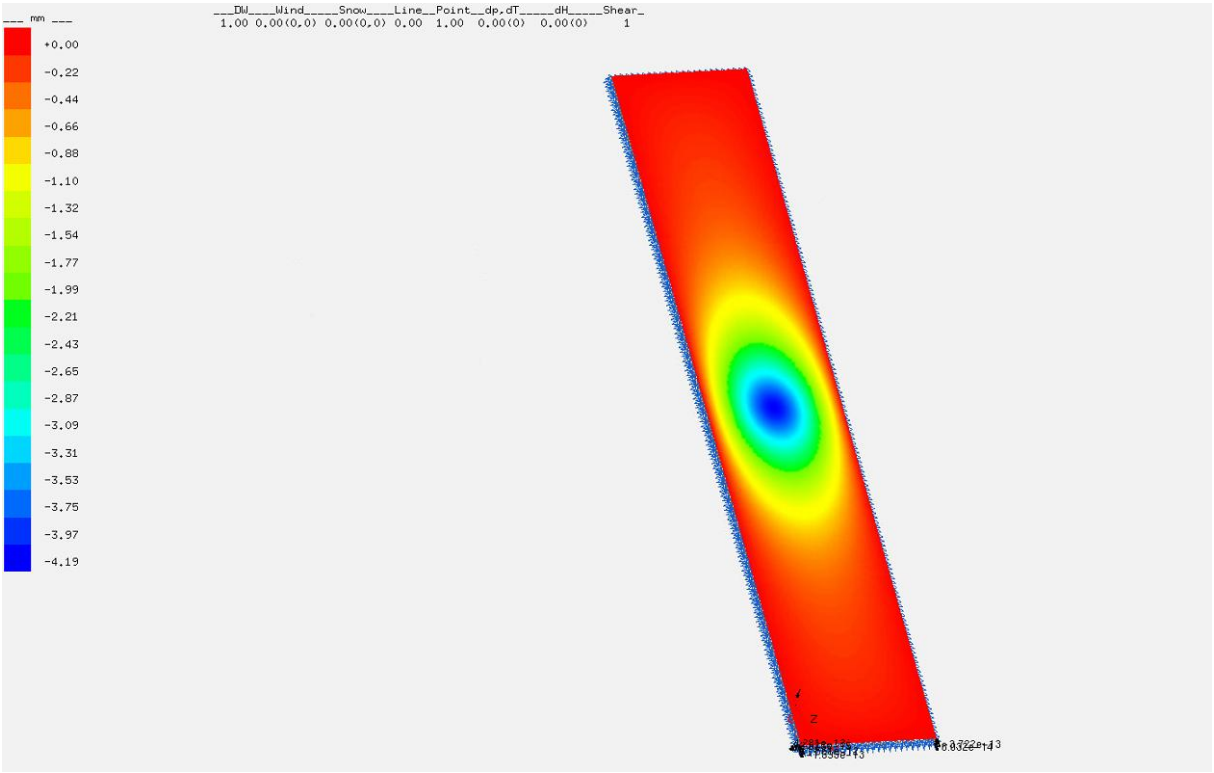
4.3.3 Grafische Darstellung

Außenscheibe:

Max. Auslastung und Spannung (LK 1):

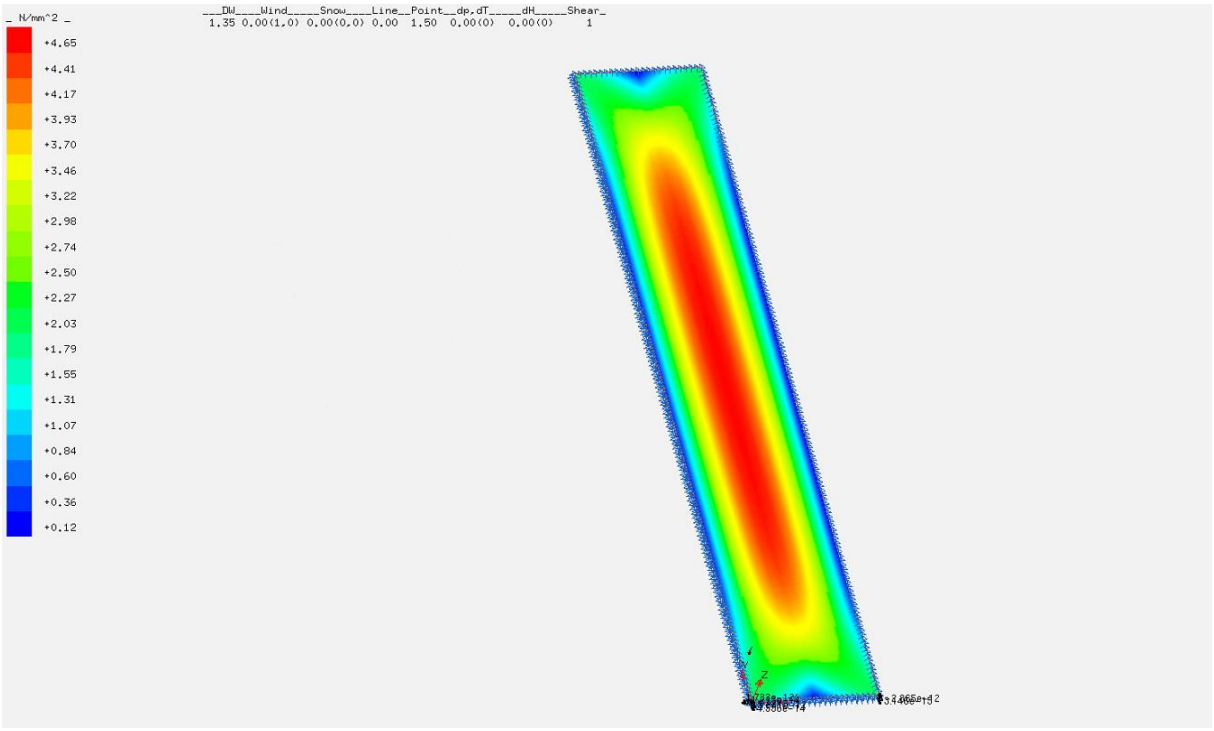


Max. Verformung (LK 2):

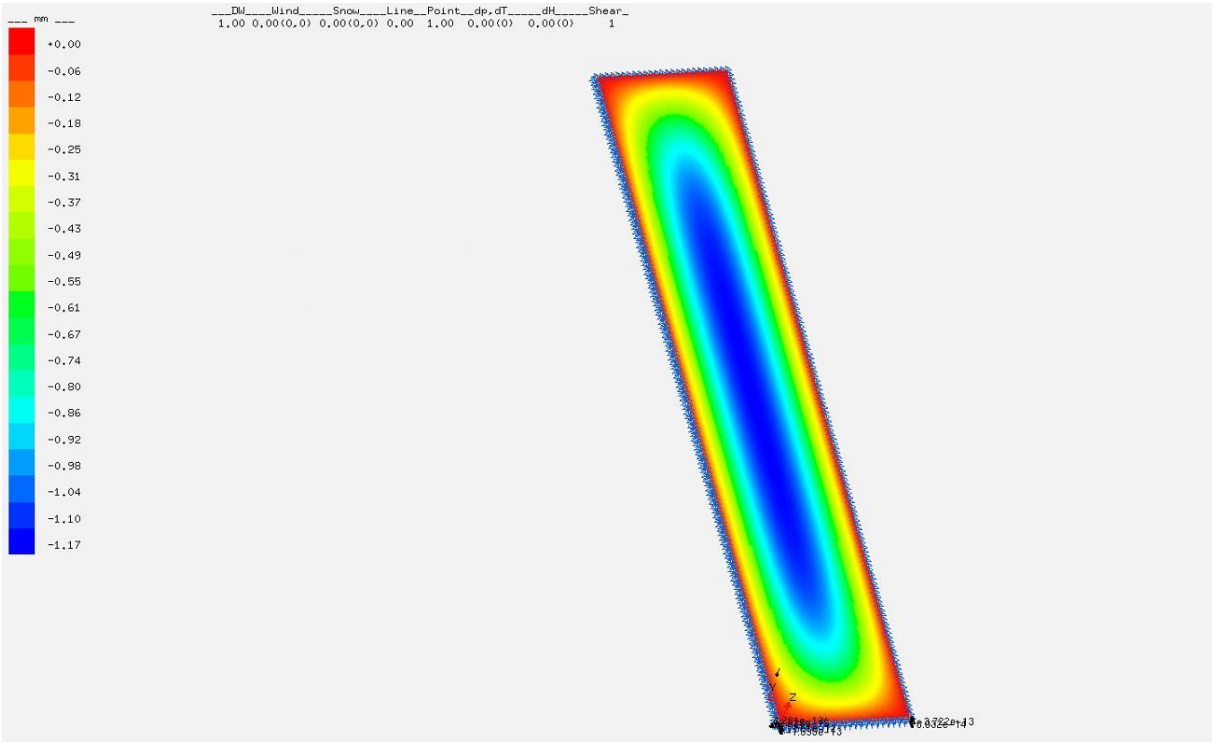


Innenscheibe:

Max. Auslastung und Spannung (LK 1):



Max. Verformung (LK 2):



4.4 Nachweis - Flächenlasten – Ausfall der Außenscheiben (Anlage 7)

4.4.1 Nachweisprotokoll

• Scheibenaufbau und Festigkeit, DIN18008 - Deutschland - Orte < 1000m, hohe Schadensfolge

---

Paket	Glasart
1	TVG

	k_mod (K)					
Paket	g	w	s	l	q	ΔpΔT	ΔH
1	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

	(A)	(C)	(D)	(E)	(F)	(G)	(H)	(I)		(J)
Paket	fk	γ_M	D	E	F	G	k_z	k_c	VSG	k_vsg
1	70.00	1.50	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	✓	1.10

Bemessungsformel:
Rd = A*K*I*J*H/C

• Lastfallkombination

Bezeichnung	außen/oben	innen/unten	
w(1) = Wind	-0.100	0.000	[kN/m²]
w(2) = Wind	0.000	0.940	[kN/m²]
s(1) = Schnee	-0.520		[kN/m²]
g = Eigengewicht	α = 0.0°		

LF	Beschreibung
1	EG+0,6WD+S
2	EG+WD+0,5S
3	EG+S
4	0,9EG+WS

LF	EG	Wind	Schnee	Linie	Punkt	Klima	Schub	Nachweis
1	1.63	0.60	1.00	0.00	0.00	0.00	1.00	GZT
2	1.63	1.00	0.50	0.00	0.00	0.00	1.00	GZT
3	1.63	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	1.00	GZT
4	1.46	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	GZT

• Berechnungsergebnis - Ausnutzung - bis Lastfall 4

• Grenzzustand der Tragfähigkeit, GZT

Paket	Schicht	Seite	Bereich	Lastfall	σ	σ_grenz	%	OK/NOK
1	3	(oben)	Feld	1	2.90	51.33	5.65	✓
		(unten)	Feld	1	7.29	51.33	14.20	✓
1	1	(oben)	Feld	1	2.90	51.33	5.65	✓
		(unten)	Feld	1	7.29	51.33	14.20	✓

4.4.2 Ergebnis

Spannungen — Die maximale Auslastung des Bemessungswiderstandes (14,2 %) tritt bei Lastfall 1 (Eigengewicht + 0,6 * Winddruck + Schneelast) mit 7,3 N/mm² auf.

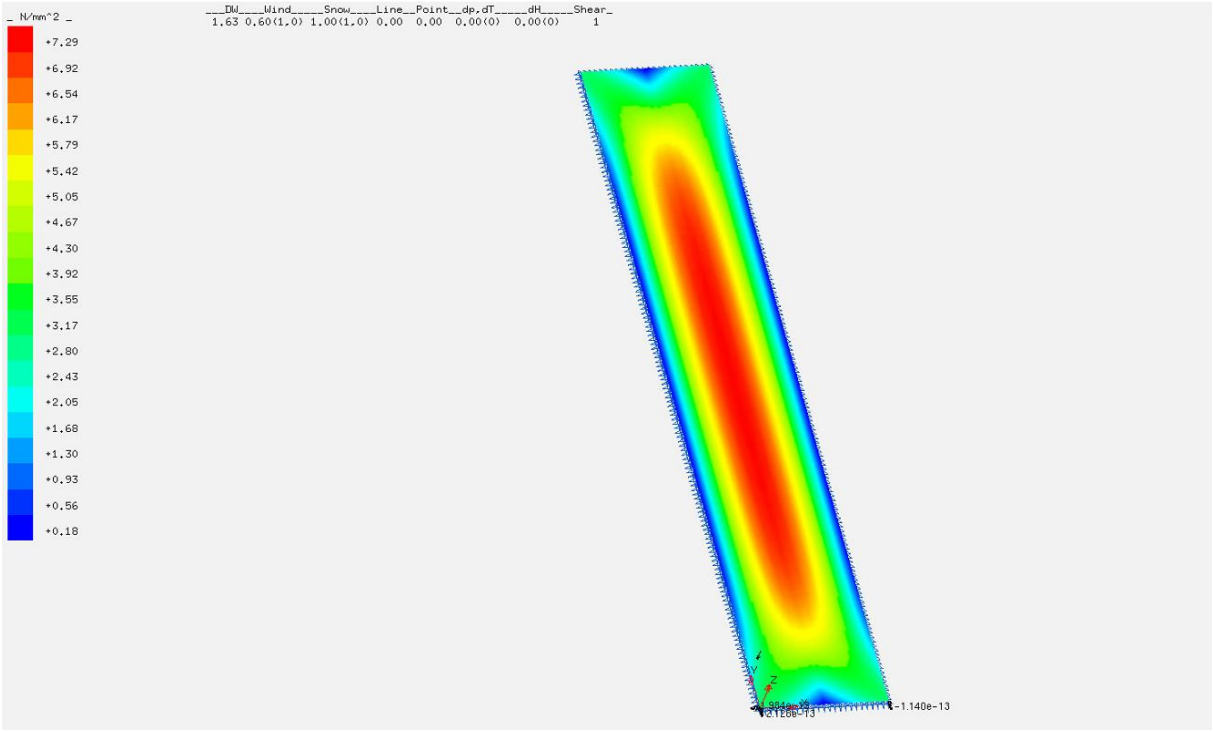
Es handelt sich gleichzeitig um die maximale Spannung.

Alle Spannungen liegen unter den Bemessungswiderständen.

4.4.3 Grafische Darstellung

Innenscheibe:

Max. Auslastung und Spannung (LK 1):



4.5 Nachweis - Einzellast – Ausfall der Außenscheiben (Anlage 8)

4.5.1 Nachweisprotokoll

• Scheibenaufbau und Festigkeit, DIN18008 - Deutschland - Orte < 1000m, hohe Schadensfolge

---

Paket	Glasart
1	TVG

	k_mod (K)					
Paket	g	w	s	l	q	ΔpΔT ΔH
1	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00 1.00

	(A)	(C)	(D)	(E)	(F)	(G)	(H)	(I)		(J)
Paket	fk	γ_M	D_	E_	F_	G	k_z	k_c	VSG	k_vsg_
1	70.00	1.50	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	✓	1.10

Bemessungsformel:
Rd = A*K*I*J*H/C

• Lastfallkombination

Bezeichnung		außen/oben	innen/unten	
w(1)	= Wind	-0.100	0.000	[kN/m²]
w(2)	= Wind	0.000	0.940	[kN/m²]
s(1)	= Schnee	-0.520		[kN/m²]
p(1)	= Punktlasten	-1.50		[kN]
g	= Eigengewicht	α = 0.0°		

LF	Beschreibung
1	EG+0,6WD+S

LF	EG	Wind	Schnee	Linie	Punkt	Klima	Schub	Nachweis
1	1.63	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	1.00	GZT

• Berechnungsergebnis - Ausnutzung - bis Lastfall 1

• Grenzzustand der Tragfähigkeit, GZT

Paket	Schicht	Seite	Bereich	Lastfall	σ	σ_grenz	%	OK/NOK
1	3	(oben)	Feld	1	2.33	51.33	4.54	✓
		(unten)	Feld	1	26.20	51.33	51.04	✓
1	1	(oben)	Feld	1	2.33	51.33	4.54	✓
		(unten)	Feld	1	26.20	51.33	51.04	✓

4.5.2 Ergebnis

Spannungen — Die maximale Auslastung des Bemessungswiderstandes (51,0 %) tritt bei Lastfall 1 (Eigengewicht + Einzellast) mit 26,2 N/mm² auf.

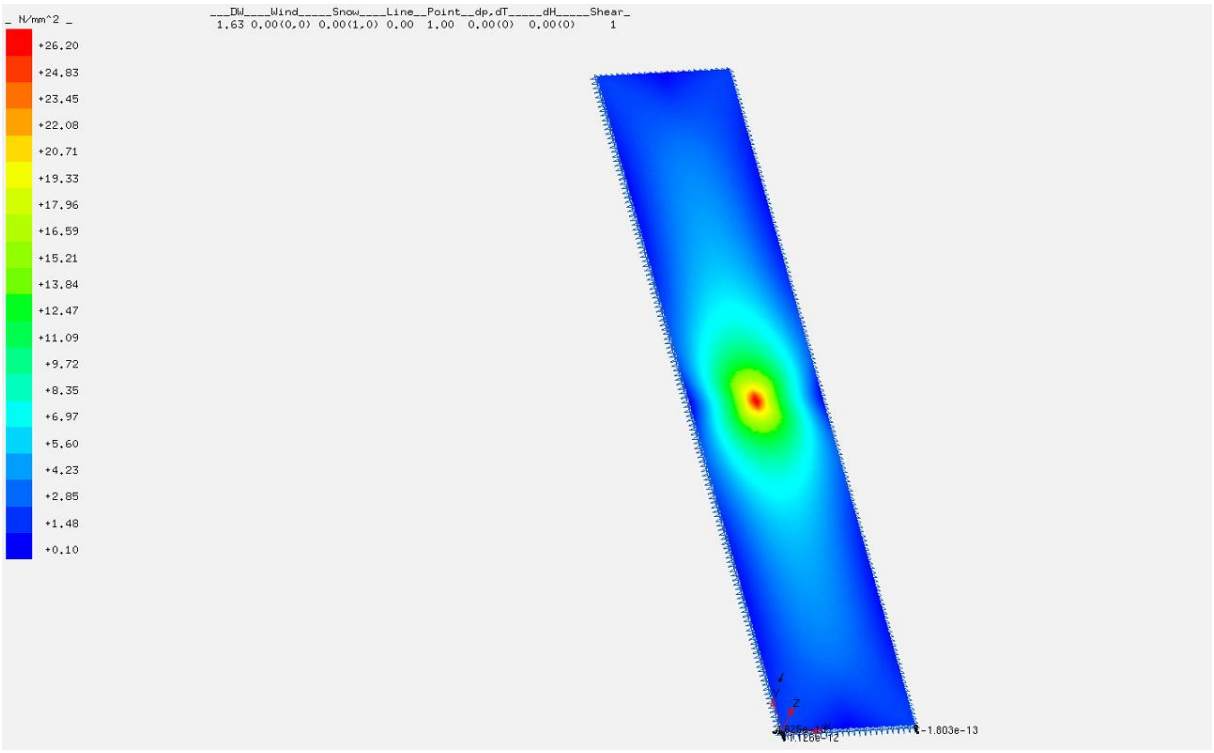
Es handelt sich gleichzeitig um die maximale Spannung.

Alle Spannungen liegen unter den Bemessungswiderständen.

