

Systemstatik

Absturzsichernde Verbundsicherheitsgläser in französischen Balkonen

**Statische Berechnung
linienförmig gelagerter
Verbundsicherheitsgläser**

28. April 2020

Ingenieurbüro Scheideler

Mühlenwinkel 11, 37671 Höxter; Tel.: 05275 / 98 77 58; Fax: 05275 / 98 77 59;
info@scheideler-ingenieure.de

Inhalt

	Seite
1. Allgemeines, Berechnungskonzept, Rechenmodell	3
1.1 Konstruktionsbeschreibung	3
1.2 Modelle	3
1.3 Randbedingungen	4
1.4 Berechnungen	4
2. Eingangsgrößen	4
2.1 Glastafelaufbauten	4
2.2 Belastungen	4
2.3 Zulässige Spannungen	5
2.4 Zulässige Durchbiegung	5
2.5 Glastafelformate	5
3. Dokumentation, Berechnungsergebnisse	5
4. Zusammenfassung	7

Anhang A1 Ergebnisdokumentation B = 2000 mm x H = 1100 mm, PVB, Holmlast 1,0 kN/m

Höxter, den 28.04.2020



Dipl.- Ing. J. Scheideler

1. Allgemeines, Berechnungskonzept, Rechenmodell

Die Firma ALUKON KG, Münchberger Straße 31, 95176 Konradsreuth vertreibt sog. „Französische Balkone“ als Vorsatzkonstruktionen an üblichen Fensterblendrahmen aus Kunststoff, Aluminium, Holz-Aluminium und Holz. Die Konstruktion setzt sich im Wesentlichen zusammen aus absturzsichernden Verglasungen nach DIN 18008-4, Kategorie A in zweiseitig linienförmig rechts und links am Blendrahmen verschraubten, durchlaufenden Aluminiumführungsschienen.

Zwei unterschiedliche Glasaufbauten mit maximal möglicher Breite werden für typische Lastkombinationen aus Wind- und Holmlasten nach DIN EN 1990 statisch nachgewiesen. Der Nachweis ausreichender Tragfähigkeit unter stoßartiger Belastung muss mittels Bauteilversuchen erbracht werden.

Nicht betrachtet werden Scheibenspannungseffekte aus Zwang infolge behinderter Temperaturdehnung, aus Bauwerksbewegungen und aus teilweiser Beschattung bzw. Erwärmung der Tafeln. Die Dimensionierung der Aluminiumführungsschienen ist nicht Gegenstand der vorliegenden Berechnungen. Eine Ausführung nach den allgemein anerkannten Regeln der Technik wird vorausgesetzt.

Ebenso wird die Verschraubung der Aluminiumführungsschienen mit den Fensterblendrahmen in der vorliegenden Unterlage nicht statisch nachgewiesen, diese muss projektbezogen unter Berücksichtigung des jeweiligen Befestigungsuntergrundes nach Herstellerangaben erfolgen.

Die Beanspruchungen und Deformationen des Verbundsicherheitsglases wurden nach der Methode der finiten Elemente, unter Zuhilfenahme des Programmsystems SJ Mepla (Revision 5.0.8) berechnet. Die verwendeten Eingangsgrößen sind im Abschnitt 2 angegeben.

Auftraggeber: ALUKON KG
Münchberger Straße 31
95176 Konradsreuth

Aufsteller: Ingenieurbüro
Scheideler
Mühlenwinkel 11
37671 Höxter

1.1 Konstruktionsbeschreibung

Die Absturzsicherung besteht im Wesentlichen aus den seitlichen Führungsschienen, der Verbundsicherheitsglastafel, den Glasdichtungen, den Glasauflagen sowie dem Kantenschutz für die oberseitige Glaskante. Die Montage hat nach der aktuell gültigen Montageanleitung der Fa. ALUKON KG zu erfolgen. Die zweiseitig durchgehende Linienlagerung an den vertikalen Glaskanten hat einen Glaseinstand von min. 18 mm.

Das Glaseigengewicht wird pro Glastafel über zwei Klotzungen durch die Glasauflagen an der unteren Glaskante in die Unterkonstruktion abgetragen.