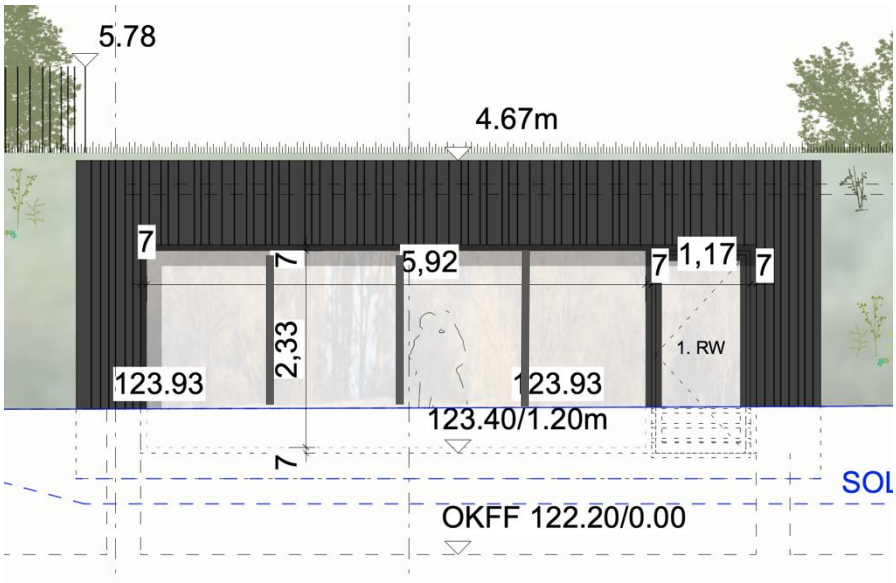
4.5.3 Grafische Darstellung

Innenscheibe:

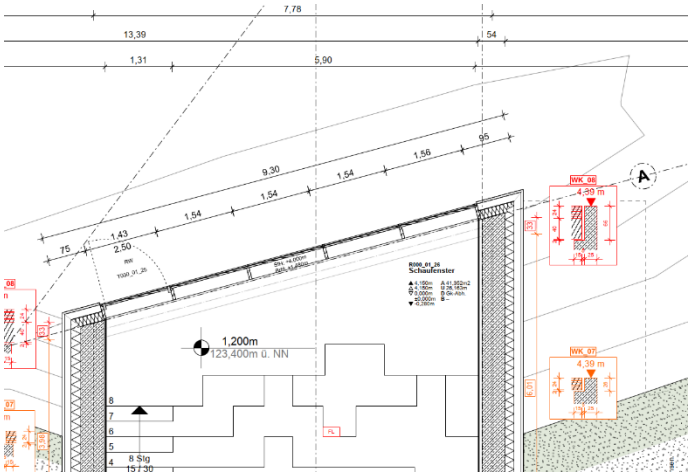
Max. Auslastung und Spannung (LK 1):



5 Nordfassade 1



Grundriss



Format: ca. 1540mm x 2330mm – als Festfeldelement an tragender Holz UK befestigt im Befestigungsabstand e=500mm

Pfosten: 150x50 C24 - Nachweis siehe Statik 9690-3 Pkt. 5.1

5.1 Glasaufbau

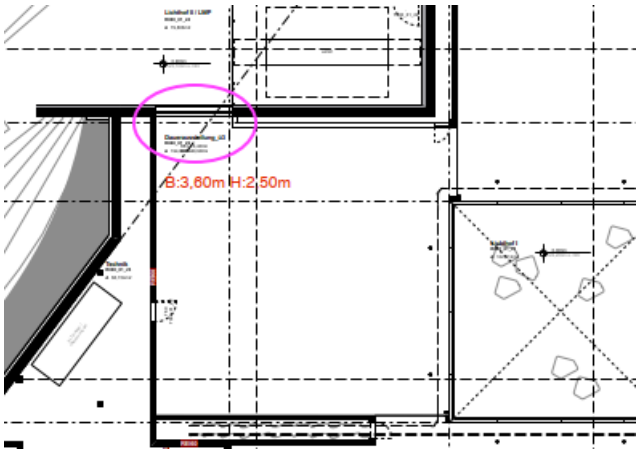
– **allseitig** als Festfeldelement

Außenscheibe	: VSG aus 2x4mm Float-Spiegelglas **(Standard PVB 0,76mm)**
SZR	: 16mm
Mittelscheibe	: 6mm Float
SZR	: 16mm
Innenscheibe	: VSG aus 2x4mm Float-Spiegelglas mit Energy 72/38 (1%) **(Standard PVB 0,76mm)**

Scheibengewicht : ca. 200 kg (Abtragung über Standardkonsole Fa. RAICO)

➔ Nachweis: abgedeckt durch Pos. 3.1 aus Statik 9690-3

6 Nordfassade 2



3600mm x 2590mm – **allseitig** als Festfeldelement

Außenscheibe	: VSG aus 2x6mm Float-Spiegelglas **(Standard PVB 0,76mm)**
SZR	: 16mm
Mittelscheibe	: 6mm Float
SZR	: 16mm
Innenscheibe	: VSG aus 2x6mm Float-Spiegelglas mit Energy 72/38 (1%) **(Standard PVB 0,76mm)**

Standkante geschliffen

Dimensionen Pfosten und Regel: siehe Atrium (Statik 9690-2)

6.1 Nachweis - Ohne Schubverbund (Anlage 11)

6.1.1 Nachweisprotokoll

• Scheibenaufbau und Festigkeit, DIN18008 - Deutschland - Orte < 1000m, hohe Schadensfolge

---

Paket	Glasart
3	Floatglas
2	Floatglas
1	Floatglas

	k_mod (K)					
Paket	g	w	s	l	q	ΔpΔT	ΔH
3	0.25	0.70	0.40	0.70	0.70	0.40	0.25
2	0.25	0.70	0.40	0.70	0.70	0.40	0.25
1	0.25	0.70	0.40	0.70	0.70	0.40	0.25

	(A)	(C)	(D)	(E)	(F)	(G)	(H)	(I)		(J)
Paket	fk	γ_M	D	E	F	G	k_z	k_c	VSG	k_vsg
3	45.00	1.80	1.00	1.00	1.00	1.00	0.80	1.80	✓	1.10
2	45.00	1.80	1.00	1.00	1.00	1.00	0.80	1.80	—	1.10
1	45.00	1.80	1.00	1.00	1.00	1.00	0.80	1.80	✓	1.10

Bemessungsformel:
Rd = A*K*I*J*H/C

• Lastfallkombination

Bezeichnung	außen/oben	innen/unten	
w(1) = Wind	-0.350	0.000	[kN/m²]
w(2) = Wind	0.000	0.580	[kN/m²]
q(1) = Linienlasten		1.00	[kN/m]
ΔH(1) = Winter (Vorgabe)	-300.0		[m]
ΔH(2) = Sommer (Vorgabe)	600.0		[m]

	p_a	p1_i	p2_i	p3_i	ΔT1	ΔT2	ΔT3
	N/mm²	N/mm²	N/mm²	N/mm²	K	K	K
Δp,ΔT(1) = Winter (Vorgabe)	0.1030	0.0990	0.0990	0.0990	-25.0	-25.0	-25.0
Δp,ΔT(2) = Sommer (Vorgabe)	0.1010	0.1030	0.1030	0.1030	20.0	20.0	20.0

LF	Beschreibung
1	+1.35ΔH(Winter)
2	+1.35ΔH(Sommer)
3	+1.50Δp,ΔT+1.35ΔH(Winter)
4	+1.50Δp,ΔT+1.35ΔH(Sommer)
5	+1.50wd+0.90Δp,ΔT+1.35ΔH(Winter)
6	+1.50wd+0.90Δp,ΔT+1.35ΔH(Sommer)
7	+1.50ws+1.05q+0.90Δp,ΔT+1.35ΔH(Winter)
8	+1.50ws+1.05q+0.90Δp,ΔT+1.35ΔH(Sommer)
9	+0.90ws+1.50q+0.90Δp,ΔT+1.35ΔH(Winter)
10	+0.90ws+1.50q+0.90Δp,ΔT+1.35ΔH(Sommer)
11	+0.90wd+1.50Δp,ΔT+1.35ΔH(Winter)
12	+0.90wd+1.50Δp,ΔT+1.35ΔH(Sommer)
13	+0.90ws+1.05q+1.50Δp,ΔT+1.35ΔH(Winter)
14	+0.90ws+1.05q+1.50Δp,ΔT+1.35ΔH(Sommer)

LF	EG	Wind	Schnee	Linie	Punkt	Klima	Schub	Nachweis
1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.35	1.00	GZT
2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.35	1.00	GZT
3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.50	1.35	1.00	GZT
4	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.50	1.35	1.00	GZT
5	0.00	1.50	0.00	0.00	0.00	0.90	1.35	1.00	GZT
6	0.00	1.50	0.00	0.00	0.00	0.90	1.35	1.00	GZT
7	0.00	1.50	0.00	1.05	0.00	0.90	1.35	1.00	GZT
8	0.00	1.50	0.00	1.05	0.00	0.90	1.35	1.00	GZT
9	0.00	0.90	0.00	1.50	0.00	0.90	1.35	1.00	GZT
10	0.00	0.90	0.00	1.50	0.00	0.90	1.35	1.00	GZT
11	0.00	0.90	0.00	0.00	0.00	1.50	1.35	1.00	GZT
12	0.00	0.90	0.00	0.00	0.00	1.50	1.35	1.00	GZT
13	0.00	0.90	0.00	1.05	0.00	1.50	1.35	1.00	GZT
14	0.00	0.90	0.00	1.05	0.00	1.50	1.35	1.00	GZT

• Berechnungsergebnis - Ausnutzung - bis Lastfall 14

• Grenzzustand der Tragfähigkeit, GZT

Paket	Schicht	Seite	Bereich	Lastfall		σ	σ_grenz	%	OK/NOK
3	3	(oben)	Rand	3	8	14.31	27.72	51.61	✓
		(unten)	Rand	3	8	13.57	27.72	48.97	✓
3	3	(oben)	Feld		8	14.28	34.65	41.22	✓
		(unten)	Feld		8	13.33	34.65	38.48	✓
3	1	(oben)	Rand	3	8	14.31	27.72	51.61	✓
		(unten)	Rand	3	8	13.57	27.72	48.97	✓
3	1	(oben)	Feld		8	14.28	34.65	41.22	✓
		(unten)	Feld		8	13.33	34.65	38.48	✓
2	1	(oben)	Rand	1	7	10.04	25.20	39.84	✓
		(unten)	Rand	1	7	9.59	25.20	38.07	✓
2	1	(oben)	Feld		7	10.05	31.50	31.90	✓
		(unten)	Feld		7	9.46	31.50	30.02	✓
1	3	(oben)	Rand	4	7	14.96	27.72	53.96	✓
		(unten)	Rand	4	7	14.30	27.72	51.59	✓
1	3	(oben)	Feld		9	20.95	34.65	60.45	✓
		(unten)	Feld		7	13.73	34.65	39.63	✓
1	1	(oben)	Rand	4	7	14.96	27.72	53.96	✓
		(unten)	Rand	4	7	14.30	27.72	51.59	✓
1	1	(oben)	Feld		9	20.94	34.65	60.45	✓
		(unten)	Feld		7	13.73	34.65	39.63	✓

6.1.2 Auswertung

Außenscheibe: Die maximale Auslastung von 51,6 % entsteht bei Lastfall 8 (1,5 * Windsog + 1,05 * Holmlast + 0,9 * Klimalast + 1,35 * Höhenunterschied im Sommer) am Scheibenrand.

Es handelt sich gleichzeitig um die maximale Spannung (14,3 N/mm²).

Mittelscheibe: Die maximale Auslastung von 39,8 % entsteht bei Lastfall 7 (1,5 * Windsog + 1,05 * Holmlast + 0,9 * Klimalast + 1,35 * Höhenunterschied im Winter) am Scheibenrand.

Die maximale Spannung (10,1 N/mm²) entsteht beim selben Lastfall im Feld.

Innenscheibe Die maximale Auslastung von 60,5 % entsteht bei Lastfall 9 (0,9 * Windsog + 1,5 * Holmlast + 0,9 * Klimalast + 1,35 * Höhenunterschied im Winter).

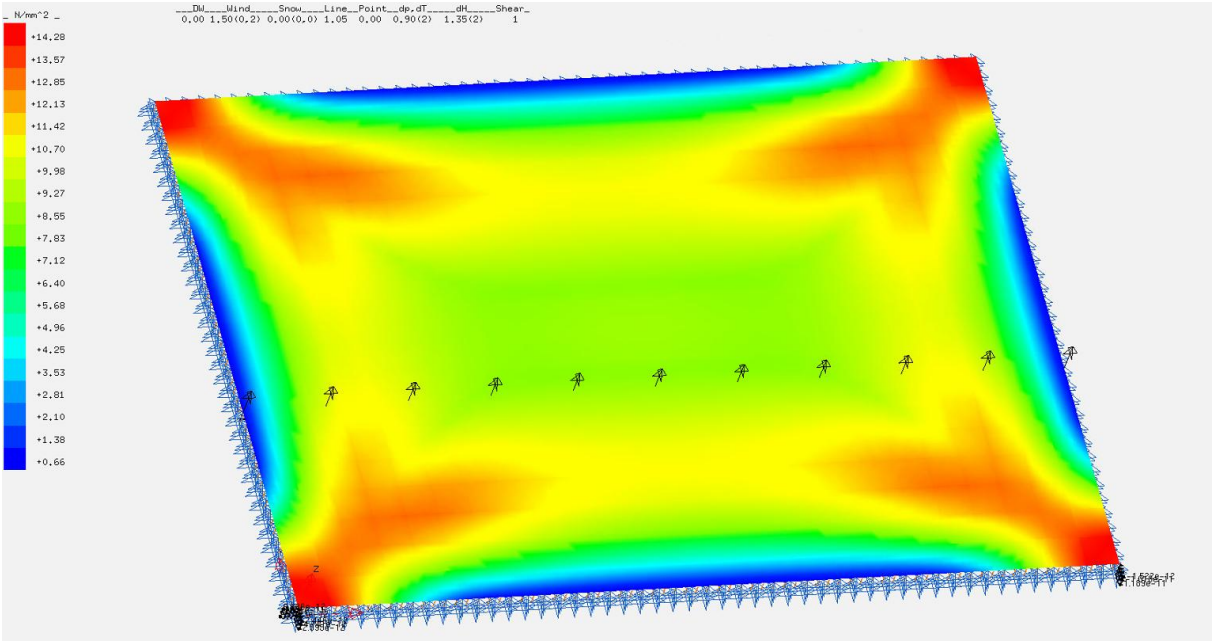
Es handelt sich gleichzeitig um die maximale Spannung (21,0 N/mm²).

Alle Spannungen liegen unter den Bemessungswiderständen.

6.1.3 Grafische Auswertung

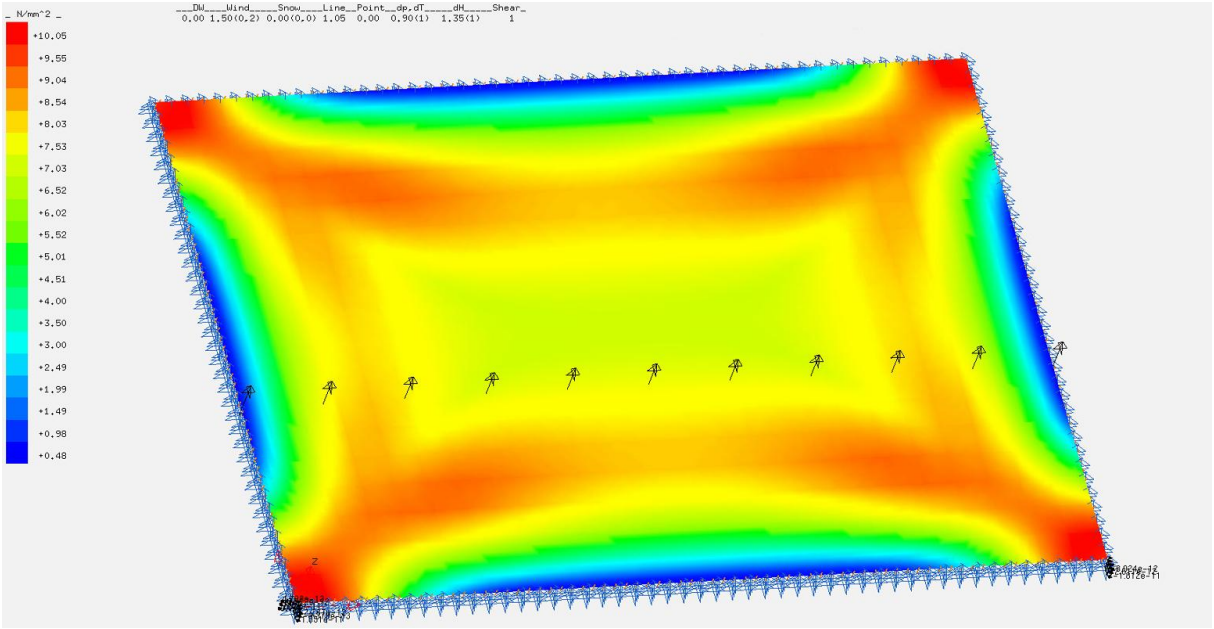
6.1.3.1 Außenscheibe

Max. Auslastung und Spannung (LK 8)



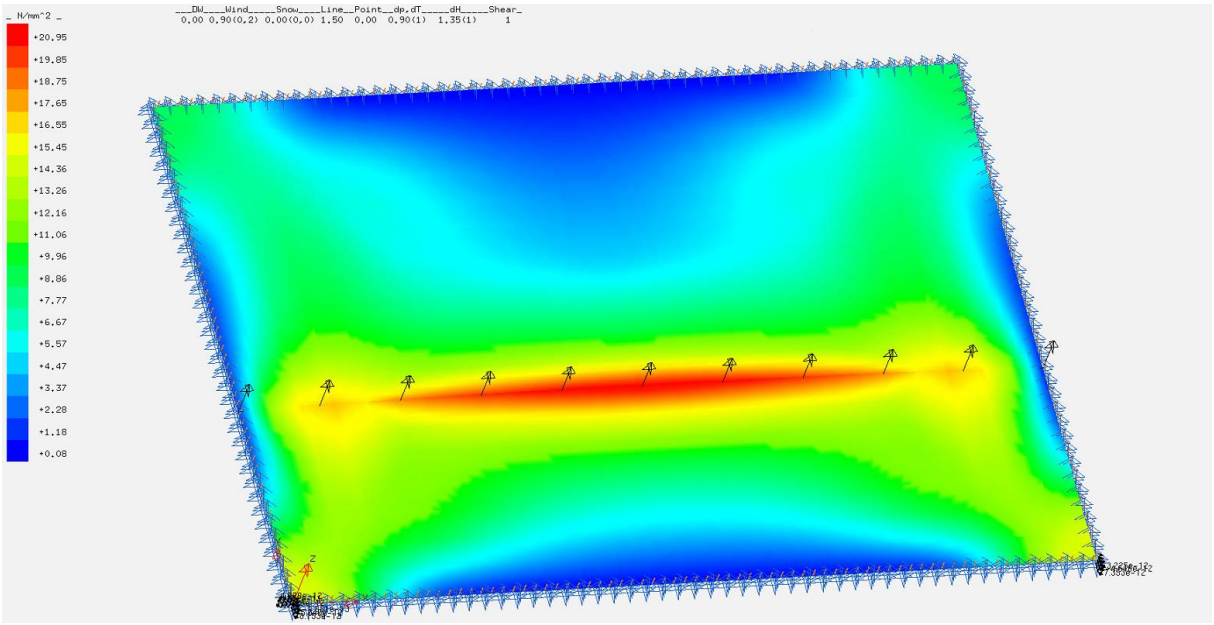
6.1.3.2 Mittelscheibe

Max. Auslastung und Spannung (LK 7)

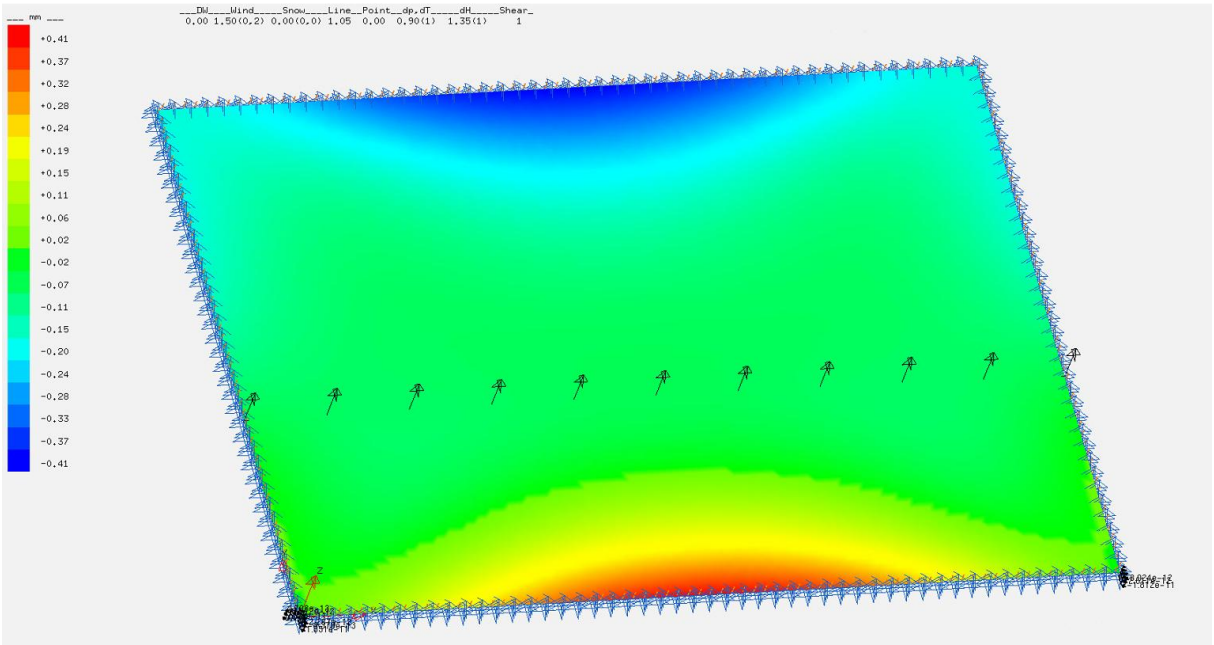


6.1.3.3 Innenscheibe

Max. Auslastung und Spannung (LK 9)



6.1.3.4 Scheibenverkürzung (LK 7)



Es kommt zu keiner Scheibenverkürzung (< 1 mm). → o.k.

6.2 Nachweis mit Schubverbund (Anlage 12)

6.2.1 Nachweisprotokoll

• Scheibenaufbau und Festigkeit, DIN18008 - Deutschland - Orte < 1000m, hohe Schadensfolge

---

Paket	Glasart
3	Floatglas
2	Floatglas
1	Floatglas

	k_mod (K)					
Paket	g	w	s	l	q	ΔpΔT	ΔH
3	0.25	0.70	0.40	0.70	0.70	0.40	0.25
2	0.25	0.70	0.40	0.70	0.70	0.40	0.25
1	0.25	0.70	0.40	0.70	0.70	0.40	0.25

	(A)	(C)	(D)	(E)	(F)	(G)	(H)	(I)		(J)
Paket	fk	γ_M	D	E	F	G	k_z	k_c	VSG	k_vsg
3	45.00	1.80	1.00	1.00	1.00	1.00	0.80	1.80	✓	1.10
2	45.00	1.80	1.00	1.00	1.00	1.00	0.80	1.80	—	1.10
1	45.00	1.80	1.00	1.00	1.00	1.00	0.80	1.80	✓	1.10

Bemessungsformel:
Rd = A*K*I*J*H/C

• Lastfallkombination

Bezeichnung	außen/oben	innen/unten	
w(1) = Wind	-0.350	0.000	[kN/m²]
w(2) = Wind	0.000	0.580	[kN/m²]
q(1) = Linienlasten		1.00	[kN/m]
ΔH(1) = Winter (Vorgabe)	-300.0		[m]
ΔH(2) = Sommer (Vorgabe)	600.0		[m]

	p_a	p1_i	p2_i	p3_i	ΔT1	ΔT2	ΔT3
	N/mm²	N/mm²	N/mm²	N/mm²	K	K	K
Δp,ΔT(1) = Winter (Vorgabe)							
	0.1030	0.0990	0.0990	0.0990	-25.0	-25.0	-25.0
Δp,ΔT(2) = Sommer (Vorgabe)							
	0.1010	0.1030	0.1030	0.1030	20.0	20.0	20.0

LF	Beschreibung
1	+1.35ΔH(Winter)
2	+1.35ΔH(Sommer)
3	+1.50Δp,ΔT+1.35ΔH(Winter)
4	+1.50Δp,ΔT+1.35ΔH(Sommer)
5	+1.50wd+0.90Δp,ΔT+1.35ΔH(Winter)
6	+1.50wd+0.90Δp,ΔT+1.35ΔH(Sommer)
7	+1.50ws+1.05q+0.90Δp,ΔT+1.35ΔH(Winter)
8	+1.50ws+1.05q+0.90Δp,ΔT+1.35ΔH(Sommer)
9	+0.90ws+1.50q+0.90Δp,ΔT+1.35ΔH(Winter)
10	+0.90ws+1.50q+0.90Δp,ΔT+1.35ΔH(Sommer)
11	+0.90wd+1.50Δp,ΔT+1.35ΔH(Winter)
12	+0.90wd+1.50Δp,ΔT+1.35ΔH(Sommer)
13	+0.90ws+1.05q+1.50Δp,ΔT+1.35ΔH(Winter)
14	+0.90ws+1.05q+1.50Δp,ΔT+1.35ΔH(Sommer)

LF	EG	Wind	Schnee	Linie	Punkt	Klima		Schub	Nachweis
1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.35	1.00	GZT
2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.35	1.00	GZT
3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.50	1.35	1.00	GZT
4	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.50	1.35	1.00	GZT
5	0.00	1.50	0.00	0.00	0.00	0.90	1.35	1.00	GZT
6	0.00	1.50	0.00	0.00	0.00	0.90	1.35	1.00	GZT
7	0.00	1.50	0.00	1.05	0.00	0.90	1.35	1.00	GZT
8	0.00	1.50	0.00	1.05	0.00	0.90	1.35	1.00	GZT
9	0.00	0.90	0.00	1.50	0.00	0.90	1.35	1.00	GZT
10	0.00	0.90	0.00	1.50	0.00	0.90	1.35	1.00	GZT
11	0.00	0.90	0.00	0.00	0.00	1.50	1.35	1.00	GZT
12	0.00	0.90	0.00	0.00	0.00	1.50	1.35	1.00	GZT
13	0.00	0.90	0.00	1.05	0.00	1.50	1.35	1.00	GZT
14	0.00	0.90	0.00	1.05	0.00	1.50	1.35	1.00	GZT

• Berechnungsergebnis - Ausnutzung - bis Lastfall 14

• Grenzzustand der Tragfähigkeit, GZT

Paket	Schicht	Seite	Bereich	Lastfall		σ	σ_grenz	%	OK/NOK
3	3	(oben)	Rand	3	4	4.10	15.84	25.91	✓
		(unten)	Rand	1	3	1.74	15.84	10.96	✓
3	3	(oben)	Feld		4	8.78	19.80	44.33	✓
		(unten)	Feld		3	1.62	19.80	8.17	✓
3	1	(oben)	Rand	1	4	1.97	15.84	12.44	✓
		(unten)	Rand	3	4	4.31	15.84	27.24	✓
3	1	(oben)	Feld		4	1.84	19.80	9.28	✓
		(unten)	Feld		3	7.76	19.80	39.18	✓
2	1	(oben)	Rand	1	7	1.74	25.20	6.89	✓
		(unten)	Rand	1	7	1.72	25.20	6.81	✓
2	1	(oben)	Feld		7	2.53	31.50	8.03	✓
		(unten)	Feld		7	1.71	31.50	5.43	✓
1	3	(oben)	Rand	1	4	4.31	15.84	27.24	✓
		(unten)	Rand	3	4	1.97	15.84	12.44	✓
1	3	(oben)	Feld		9	16.75	34.65	48.35	✓
		(unten)	Feld		4	1.84	19.80	9.28	✓
1	1	(oben)	Rand	1	13	3.08	27.72	11.11	✓
		(unten)	Rand	3	4	4.10	15.84	25.91	✓
1	1	(oben)	Feld		13	2.87	34.65	8.29	✓
		(unten)	Feld		4	8.78	19.80	44.33	✓

6.2.2 Auswertung

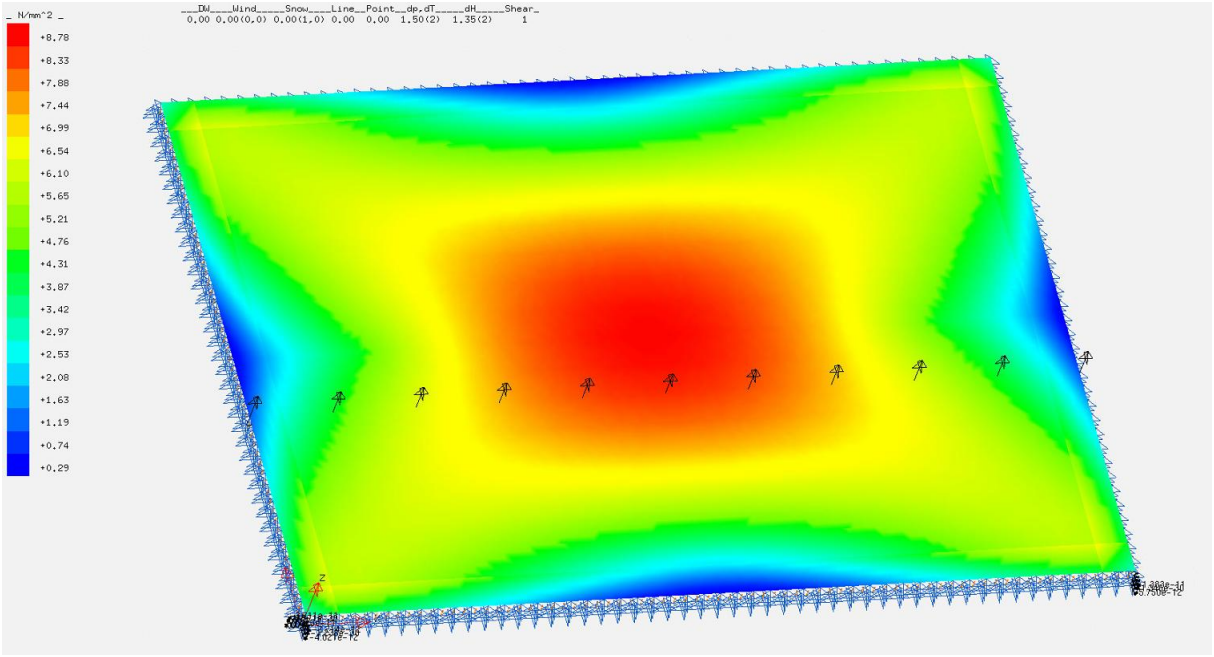
Außenscheibe:	Die maximale Auslastung von 44,3 % entsteht bei Lastfall 4 (1,5 * Klimalast + 1,35 * Höhenunterschied im Sommer). Die maximale Spannung (13,7 N/mm²) entsteht bei Lastfall 14 (0,9 * Windsog + 1,05 * Holmlast + 1,5 * Klimalast + 1,35 * Höhenunterschied im Sommer).
Mittelscheibe:	Die maximale Auslastung von 8,0 % entsteht bei Lastfall 7 (1,5 * Windsog + 1,05 * Holmlast + 0,9 * Klimalast + 1,35 * Höhenunterschied im Winter). Es handelt sich gleichzeitig um die maximale Spannung (2,5 N/mm²).
Innenscheibe	Die maximale Auslastung von 48,4 % entsteht bei Lastfall 9 (0,9 * Windsog + 1,5 * Holmlast + 0,9 * Klimalast + 1,35 * Höhenunterschied im Winter). Es handelt sich gleichzeitig um die maximale Spannung (16,8 N/mm²).

Alle Spannungen liegen unter den Bemessungswiderständen.

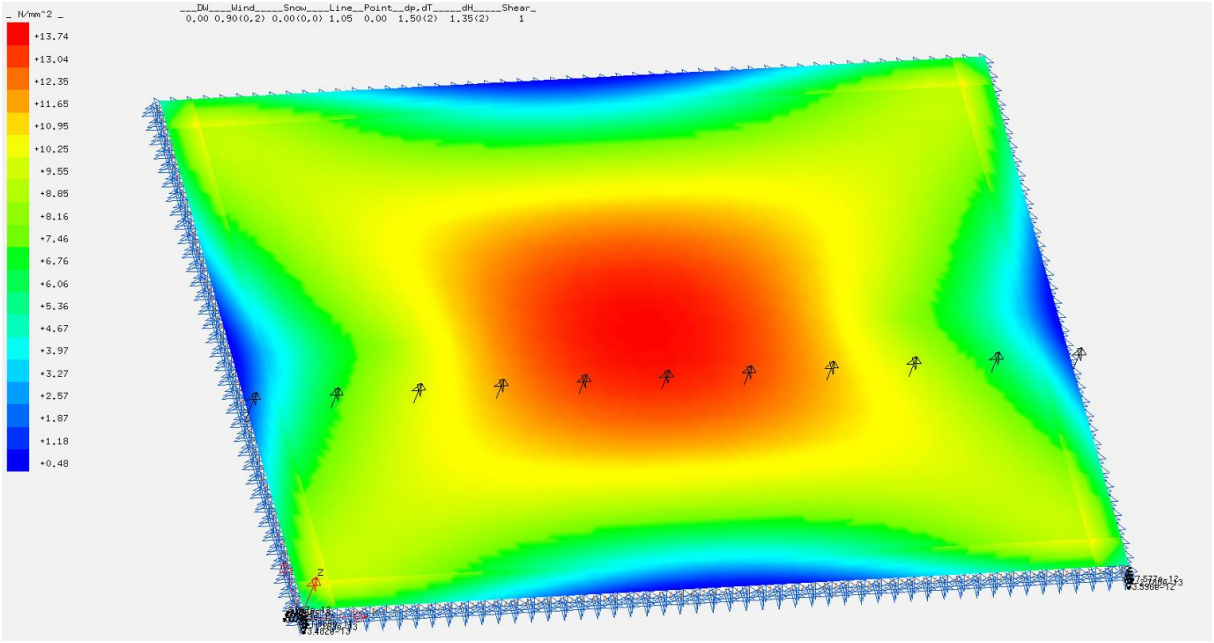
6.2.3 Grafische Auswertung

6.2.3.1 Außenscheibe

Max. Auslastung (LK 4)

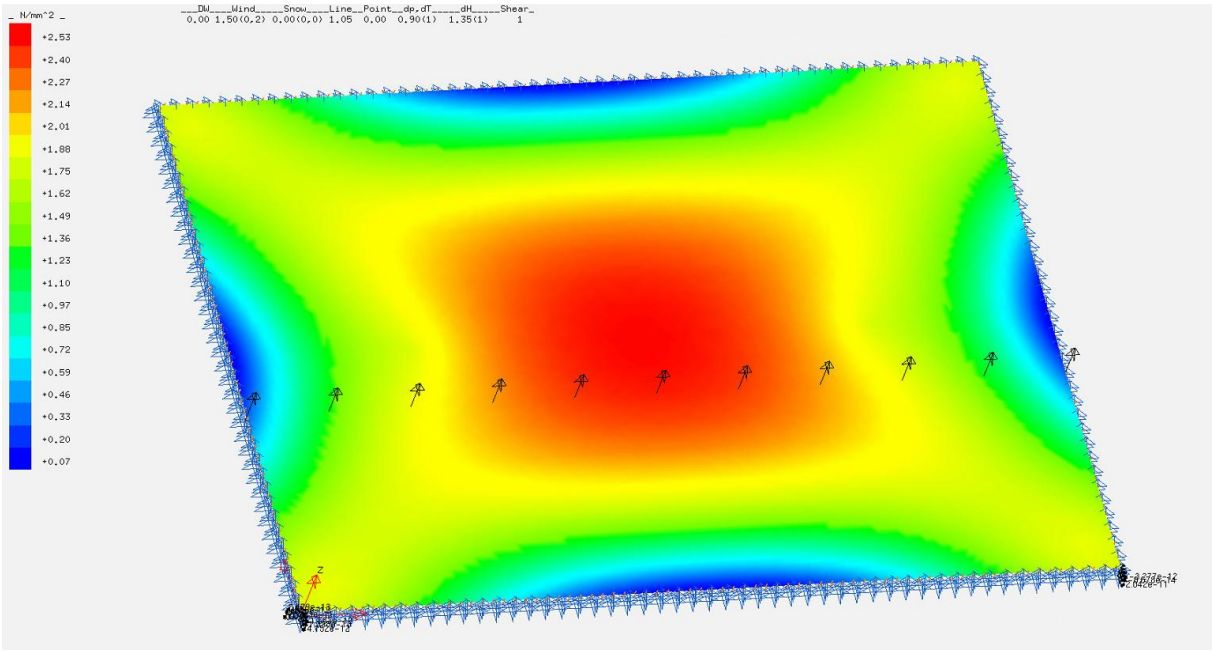


Max. Spannung (LK 14)



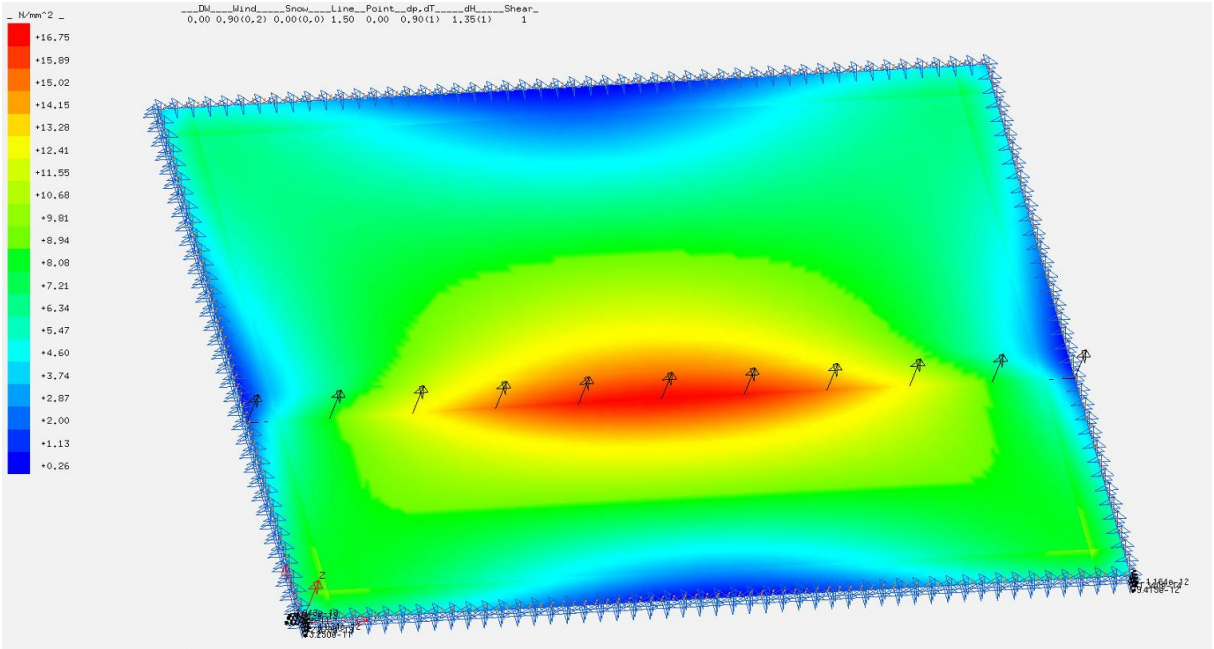
6.2.3.2 Mittelscheibe

Max. Auslastung und Spannung (LK 7)



6.2.3.3 Innenscheibe

Max. Auslastung und Spannung (LK 9)



7 Nordfassade 3

2750mm x 3400mm – **allseitig** als Festfeldelement

Außenscheibe	: VSG aus 2x6mm Float-Spiegelglas **(Standard PVB 0,76mm)**
SZR	: 16mm
Mittelscheibe	: 6mm Float
SZR	: 16mm
Innenscheibe	: VSG aus 2x6mm Float-Spiegelglas mit Energy 72/38 (1%) **(Standard PVB 0,76mm)**

7.1 Nachweis - Ohne Schubverbund (Anlage 13)

7.1.1 Nachweisprotokoll

• Scheibenaufbau und Festigkeit, DIN18008 - Deutschland - Orte < 1000m, hohe Schadensfolge

---

Paket	Glasart
3	Floatglas
2	Floatglas
1	Floatglas

	k_mod (K)					
Paket	g	w	s	l	q	ΔpΔT	ΔH
3	0.25	0.70	0.40	0.70	0.70	0.40	0.25
2	0.25	0.70	0.40	0.70	0.70	0.40	0.25
1	0.25	0.70	0.40	0.70	0.70	0.40	0.25

	(A)	(C)	(D)	(E)	(F)	(G)	(H)	(I)		(J)
Paket	fk	γ_M	D	E	F	G	k_z	k_c	VSG	k_vsg
3	45.00	1.80	1.00	1.00	1.00	1.00	0.80	1.80	✓	1.10
2	45.00	1.80	1.00	1.00	1.00	1.00	0.80	1.80	—	1.10
1	45.00	1.80	1.00	1.00	1.00	1.00	0.80	1.80	✓	1.10

Bemessungsformel:
Rd = A*K*I*J*H/C

• Lastfallkombination

Bezeichnung	außen/oben	innen/unten	
w(1) = Wind	-0.350	0.000	[kN/m²]
w(2) = Wind	0.000	0.580	[kN/m²]
q(1) = Linienlasten		1.00	[kN/m]
ΔH(1) = Winter (Vorgabe)	-300.0		[m]
ΔH(2) = Sommer (Vorgabe)	600.0		[m]

	p_a	p1_i	p2_i	p3_i	ΔT1	ΔT2	ΔT3
	N/mm²	N/mm²	N/mm²	N/mm²	K	K	K
Δp,ΔT(1) = Winter (Vorgabe)	0.1030	0.0990	0.0990	0.0990	-25.0	-25.0	-25.0
Δp,ΔT(2) = Sommer (Vorgabe)	0.1010	0.1030	0.1030	0.1030	20.0	20.0	20.0

LF	Beschreibung
1	+1.35ΔH(Winter)
2	+1.35ΔH(Sommer)
3	+1.50Δp,ΔT+1.35ΔH(Winter)
4	+1.50Δp,ΔT+1.35ΔH(Sommer)
5	+1.50wd+0.90Δp,ΔT+1.35ΔH(Winter)
6	+1.50wd+0.90Δp,ΔT+1.35ΔH(Sommer)
7	+1.50ws+1.05q+0.90Δp,ΔT+1.35ΔH(Winter)
8	+1.50ws+1.05q+0.90Δp,ΔT+1.35ΔH(Sommer)
9	+0.90ws+1.50q+0.90Δp,ΔT+1.35ΔH(Winter)
10	+0.90ws+1.50q+0.90Δp,ΔT+1.35ΔH(Sommer)
11	+0.90wd+1.50Δp,ΔT+1.35ΔH(Winter)
12	+0.90wd+1.50Δp,ΔT+1.35ΔH(Sommer)
13	+0.90ws+1.05q+1.50Δp,ΔT+1.35ΔH(Winter)
14	+0.90ws+1.05q+1.50Δp,ΔT+1.35ΔH(Sommer)

LF	EG	Wind	Schnee	Linie	Punkt	Klima		Schub	Nachweis
1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.35	1.00	GZT
2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.35	1.00	GZT
3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.50	1.35	1.00	GZT
4	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.50	1.35	1.00	GZT
5	0.00	1.50	0.00	0.00	0.00	0.90	1.35	1.00	GZT
6	0.00	1.50	0.00	0.00	0.00	0.90	1.35	1.00	GZT
7	0.00	1.50	0.00	1.05	0.00	0.90	1.35	1.00	GZT
8	0.00	1.50	0.00	1.05	0.00	0.90	1.35	1.00	GZT
9	0.00	0.90	0.00	1.50	0.00	0.90	1.35	1.00	GZT
10	0.00	0.90	0.00	1.50	0.00	0.90	1.35	1.00	GZT
11	0.00	0.90	0.00	0.00	0.00	1.50	1.35	1.00	GZT
12	0.00	0.90	0.00	0.00	0.00	1.50	1.35	1.00	GZT
13	0.00	0.90	0.00	1.05	0.00	1.50	1.35	1.00	GZT
14	0.00	0.90	0.00	1.05	0.00	1.50	1.35	1.00	GZT

• Berechnungsergebnis - Ausnutzung - bis Lastfall 14

• Grenzzustand der Tragfähigkeit, GZT

Paket	Schicht	Seite	Bereich	Lastfall		σ	σ_grenz	%	OK/NOK
3	3	(oben)	Rand	4	8	12.91	27.72	46.58	✓
		(unten)	Rand	4	8	12.27	27.72	44.26	✓
3	3	(oben)	Feld		8	12.90	34.65	37.23	✓
		(unten)	Feld		8	12.07	34.65	34.83	✓
3	1	(oben)	Rand	4	8	12.91	27.72	46.58	✓
		(unten)	Rand	4	8	12.27	27.72	44.26	✓
3	1	(oben)	Feld		8	12.90	34.65	37.23	✓
		(unten)	Feld		8	12.07	34.65	34.83	✓
2	1	(oben)	Rand	2	7	9.06	25.20	35.95	✓
		(unten)	Rand	2	7	8.66	25.20	34.38	✓
2	1	(oben)	Feld		7	9.09	31.50	28.85	✓
		(unten)	Feld		7	8.56	31.50	27.18	✓
1	3	(oben)	Rand	2	7	15.04	27.72	54.25	✓
		(unten)	Rand	2	7	14.34	27.72	51.73	✓
1	3	(oben)	Feld		10	17.99	34.65	51.93	✓
		(unten)	Feld		7	13.84	34.65	39.96	✓
1	1	(oben)	Rand	2	7	15.04	27.72	54.25	✓
		(unten)	Rand	4	7	14.34	27.72	51.73	✓
1	1	(oben)	Feld		10	17.99	34.65	51.92	✓
		(unten)	Feld		7	13.84	34.65	39.96	✓

7.1.2 Auswertung

Außenscheibe: Die maximale Auslastung von 46,6 % entsteht bei Lastfall 8 (1,5 * Windsog + 1,05 * Holmlast + 0,9 * Klimalast + 1,35 * Höhenunterschied im Sommer) am Scheibenrand.

Es handelt sich gleichzeitig um die maximale Spannung (12,9 N/mm²).

Mittelscheibe: Die maximale Auslastung von 36,0 % entsteht bei Lastfall 7 (1,5 * Windsog + 1,05 * Holmlast + 0,9 * Klimalast + 1,35 * Höhenunterschied im Winter) am Scheibenrand.

Es handelt sich gleichzeitig um die maximale Spannung (9,1 N/mm²).

Innenscheibe Die maximale Auslastung von 54,3 % entsteht bei Lastfall 7 (1,5 * Windsog + 1,05 * Holmlast + 0,9 * Klimalast + 1,35 * Höhenunterschied im Winter).

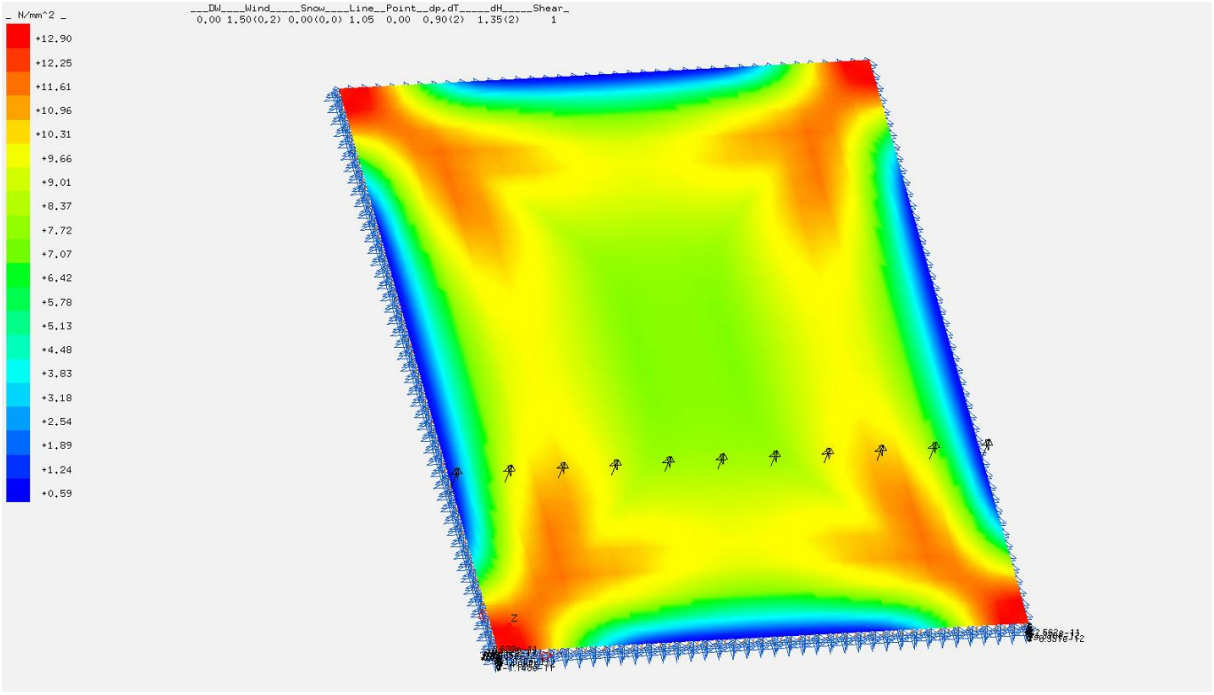
Die maximale Spannung (18,0 N/mm²) entsteht bei Lastfall 10 (0,9 * Windsog + 1,5 * Holmlast + 0,9 * Klimalast + 1,35 * Höhenunterschied im Sommer.

Alle Spannungen liegen unter den Bemessungswiderständen.

7.1.3 Grafische Auswertung

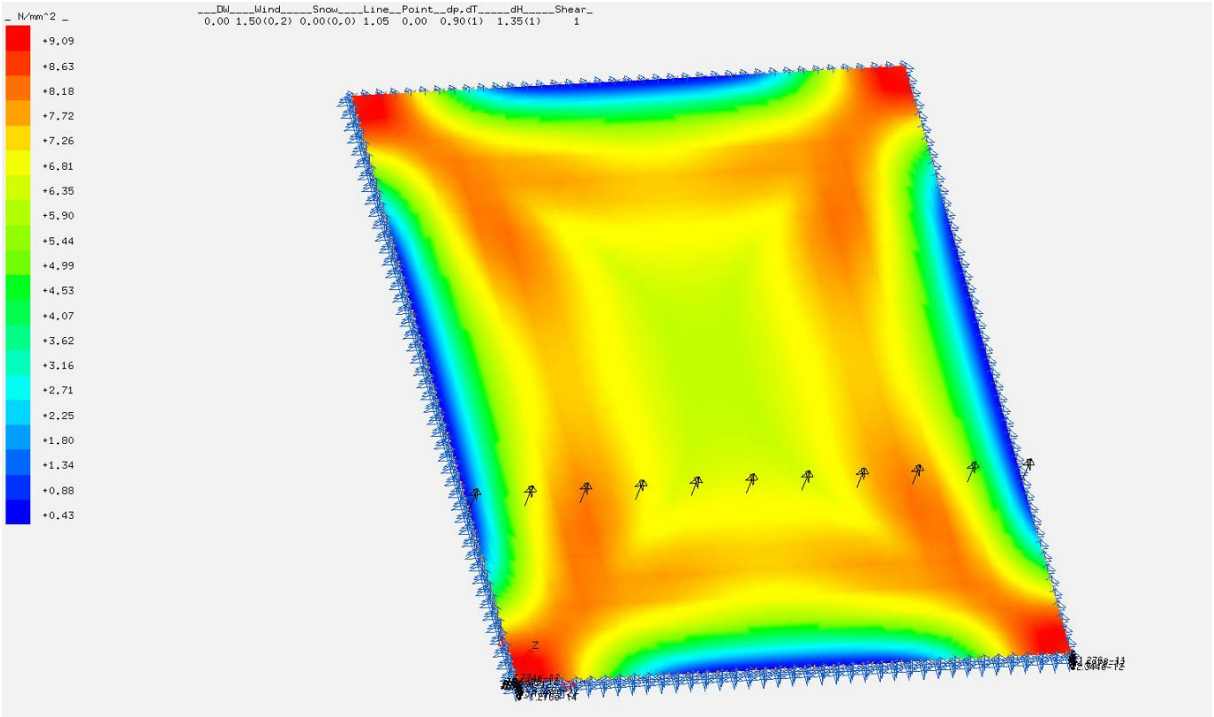
7.1.3.1 Außenscheibe

Max. Auslastung und Spannung (LK 8)



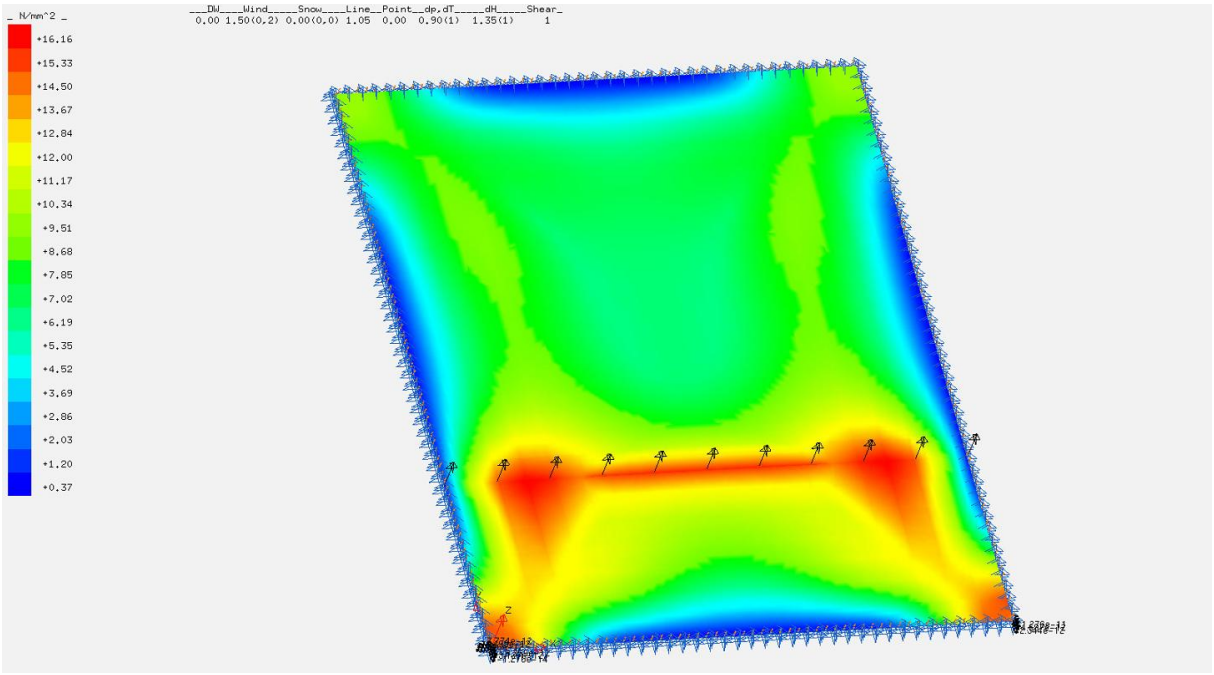
7.1.3.2 Mittelscheibe

Max. Auslastung und Spannung (LK 7)

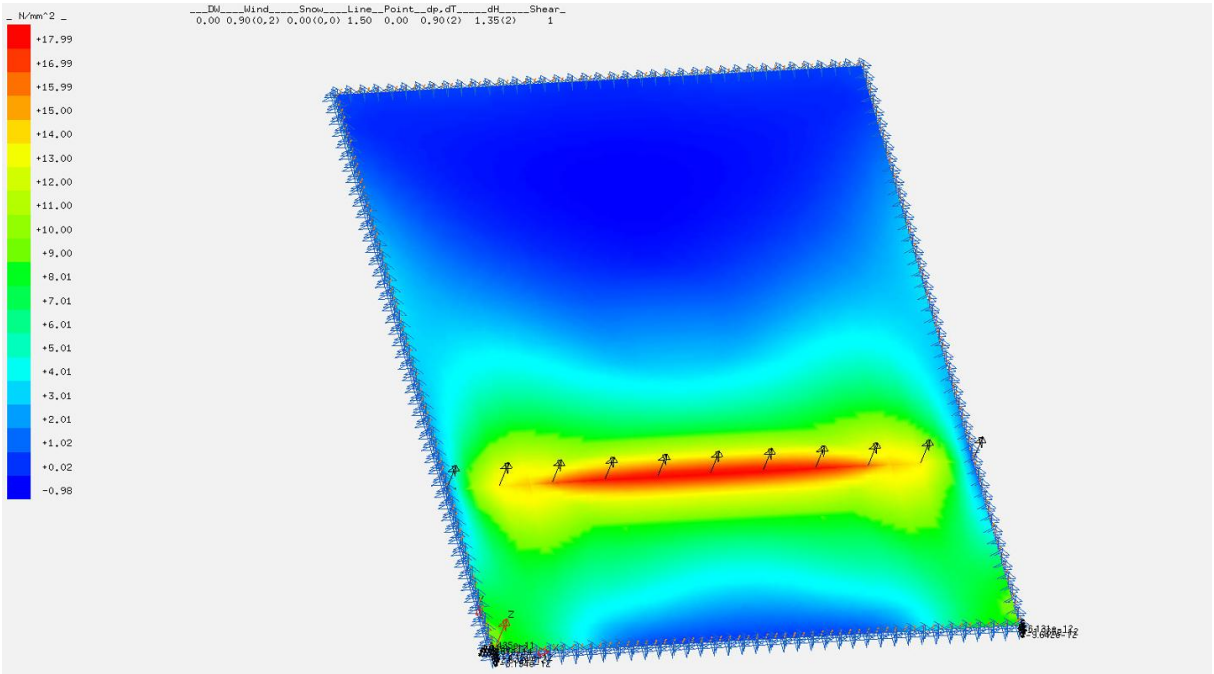


7.1.3.3 Innenscheibe

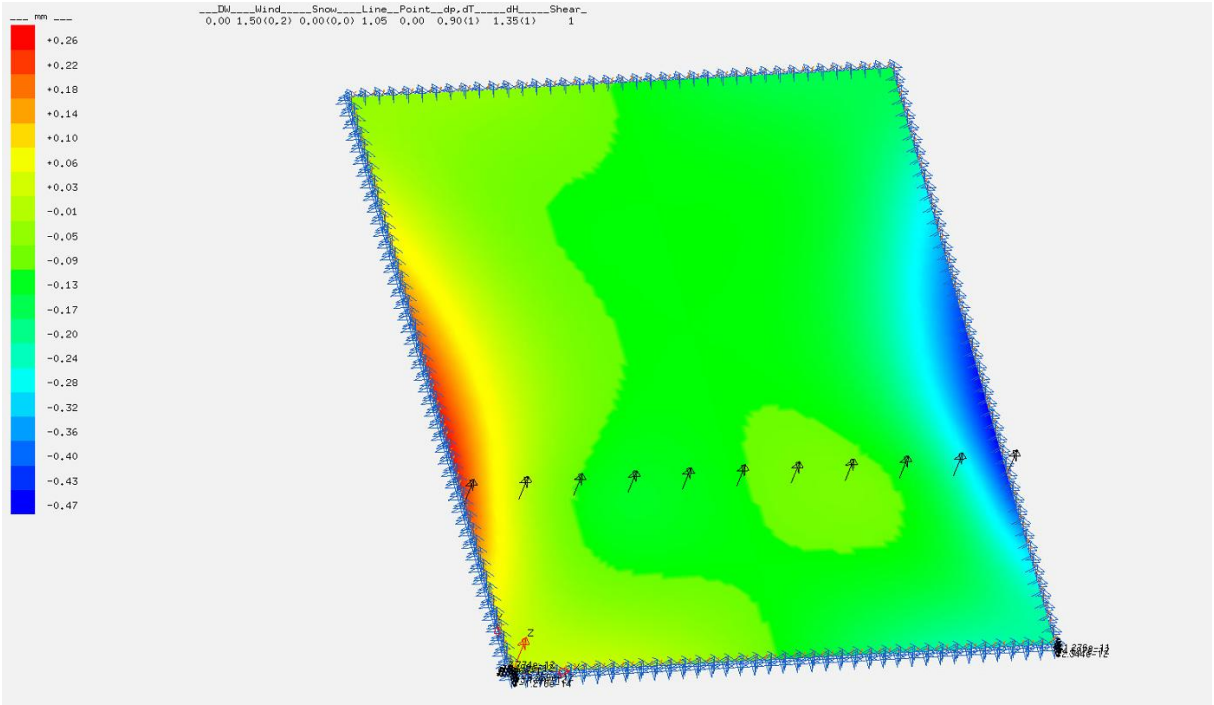
Max. Auslastung (LK 7)



Max. Spannung (LK 10)



7.1.3.4 Scheibenverkürzung (LK 7)



Es kommt zu keiner Scheibenverkürzung (< 1 mm). → o.k.

7.2 Nachweis - Mit Schubverbund (Anlage 14)

7.2.1 Nachweisprotokoll

• Scheibenaufbau und Festigkeit, DIN18008 - Deutschland - Orte < 1000m, hohe Schadensfolge

---

Paket	Glasart
3	Floatglas
2	Floatglas
1	Floatglas

	k_mod (K)					
Paket	g	w	s	l	q	ΔpΔT	ΔH
3	0.25	0.70	0.40	0.70	0.70	0.40	0.25
2	0.25	0.70	0.40	0.70	0.70	0.40	0.25
1	0.25	0.70	0.40	0.70	0.70	0.40	0.25

	(A)	(C)	(D)	(E)	(F)	(G)	(H)	(I)		(J)
Paket	fk	γ_M	D	E	F	G	k_z	k_c	VSG	k_vsg
3	45.00	1.80	1.00	1.00	1.00	1.00	0.80	1.80	✓	1.10
2	45.00	1.80	1.00	1.00	1.00	1.00	0.80	1.80	—	1.10
1	45.00	1.80	1.00	1.00	1.00	1.00	0.80	1.80	✓	1.10

Bemessungsformel:
Rd = A*K*I*J*H/C

• Lastfallkombination

Bezeichnung	außen/oben	innen/unten	
w(1) = Wind	-0.350	0.000	[kN/m²]
w(2) = Wind	0.000	0.580	[kN/m²]
q(1) = Linienlasten		1.00	[kN/m]
ΔH(1) = Winter (Vorgabe)	-300.0		[m]
ΔH(2) = Sommer (Vorgabe)	600.0		[m]

	p_a	p1_i	p2_i	p3_i	ΔT1	ΔT2	ΔT3
	N/mm²	N/mm²	N/mm²	N/mm²	K	K	K
Δp,ΔT(1) = Winter (Vorgabe)	0.1030	0.0990	0.0990	0.0990	-25.0	-25.0	-25.0
Δp,ΔT(2) = Sommer (Vorgabe)	0.1010	0.1030	0.1030	0.1030	20.0	20.0	20.0

LF	Beschreibung
1	+1.35ΔH(Winter)
2	+1.35ΔH(Sommer)
3	+1.50Δp,ΔT+1.35ΔH(Winter)
4	+1.50Δp,ΔT+1.35ΔH(Sommer)
5	+1.50wd+0.90Δp,ΔT+1.35ΔH(Winter)
6	+1.50wd+0.90Δp,ΔT+1.35ΔH(Sommer)
7	+1.50ws+1.05q+0.90Δp,ΔT+1.35ΔH(Winter)
8	+1.50ws+1.05q+0.90Δp,ΔT+1.35ΔH(Sommer)
9	+0.90ws+1.50q+0.90Δp,ΔT+1.35ΔH(Winter)
10	+0.90ws+1.50q+0.90Δp,ΔT+1.35ΔH(Sommer)
11	+0.90wd+1.50Δp,ΔT+1.35ΔH(Winter)
12	+0.90wd+1.50Δp,ΔT+1.35ΔH(Sommer)
13	+0.90ws+1.05q+1.50Δp,ΔT+1.35ΔH(Winter)
14	+0.90ws+1.05q+1.50Δp,ΔT+1.35ΔH(Sommer)

LF	EG	Wind	Schnee	Linie	Punkt	Klima		Schub	Nachweis
1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.35	1.00	GZT
2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.35	1.00	GZT
3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.50	1.35	1.00	GZT
4	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.50	1.35	1.00	GZT
5	0.00	1.50	0.00	0.00	0.00	0.90	1.35	1.00	GZT
6	0.00	1.50	0.00	0.00	0.00	0.90	1.35	1.00	GZT
7	0.00	1.50	0.00	1.05	0.00	0.90	1.35	1.00	GZT
8	0.00	1.50	0.00	1.05	0.00	0.90	1.35	1.00	GZT
9	0.00	0.90	0.00	1.50	0.00	0.90	1.35	1.00	GZT
10	0.00	0.90	0.00	1.50	0.00	0.90	1.35	1.00	GZT
11	0.00	0.90	0.00	0.00	0.00	1.50	1.35	1.00	GZT
12	0.00	0.90	0.00	0.00	0.00	1.50	1.35	1.00	GZT
13	0.00	0.90	0.00	1.05	0.00	1.50	1.35	1.00	GZT
14	0.00	0.90	0.00	1.05	0.00	1.50	1.35	1.00	GZT

• Berechnungsergebnis - Ausnutzung - bis Lastfall 14

• Grenzzustand der Tragfähigkeit, GZT

Paket	Schicht	Seite	Bereich	Lastfall		σ	σ_grenz	%	OK/NOK
3	3	(oben)	Rand	2	4	4.06	15.84	25.66	✓
		(unten)	Rand	3	3	1.72	15.84	10.86	✓
3	3	(oben)	Feld		4	8.10	19.80	40.88	✓
		(unten)	Feld		3	1.60	19.80	8.09	✓
3	1	(oben)	Rand	1	4	1.96	15.84	12.35	✓
		(unten)	Rand	4	4	4.28	15.84	27.04	✓
3	1	(oben)	Feld		4	1.82	19.80	9.21	✓
		(unten)	Feld		3	7.14	19.80	36.07	✓
2	1	(oben)	Rand	2	7	1.56	25.20	6.18	✓
		(unten)	Rand	4	7	1.54	25.20	6.12	✓
2	1	(oben)	Feld		7	2.15	31.50	6.82	✓
		(unten)	Feld		7	1.54	31.50	4.88	✓
1	3	(oben)	Rand	4	4	4.28	15.84	27.04	✓
		(unten)	Rand	1	4	1.96	15.84	12.35	✓
1	3	(oben)	Feld		9	14.08	34.65	40.64	✓
		(unten)	Feld		4	1.82	19.80	9.21	✓
1	1	(oben)	Rand	1	13	3.14	27.72	11.34	✓
		(unten)	Rand	2	4	4.06	15.84	25.66	✓
1	1	(oben)	Feld		13	2.93	34.65	8.47	✓
		(unten)	Feld		4	8.10	19.80	40.88	✓

7.2.2 Auswertung

Außenscheibe: Die maximale Auslastung von 40,9 % entsteht bei Lastfall 4 (1,5 * Klimalast + 1,35 * Höhenunterschied im Sommer).

Die maximale Spannung (12,1 N/mm²) entsteht bei Lastfall 14 (0,9 * Windsog + 1,05 * Holmlast + 1,5 * Klimalast + 1,35 * Höhenunterschied im Sommer).

Mittelscheibe: Die maximale Auslastung von 6,8 % entsteht bei Lastfall 7 (1,5 * Windsog + 1,05 * Holmlast + 0,9 * Klimalast + 1,35 * Höhenunterschied im Winter).

Es handelt sich gleichzeitig um die maximale Spannung (2,2 N/mm²).

Innenscheibe Die maximale Auslastung von 40,9 % entsteht bei Lastfall 4 (1,5 * Klimalast + 1,35 * Höhenunterschied im Sommer).

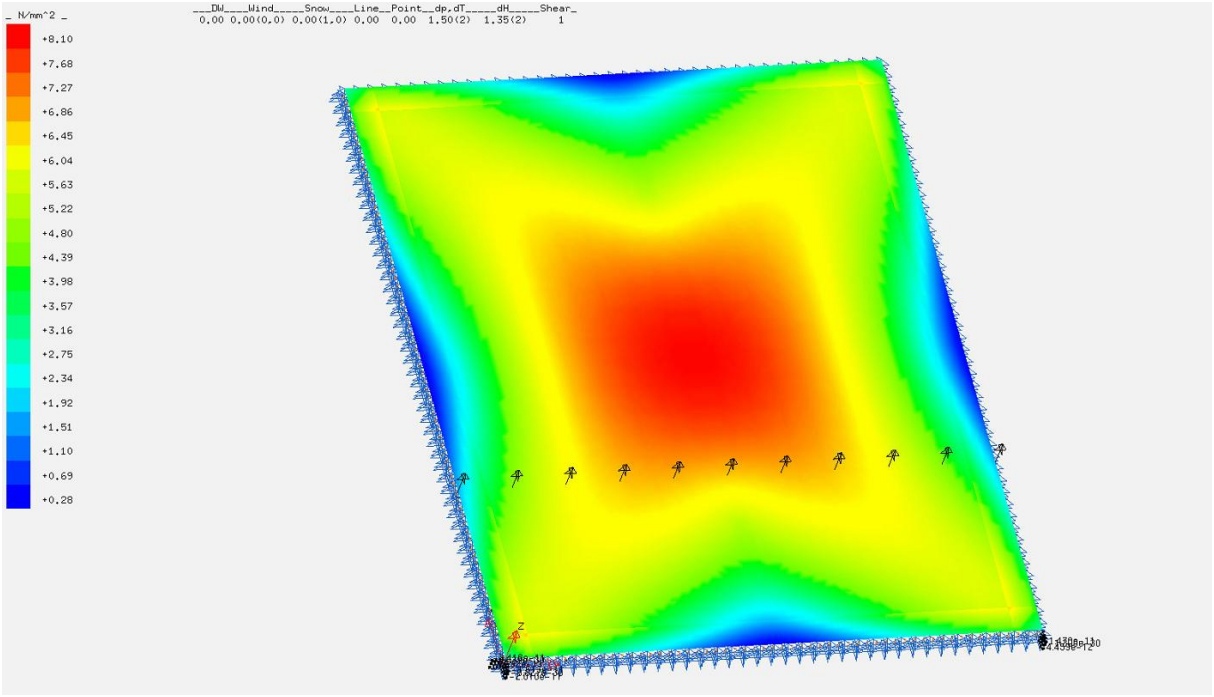
Die maximale Spannung (14,1 N/mm²) entsteht bei Lastfall 9 (0,9 * Windsog + 1,5 * Holmlast + 1,5 * Klimalast + 1,35 * Höhenunterschied im Winter).

Alle Spannungen liegen unter den Bemessungswiderständen.

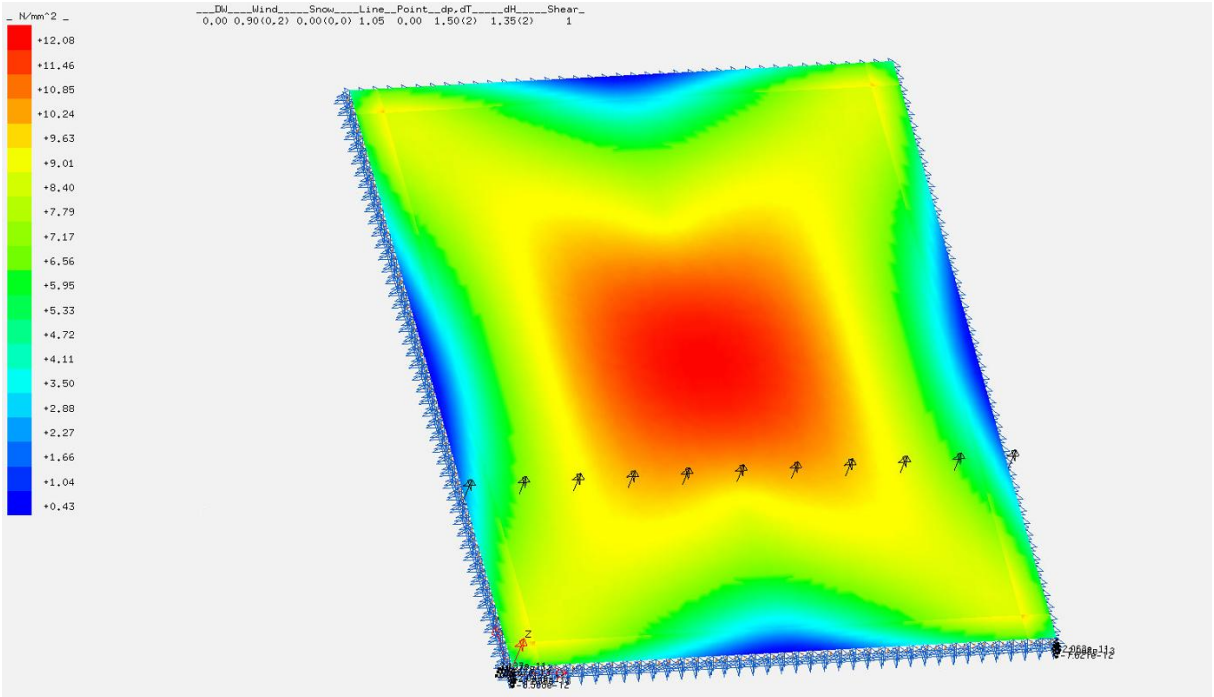
7.2.3 Grafische Auswertung

7.2.3.1 Außenscheibe

Max. Auslastung (LK 4)

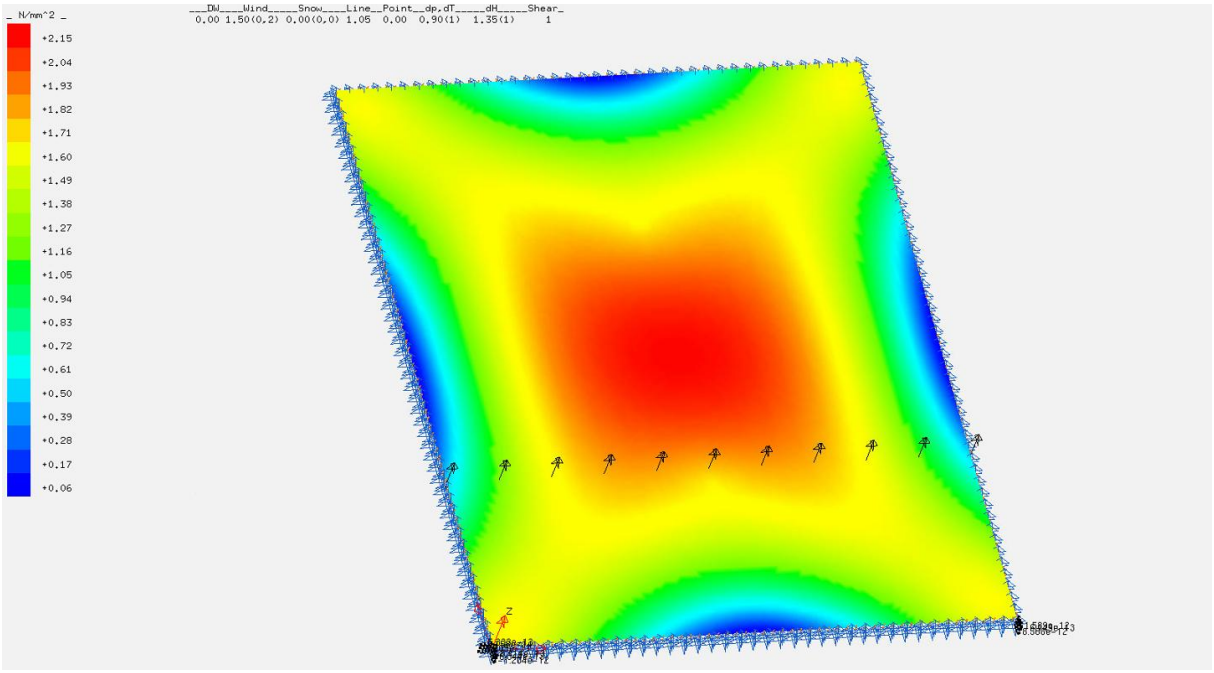


Max. Spannung (LK 14)



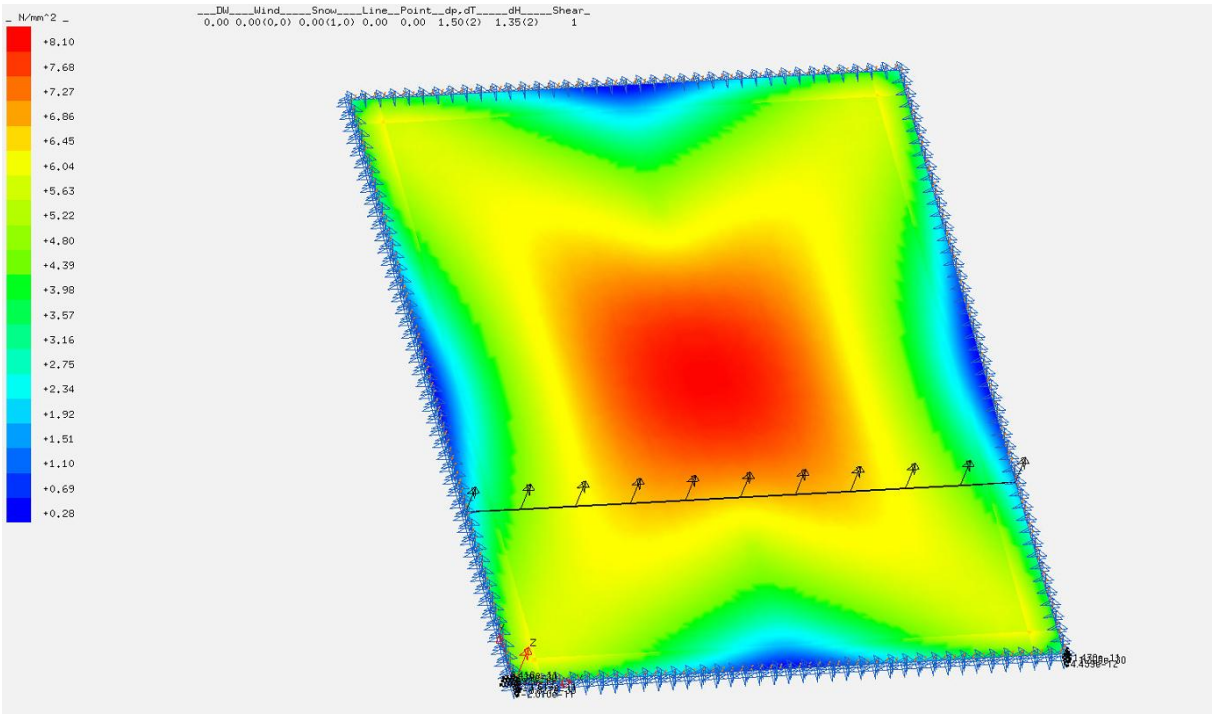
7.2.3.2 Mittelscheibe

Max. Auslastung und Spannung (LK 7)

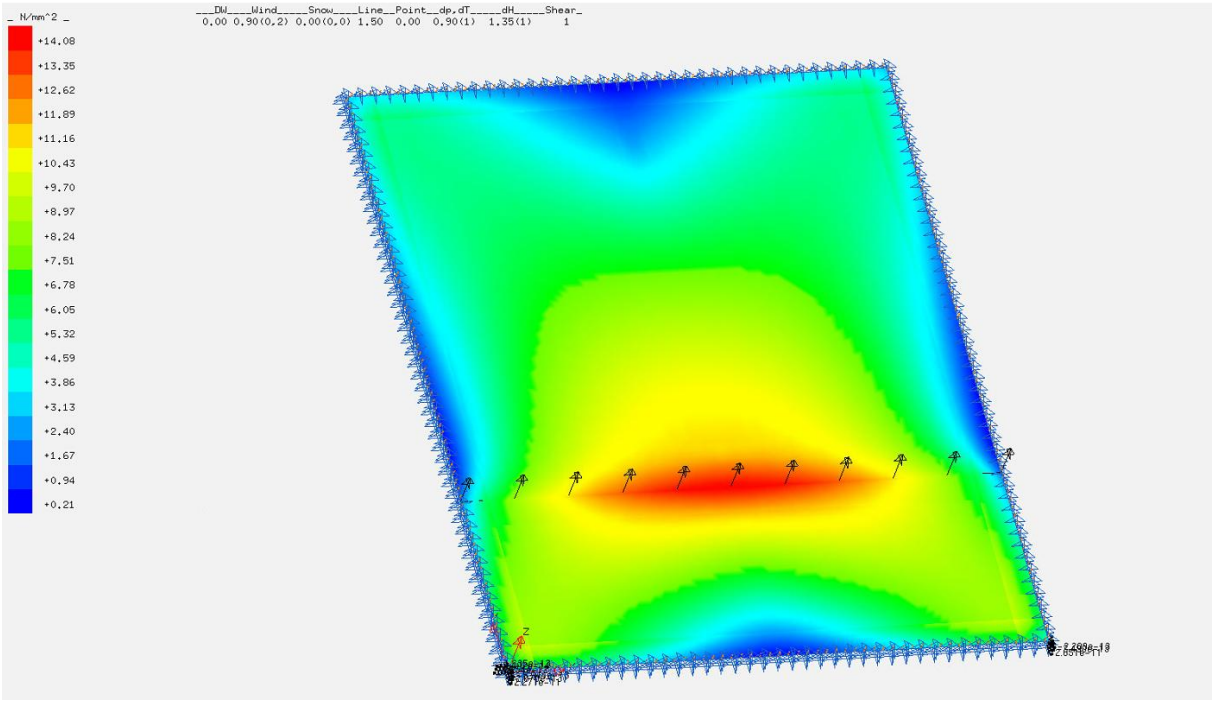


7.2.3.3 Innenscheibe

Max. Auslastung (LK 4)



Max. Spannung (LK 9)



8 Oberlicht über workshop 1 / 2 - Nachweis der Betretbarkeit

8.1 Auszug aus Norm (DIN 18008-6)

Anhang B
(normativ)

Nachweis der Stoßsicherheit und Resttragfähigkeit von Glasaufbauten durch Berechnung

B.1 Allgemeines

B.1.1 Der rechnerische Nachweis der ausreichenden Tragfähigkeit unter stoßartiger Einwirkung wird für betretbare und durchsturzsichere Verglasungen analog dem rechnerischen Stoßnachweis nach DIN 18008-4:2024-12, Anhang C, geführt mit folgenden Abweichungen nach B.1.2 und B.1.3.

B.1.2 Für zweiseitig linienförmig gelagerte Einfachverglasungen darf das Rechenverfahren nicht angewendet werden.

B.1.3 Es gelten die Anforderungen nach DIN 18008-4:2024-12, C.1.2.

B.2 Einwirkung

B.2.1 Vereinfachend darf für die Basisenergie von 100 % E_{Basis} bei Stoß durch einen Doppelreifen-Pendelkörper als Bemessungswert eine statische Ersatzlast angesetzt werden von:

$Q_{Stoß,d} = \beta \cdot 12{,}7$ kN ($E_{Basis} = 225$ Nm ≙ Fallhöhe von 450 mm)

$Q_{Stoß,d} = \beta \cdot 8{,}5$ kN ($E_{Basis} = 100$ Nm ≙ Fallhöhe von 200 mm)

B.2.2 Für 50 % der Basisenergie darf vereinfachend angesetzt werden:

$Q_{Stoß,d} = \beta \cdot 6$ kN ($E_{Basis} = 50$ Nm ≙ Fallhöhe von 100 mm)

B.2.3 Beim rechnerischen Nachweis unter Stoßbelastung muss diese mit Eigengewicht, jedoch nicht mit anderen Einwirkungen (z. B. Wind, Schnee, Klimalasten), überlagert werden.

B.3 Unterscheidung betretbare und durchsturzsichere Verglasung

Für den rechnerischen Stoßsicherheitsnachweis von betretbaren Verglasungen müssen zwei Bemessungssituationen untersucht werden:

— „intakte Verglasung" für eine Basisenergie von $E_{Basis} = 225$ Nm; hierbei dürfen alle Glasscheiben angesetzt werden.

— „stoßzugewandte Glasscheibe gebrochen" für eine Basisenergie von $E_{Basis} = 100$ Nm. Hierbei darf die stoßzugewandte Glasscheibe nicht angesetzt werden. Bei VSG ist es ausreichend, nur die stoßzugewandte Glasscheibe des Verbundes als gebrochen anzunehmen.

Für den rechnerischen Stoßsicherheitsnachweis von durchsturzsicheren Verglasungen dürfen, unter Berücksichtigung von B.4.3, alle Glasscheiben angesetzt werden. Abhängig vom Einbauwinkel der Verglasung (siehe Bild B.1) muss als Basisenergie angesetzt werden:

— $E_{Basis} = 225$ Nm für horizontale Einbausituation (Neigung $90° \leq \alpha \leq 100°$ gegen Vertikale);

— $E_{Basis} = 100$ Nm für vertikale Einbausituation (Neigung ± 10° gegen Vertikale);

B.4 Nachweis von Isolierverglasungen

B.4.1 Für den rechnerischen Nachweis von betretbaren Verglasungen aus Mehrscheiben-Isolierglas (MIG) sind folgende Situationen zu unterscheiden:

— Es muss zuerst die Situation „alle Scheiben intakt" mit einer Stoßenergie von E_{Basis} = 225 Nm untersucht werden.

— Ist der Spannungsnachweis im stoßzugewandten Einfachglas des MIG erfüllt, so ist die stoßabgewandte VSG für eine Stoßenergie von E_{Basis} = 100 Nm zu untersuchen.

— Ist der Spannungsnachweis im stoßzugewandten Einfachglas des MIG nicht erfüllt, so ist die stoßabgewandte VSG für eine Stoßenergie von E_{Basis} = 225 Nm zu untersuchen.

B.4.2 Für den rechnerischen Nachweis von durchsturzsicheren Verglasungen aus Mehrscheiben-Isolierglas mit einem Verhältnis der Dicken von stoßzugewandtem zu stoßabgewandtem Einfachglas von höchstens 1,5 darf das stoßabgewandte Einfachglas für eine Stoßenergie von E_{Basis} = 50 Nm ausgelegt werden; bei davon abweichendem Dickenverhältnis muss eine Stoßenergie von E_{Basis} = 100 Nm angesetzt werden.

B.4.3 Weitere im Scheibenzwischenraum angeordnete Glasscheiben müssen nicht nachgewiesen und dürfen nicht angesetzt werden.

B.4.4 Druckdifferenzen zwischen dem eingeschlossenen Gasvolumen und der Umgebungsluft aus Temperatur- und atmosphärischen Druckschwankungen sowie Änderungen der Höhenlage zwischen Herstell- und Einbauort müssen bei den Nachweisen nicht berücksichtigt werden.

B.5 Nachweis von Verbundsicherheitsglas

Für den rechnerischen Stoßnachweis von Verbund-Sicherheitsglas (VSG) darf unter Stoßbelastung für alle ansetzbaren Glasscheiben des Verbundes voller Schubverbund angesetzt werden.

8.2 Bemessungswiderstand der Kurzzeitfestigkeit – TVG

Nach DIN 18008-4; C.1.4 wird für die Kurzzeitfestigkeit von TVG ein Bemessungswiderstand ermittelt von:

$R_d = k_{mod} * f_k / \gamma_M = 1,7 * 75 \text{ N/mm}^2 / 1,0 = 119 \text{ N/mm}^2$

8.3 Bemessungswiderstand der Kurzzeitfestigkeit – ESG

Nach DIN 18008-4; C.1.4 wird für die Kurzzeitfestigkeit von ESG ein Bemessungswiderstand ermittelt von:

$R_d = k_{mod} * f_k / \gamma_M = 1,4 * 120 \text{ N/mm}^2 / 1,0 = 168 \text{ N/mm}^2$

8.4 Verformungsgrenze

Der Glaseinstand darf im Belastungsfall nicht unter 5 mm sinken.

8.5 Stoßposition

Situation 1 (intakt):

Stoß 1: In Scheibenmitte (Anlage 15)
Stoß 2: In Scheibenecke (Anlage 16)

Situation 2 (nur untere Verglasung):

Stoß 1: In Scheibenmitte (Anlage 17)
Stoß 2: In Scheibenecke (Anlage 18)

8.6 Nachweis Situation 1

8.6.1 Zusammenfassung der Ergebnisse

ESG-H:

	Stoß 1	Stoß 2	zul. Werte
max. Hauptzugspa.	120 N/mm²	124 N/mm²	168 N/mm²
max. Plattenverf.	11 mm	18 mm	-
max. Pendelbeschl.	227 m/s²	193 m/s²	-
max. Pendelkraft	13440 N	9670 N	-

VSG aus TVG:

	Stoß 1	Stoß 2	zul. Werte
max. Hauptzugspa.	5 N/mm²	10 N/mm²	119 N/mm²
max. Plattenverf.	1 mm	2 mm	-

8.6.2 Scheibenverkürzung

Der Glaseinstand darf durch Scheibenverkürzung in Folge von Durchbiegung nicht unter 5 mm sinken. Es wird von einem Glaseinstand von 12 mm ausgegangen.

Glaseinstand vor Belastung: 12 mm
Maximal ermittelte Verformung: 18 mm
Maßgebende Kantenlänge: 1000 mm

Scheibenverkürzung = 8 x f² / 3 x l

= 8 x (18 mm)² / 3 * 1000 mm

= 0,9 mm

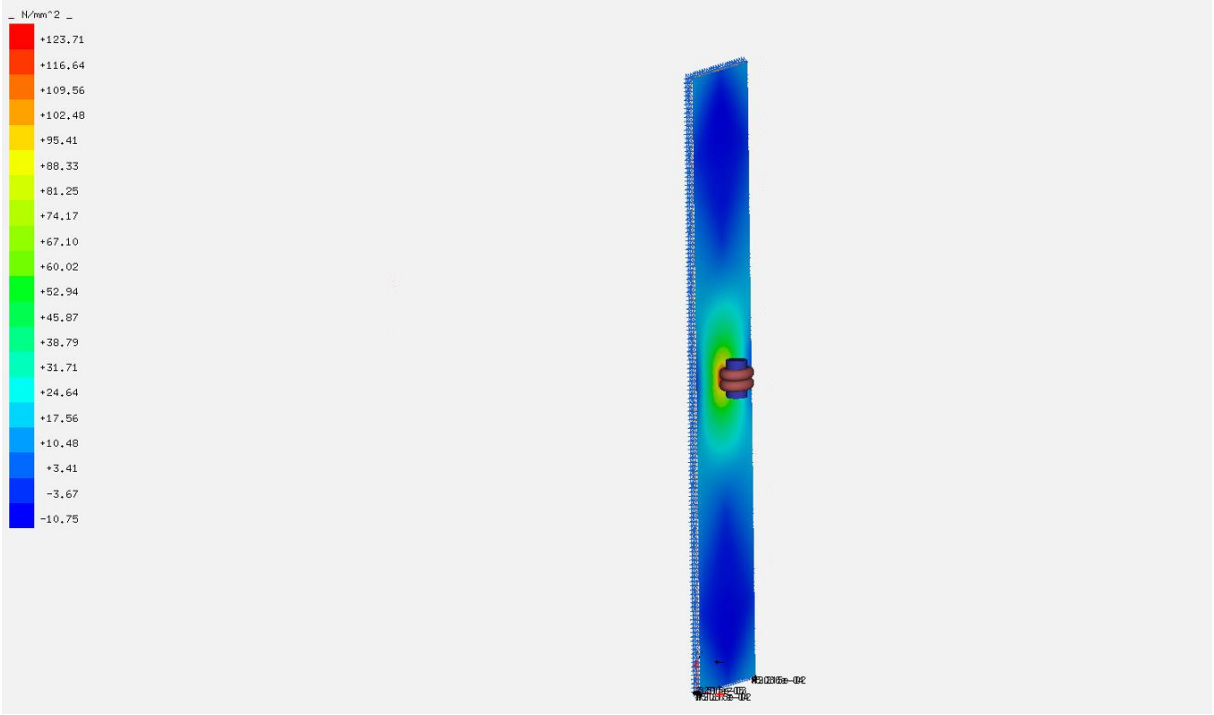
Es kommt zu einer Scheibenverkürzung von 0,9 mm. Der Restglaseinstand beträgt somit noch mindestens 11,1 mm und liegt über dem Mindestglaseinstand von 5 mm.

8.6.3 Beurteilung

Die durch die volldynamische transiente Simulation des Stoßvorgangs ermittelten Hauptzugspannungen liegen unter den Bemessungswiderständen der Kurzzeitfestigkeiten von ESG-H, bzw. TVG. Die Scheibe kann die Belastungen mit einer Fallhöhe von 450 mm ohne Glasbruch aufnehmen! Im Folgenden werden die Ergebnisse des Stoßvorgangs mit der größten Zugspannung grafisch dargestellt:

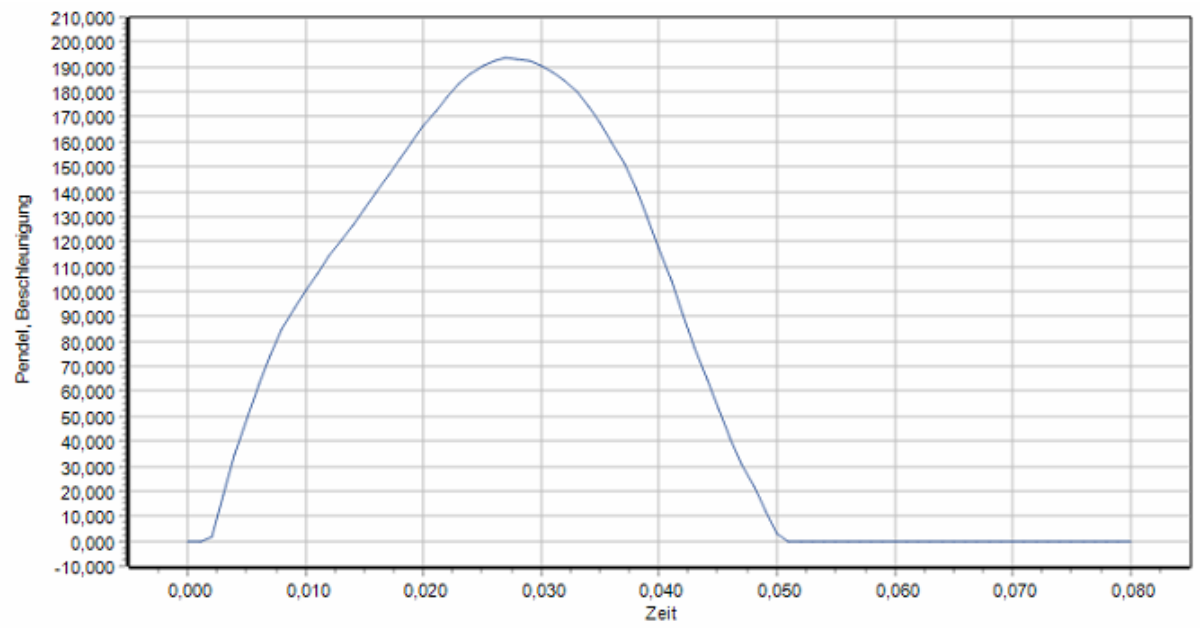
8.6.4 Grafische Darstellung (Stoß 2)

Max. Hauptzugspannungen:

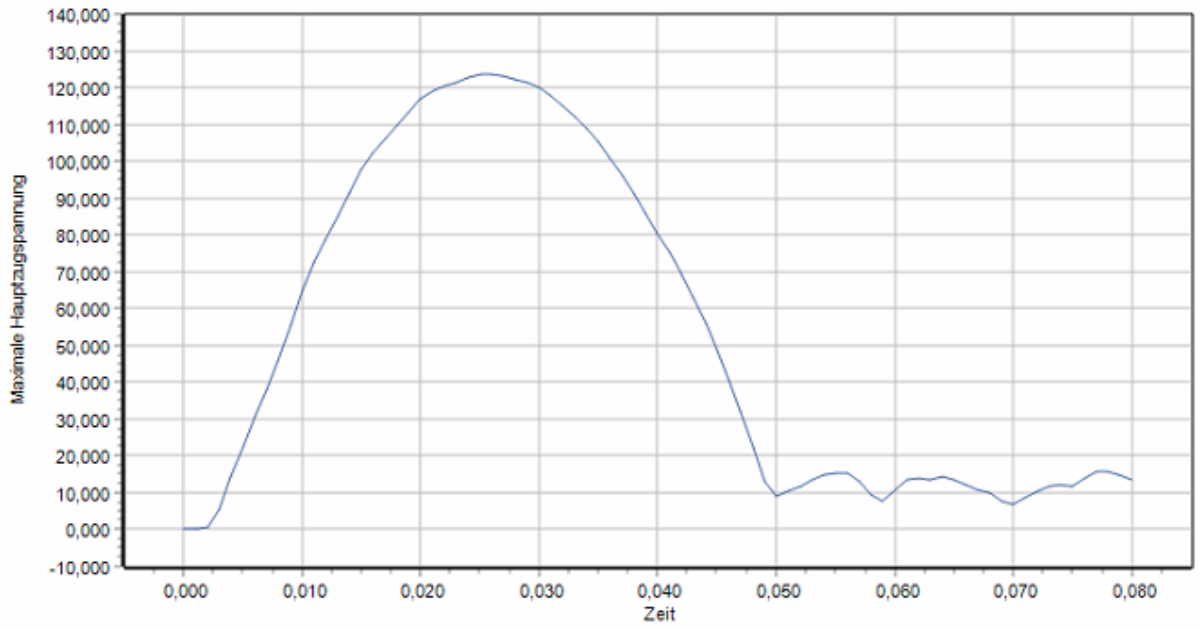


Kurvendarstellung:

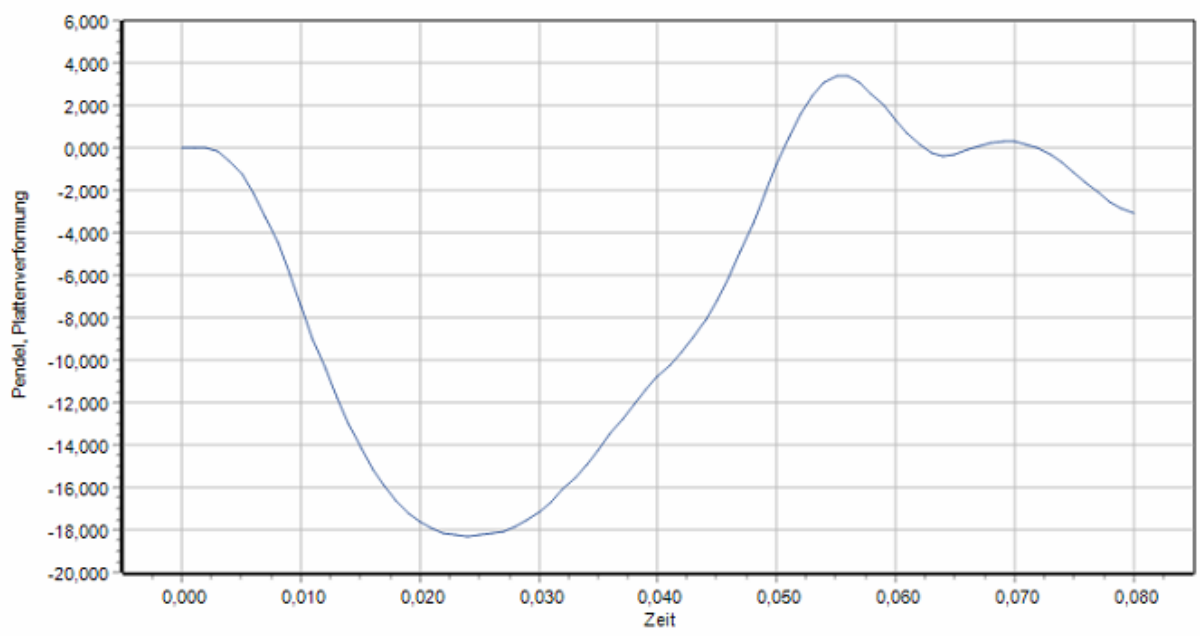
Beschleunigungs-Zeit-Verlauf:



Spannungs-Zeit-Verlauf:



Verformungs-Zeit-Verlauf:



8.7 Nachweis Situation 2

8.7.1 Zusammenfassung der Ergebnisse

VSG aus TVG:

	Stoß 1	Stoß 2	zul. Werte
max. Hauptzugspa.	38 N/mm²	51 N/mm²	119 N/mm²
max. Plattenverf.	2 mm	6 mm	-
max. Pendelbeschl.	162 m/s²	150 m/s²	-
max. Pendelkraft	8120 N	7499 N	-

8.7.2 Scheibenverkürzung

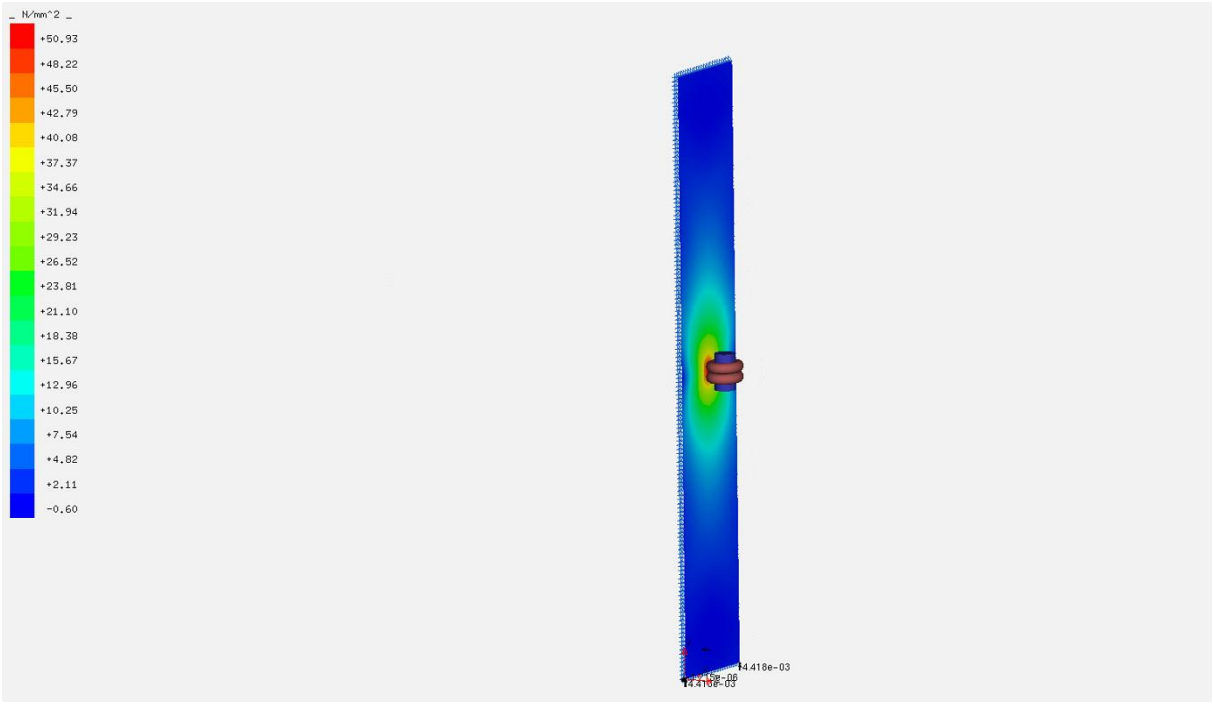
Die Verformungen sind kleiner als bei Situation 1 → Nachweis erfüllt.

8.7.3 Beurteilung

Die durch die volldynamische transiente Simulation des Stoßvorgangs ermittelten Hauptzugspannungen liegen unter den Bemessungswiderständen der Kurzzeitfestigkeiten von TVG. Die Scheibe kann die Belastungen mit einer Fallhöhe von 200 mm ohne Glasbruch aufnehmen! Im Folgenden werden die Ergebnisse des Stoßvorgangs mit der größten Zugspannung grafisch dargestellt:

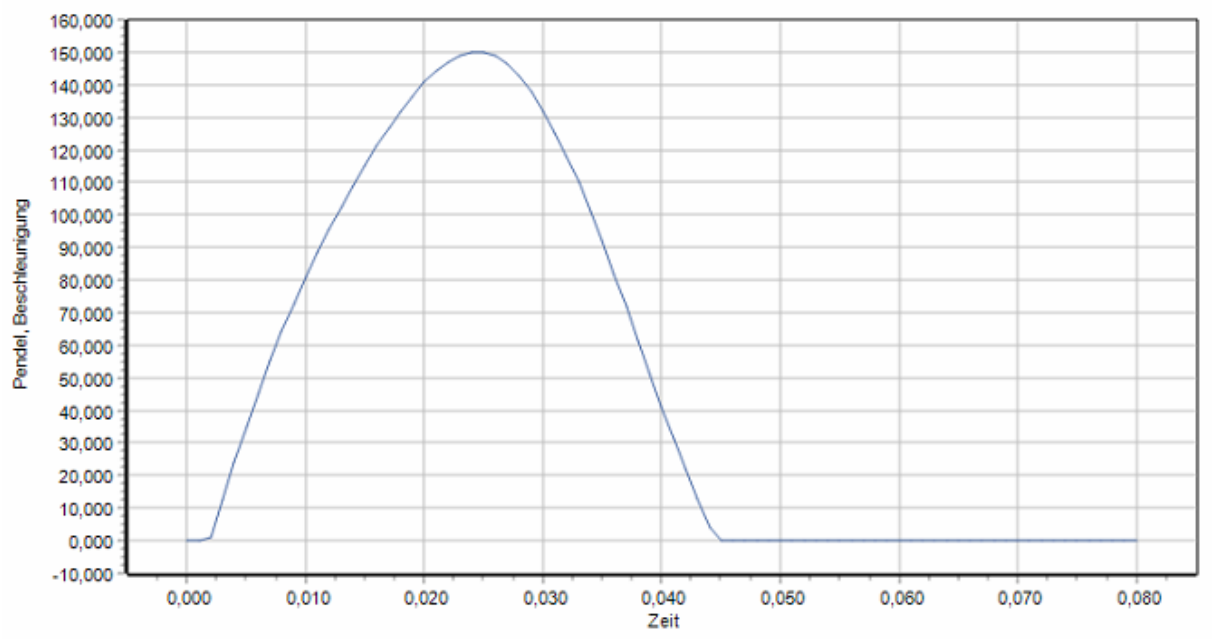
8.7.4 Grafische Darstellung (Stoß 2)

Max. Hauptzugspannungen:

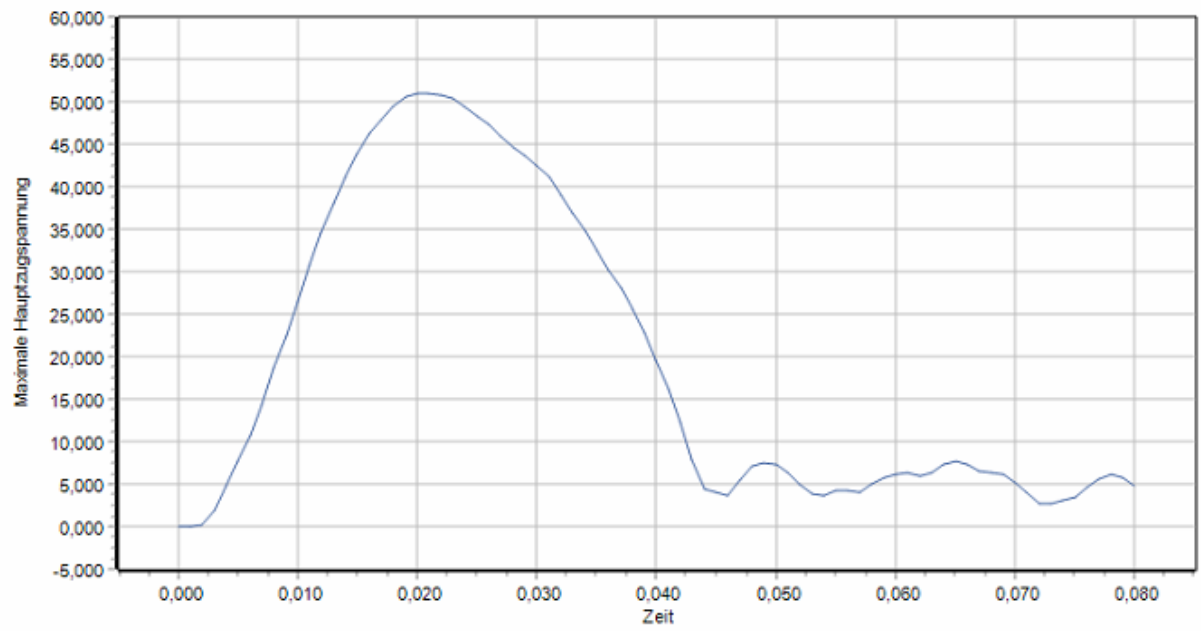


Kurvendarstellung:

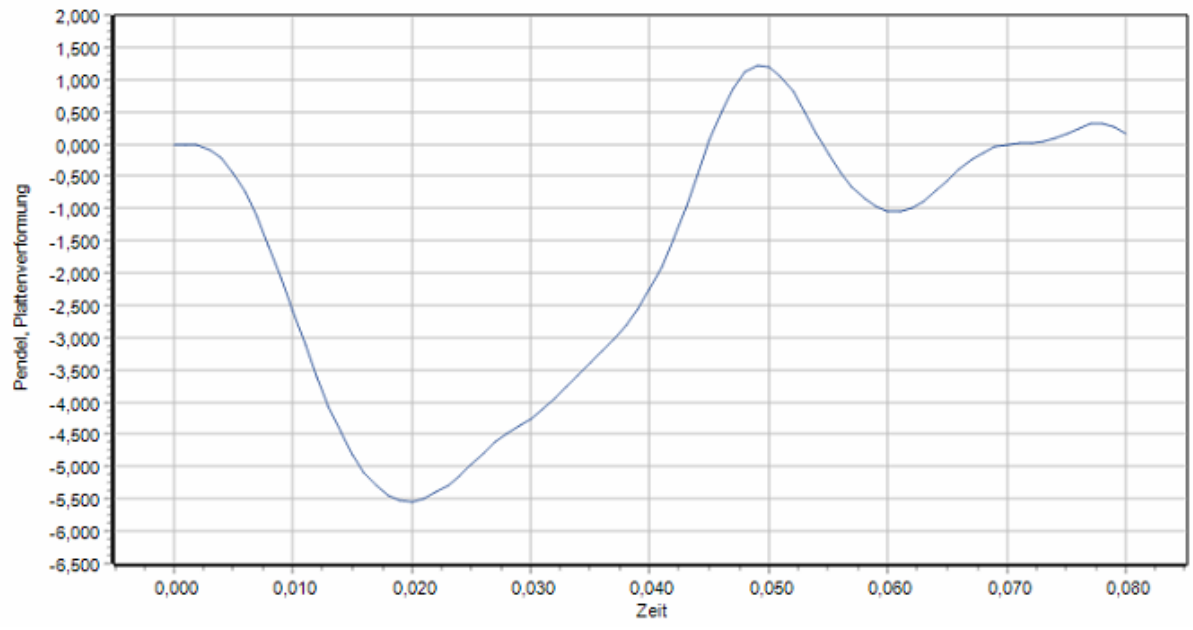
Beschleunigungs-Zeit-Verlauf:



Spannungs-Zeit-Verlauf:



Verformungs-Zeit-Verlauf:



9 Validierung des Fallversuchs

9.1 Rechenverfahren

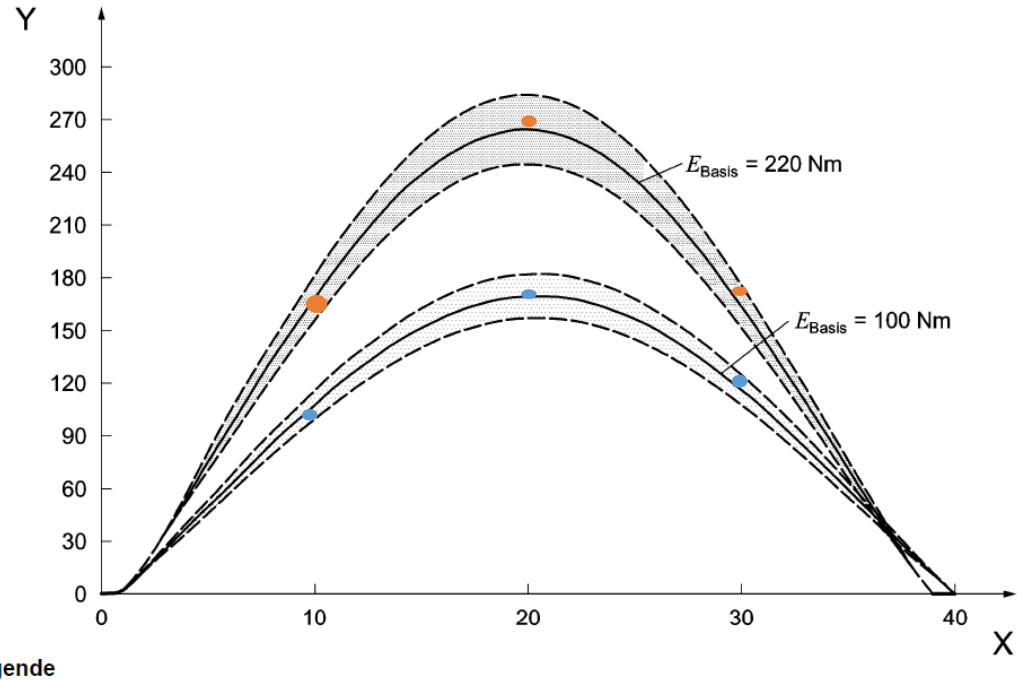
Die Beanspruchungen der Scheiben durch den Pendelschlagversuch nach DIN EN 12600 werden durch eine nichtlineare transient dynamische FE-Berechnungen mit dem Finite Elemente Programms „SJ Mepla“ der Firma SJ Software GmbH, Aachen durchgeführt. Mit Hilfe der verwendeten Rechenmodelle ist es möglich, den weichen Stoßvorgang unter Berücksichtigung der Fallhöhe und der Steifigkeit des Stoßkörpers sowie der Steifigkeit und des Schwingungsverhaltens der Verglasung mit ausreichender Sicherheit abzubilden. Die Eignung der Berechnungen mit dem FE-Programm „SJ Mepla“ wird nachfolgend durch Verifizierung anhand vorgegebener Benchmarks nach DIN 18008-4 sichergestellt.

9.2 Validierung Rechenmodell „SJ Mepla“

Die Gegenüberstellung der Berechnungsergebnisse mit den vorgegebenen Beschleunigungs-Zeit-Verläufen, Trendlinien und Pendelkräften zeigt eine ausreichende Übereinstimmung der Modelleigenschaften.

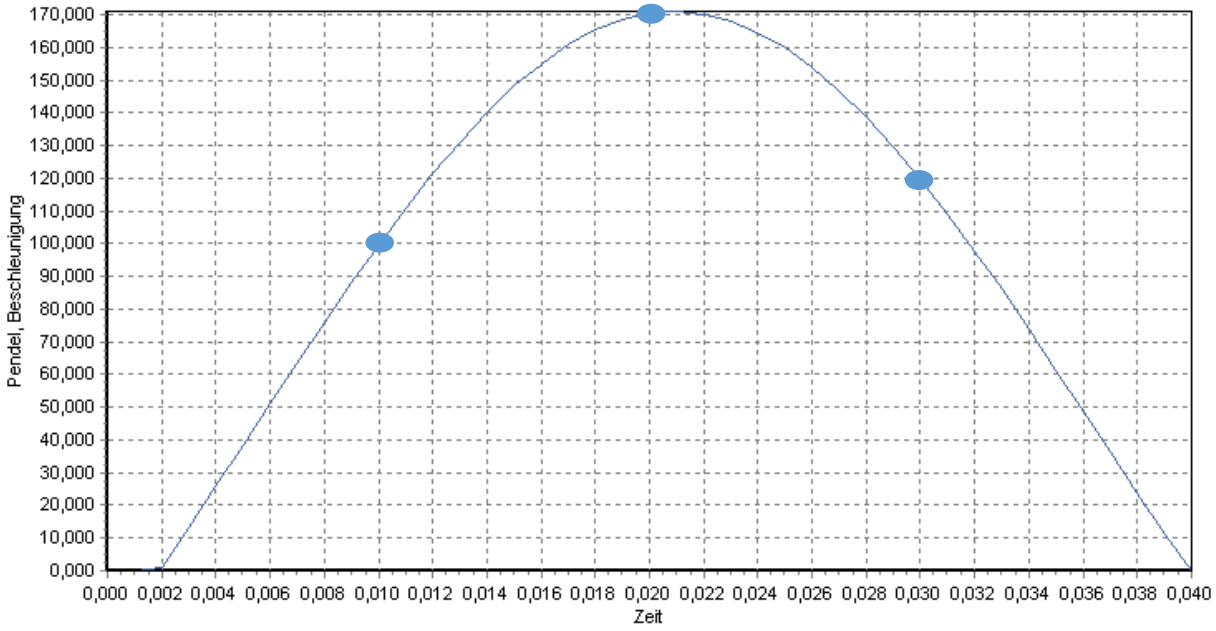
9.2.1 Verifizierung für Stoß gegen eine starre Wand

C.3.2.2 Verifizierung für Stoß gegen eine starre Wand

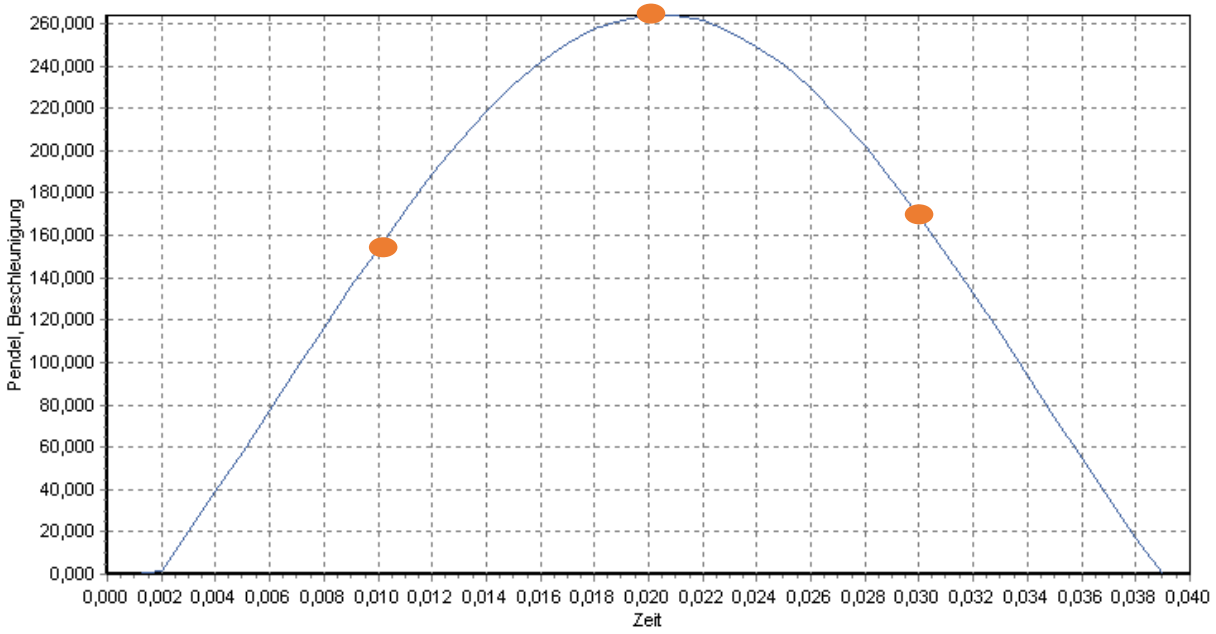


Legende
X Zeit t in ms
Y Pendelbeschleunigung in m/s^2

Protokollauszug SJ Mepla - E_{Basis}=100 Nm

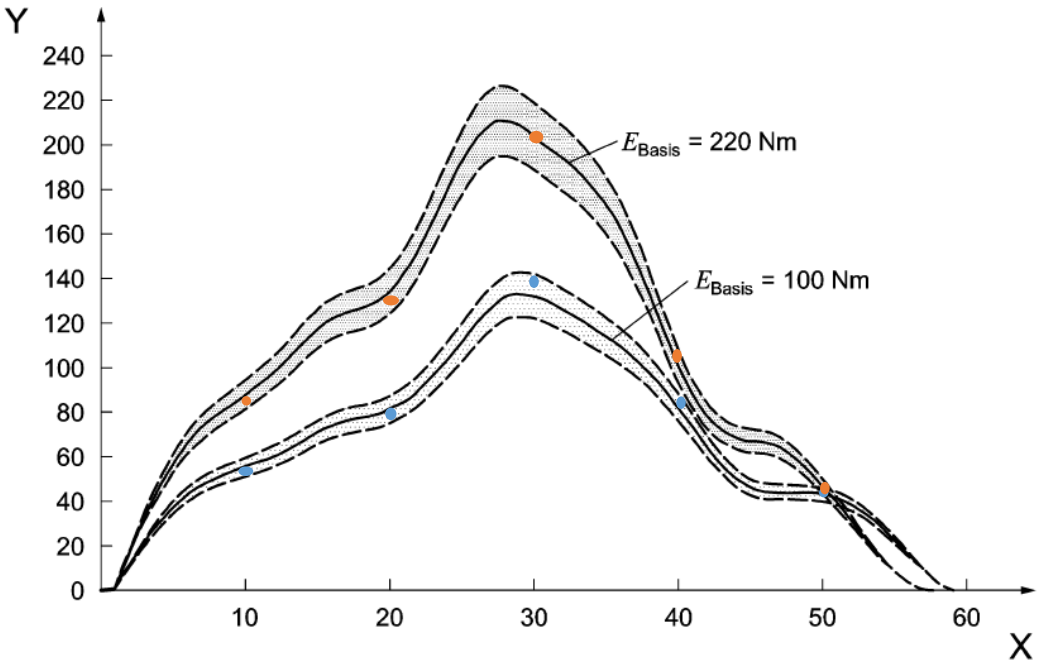


Protokollauszug SJ Mepla - E_{Basis}=220 Nm



9.2.2 Verifizierung für Stoß gegen eine vierseitig linienförmig gelagerte Platte

C.3.2.3 Verifizierung für Stoß gegen eine vierseitig linienförmig gelagerte Platte



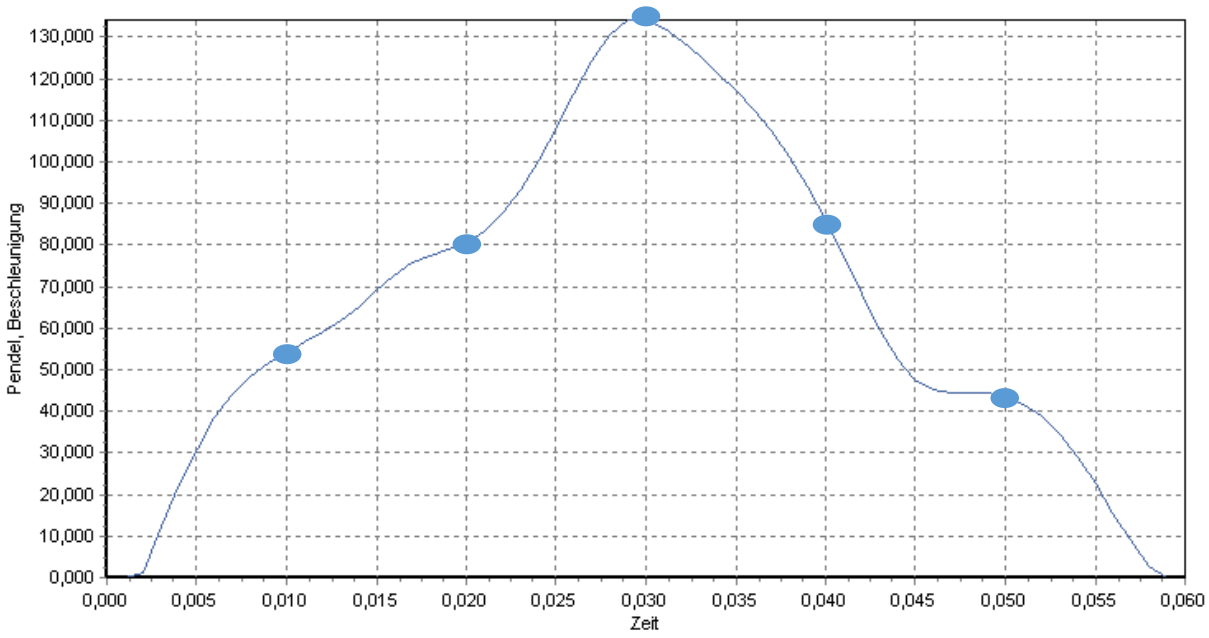
Legende

X Zeit t in ms

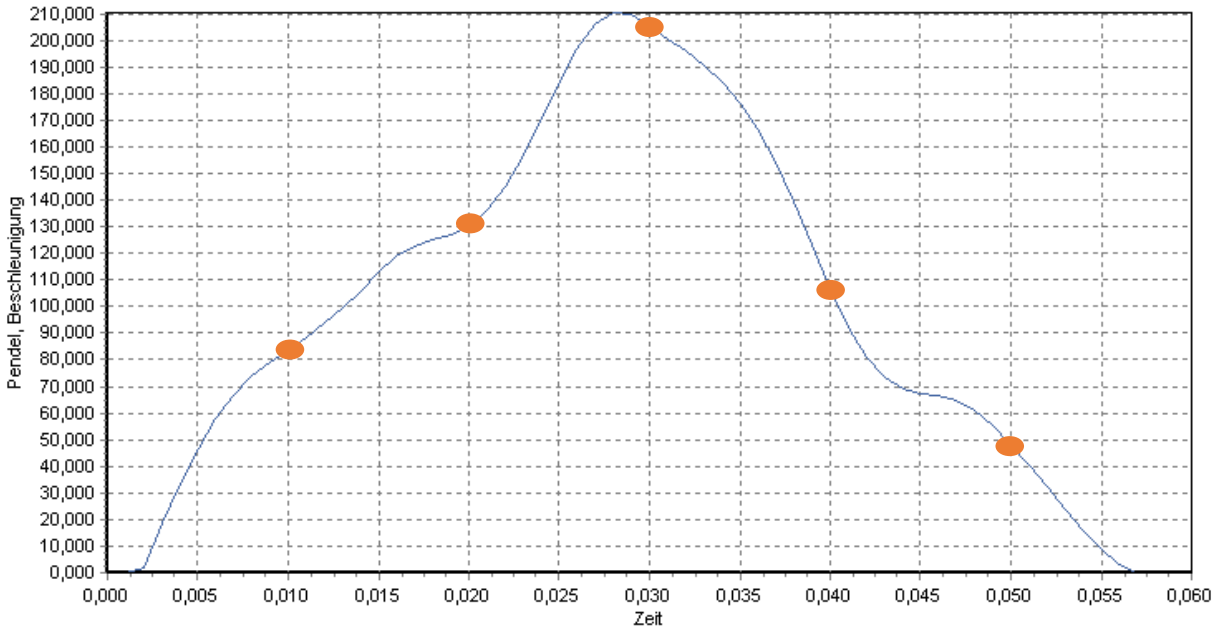
Y Pendelbeschleunigung in m/s^2

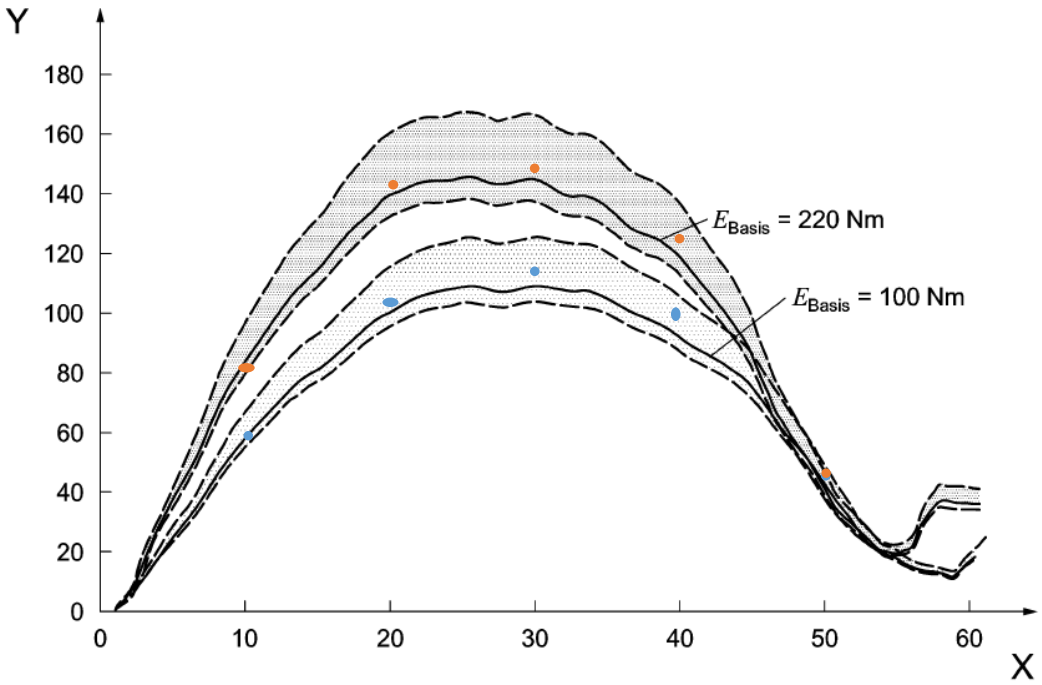
Bild C.3 — Beschleunigungs-Zeitverlauf des Pendelkörpers bei Stoß in Plattenmitte gegen eine vierseitig gelagerte Platte mit den Maßen 876 mm × 1 938 mm, Glasdicke t = 8 mm

Protokollauszug SJ Mepla - E_{Basis}=100 Nm



Protokollauszug SJ Mepla - E_{Basis}=220 Nm





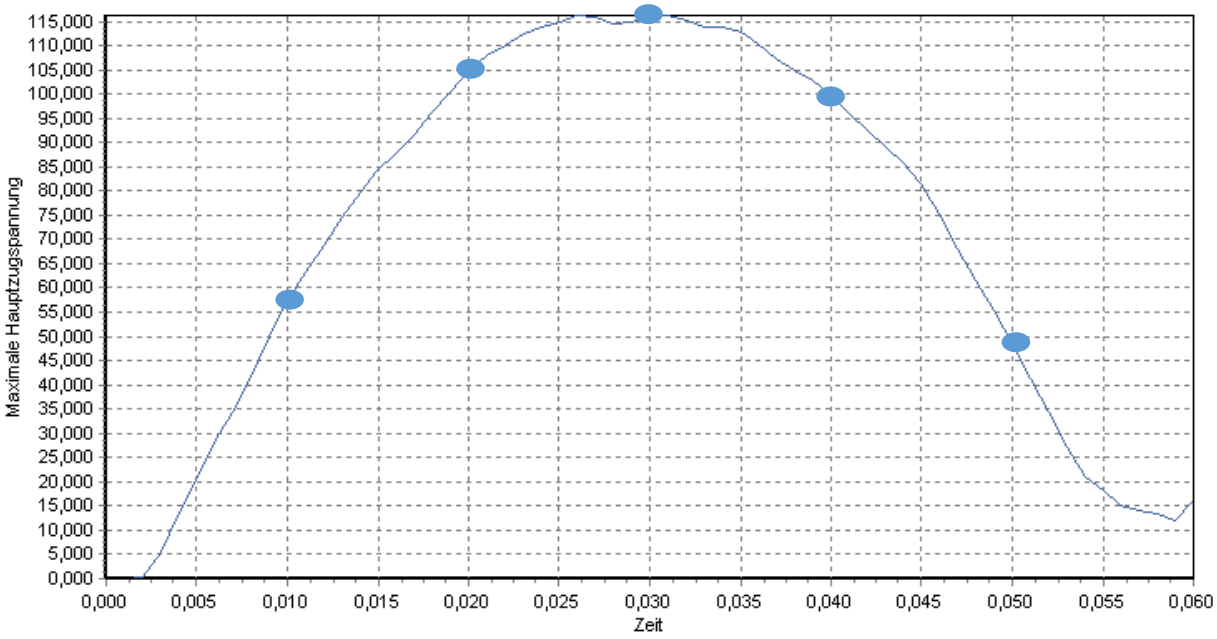
Legende

X Zeit t in ms

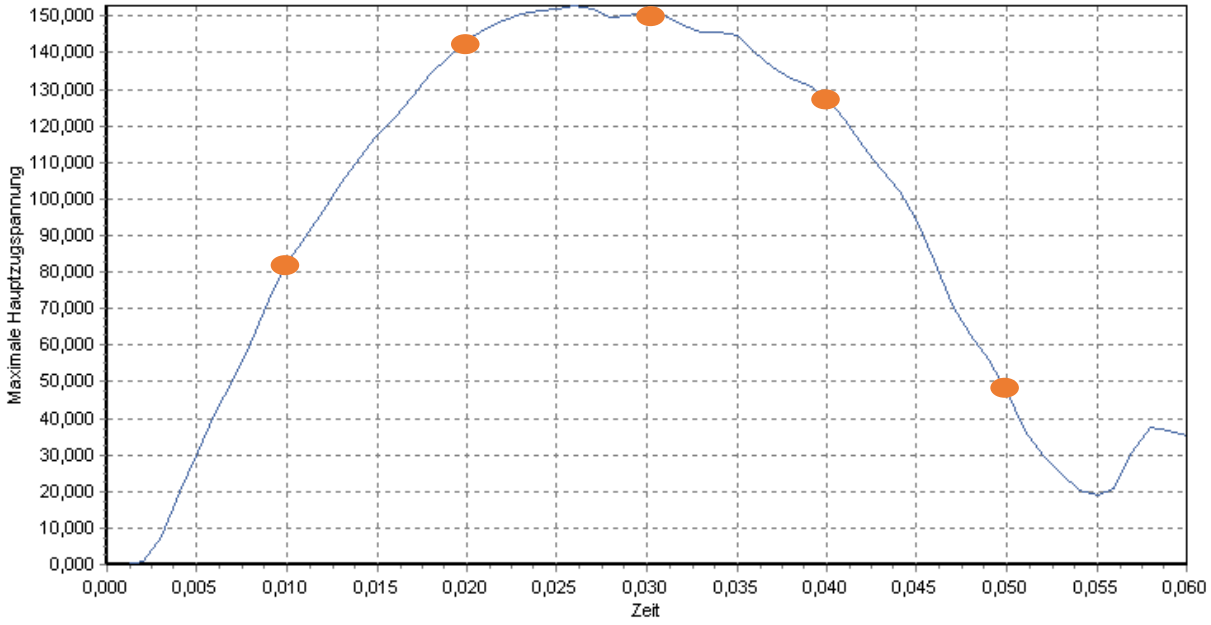
Y Hauptzugspannung in N/mm^2

Bild C.4 — Hauptspannungs-Zeitverlauf in Plattenmitte auf der stoßabgewandten Seite bei Stoß in Plattenmitte gegen eine vierseitig gelagerte Platte mit den Maßen 876 mm × 1 938 mm, Glasdicke t = 8 mm

Protokollauszug SJ Mepla - E_{Basis}=100 Nm

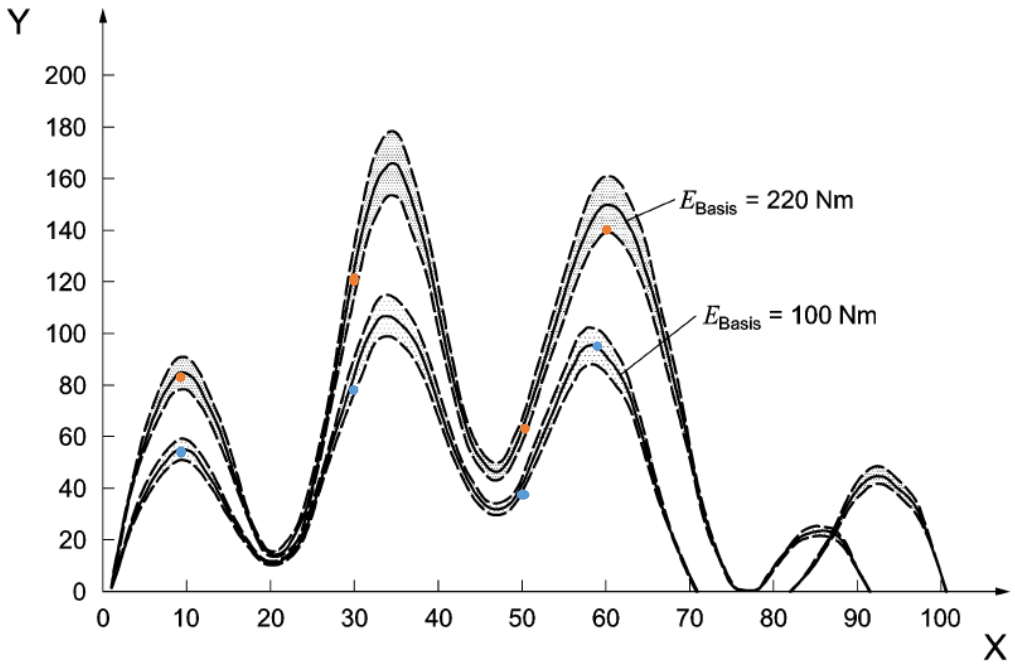


Protokollauszug SJ Mepla - E_{Basis}=220 Nm



9.2.3 Verifizierung für Stoß gegen eine zweiseitig linienförmig gelagerte Platte

C.3.2.4 Verifizierung für Stoß gegen eine zweiseitig linienförmig gelagerte Platte



Legende

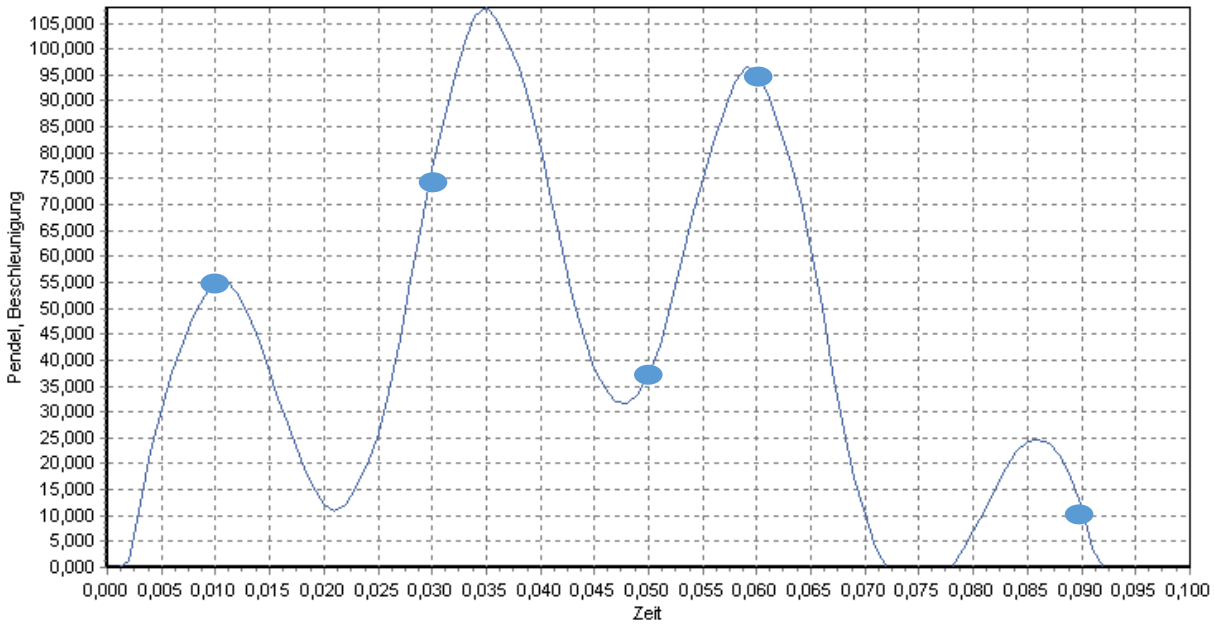
X Zeit t in ms

Y Pendelbeschleunigung in m/s^2

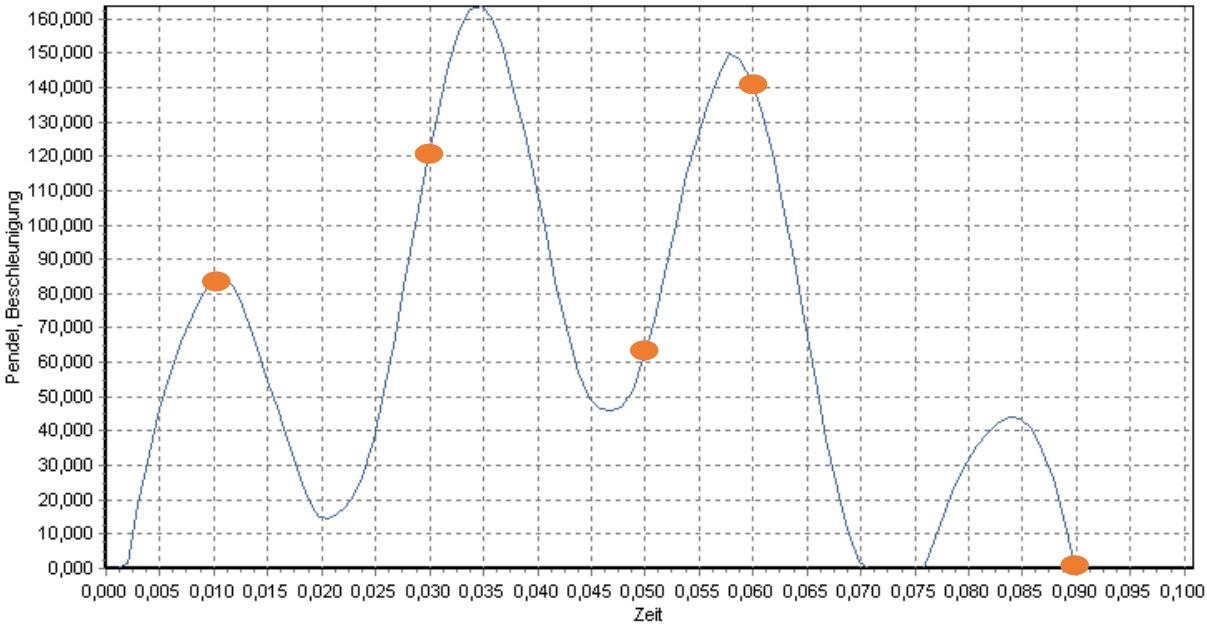
Bild C.5 — Beschleunigungs-Zeitverlauf des Pendelkörpers bei Stoß in Plattenmitte gegen eine zweiseitig gelagerte Platte mit den Maßen 700 mm × 1 000 mm, Glasdicke t = 8 mm,

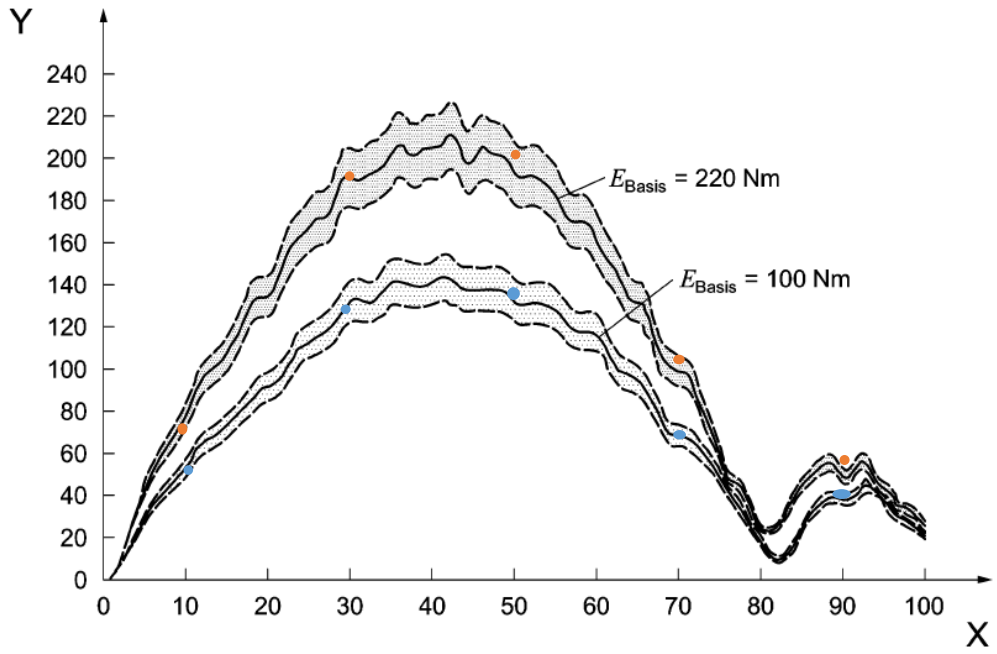
- *Die Abweichung bei der Pendelbeschleunigung kann vernachlässigt werden, da die max. Spannungen im Punkt 1.2.4 mit den Vorgaben der DIN 18008-4 übereinstimmen.*

Protokollauszug SJ Mepla - E_{Basis}=100 Nm



Protokollauszug SJ Mepla - E_{Basis}=220 Nm





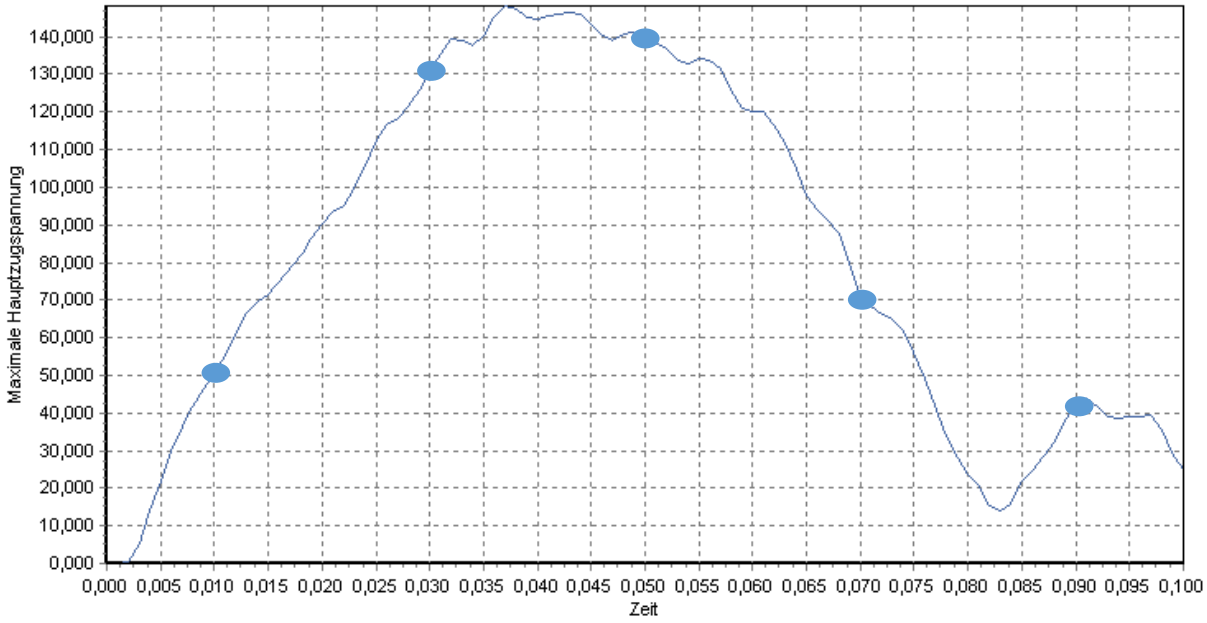
Legende

X Zeit t in ms

Y Hauptspannung in N/mm^2

Bild C.6 — Hauptspannungs-Zeitverlauf in Plattenmitte bei Stoß in Plattenmitte gegen eine zweiseitig gelagerte Platte mit den Maßen 700 mm × 1000 mm, Glasdicke t = 8 mm, Stützweite 1 000 mm

Protokollauszug SJ Mepla - E_{Basis}=100 Nm



Protokollauszug SJ Mepla - E_{Basis}=220 Nm