1.2 Modelle

Die Verbundsicherheitsglastafel wird mit Mehrschichtelementen abgebildet. Ein sich in der Realität positiv auf die Größe von Verformungen und Spannungen auswirkender Schubverbund über die PVB-Folie wird nicht berücksichtigt. Im Programm wird dieses durch einen sehr kleinen E-Modul (0,03 N/mm²) der Zwischenschicht erreicht. Die Schubverbundwirkung über die Sentry-Glas-Zwischenschicht wird gemäß AbZ-Nr. Z-70.3-170 berücksichtigt.

1.3 Randbedingungen

Die betrachteten Glastafeln sind zweiseitig linienförmig gelenkig an den vertikalen Kanten gelagert.

1.4 Berechnungen

Das Rechenmodell wird anhand geometrisch nichtlinearer und materiell linearer Analysen untersucht. Die Lastaufbringung auf die Einzelscheiben erfolgt über jeweils konstante Flächen- und Linienlasten.

2. Eingangsgrößen

2.1 Glastafelaufbauten

a) Verbundsicherheitsglas VSG 16/2-2 (DIN EN ISO 12543) aus 2 x Einscheibensicherheitsglas ESG 8 mm (EN 12150), PVB-Folie min. 0,76 mm

b) Verbundsicherheitsglas aus SentryGlas SG5000 VSG-S 16/2-2 (DIN EN ISO 12543) aus 2 x Einscheibensicherheitsglas ESG 8 mm (EN 12150), Sentry-Glas Zwischenschicht min. 0,76 mm, AbZ-Nr. Z-70.3-170

Glas:

E-Modul:	$0,70 \text{ E} + 5 \text{ N/mm}^2$
Querdehnzahl:	0,23
Spez. Gewicht:	$2,50 \text{ E} - 5 \text{ N/mm}^3$

2.2 Belastungen

Die Eigengewichtslasten sind entsprechend dem angegebenen spezifischen Gewicht bei allen Lastfällen berücksichtigt.

Windlasten:

Es werden drei unterschiedliche Windlastbereiche in den Berechnungen berücksichtigt:

Bereich I: Winddruck $0,65 \text{ kN/m}^2$, Windsog $-0,91 \text{ kN/m}^2$

Bereich II: Winddruck $0,80 \text{ kN/m}^2$, Windsog $-1,12 \text{ kN/m}^2$

Bereich III: Winddruck $1,10 \text{ kN/m}^2$, Windsog $-1,54 \text{ kN/m}^2$

Linienlasten:

Die Belastung wird als horizontale Gleichstreckenlast an der oberen Scheibenkante angesetzt. Es werden zwei unterschiedliche Holmlasten berücksichtigt:

1) Holmlast $0,5 \text{ kN/m}$

2) Holmlast $1,0 \text{ kN/m}$

Wind- und Linienlasten werden gemäß momentan gültiger DIN 18008 überlagert.

Alle Ergebnisse zu den betrachteten Lastfallkombinationen sind dem Anhang A1 entnehmen.

2.3 Zulässige Spannungen

Material	zulässige Spannungen [N/mm ²]		
	Lang Fläche / Kante	Mittel Fläche / Kante	Kurz Fläche /Kante
VSG aus ESG	88	88	88
ESG	80	80	80

Tabelle 1: Zulässige Spannungen statische Belastung

2.4 Zulässige Durchbiegung

Als Durchbiegungsbegrenzung bei zweiseitig gelagerten Vertikalverglasungen sind 1/100 der freien Stützweite einzuhalten. Auf die Einhaltung dieser Durchbiegungsbegrenzung kann verzichtet werden, wenn sichergestellt ist, dass unter Last ein Glaseinstand größer 5 mm erhalten bleibt.

Aus konstruktiven Gründen wird die Verformung der Glastafel unter Winddruck auf 42 mm begrenzt.

2.5 Glastafelformate

Glastafelaufbau a) VSG 16/2-2; 2 x ESG 8 mm, PVB-Folie 0,76 mm

	Windlast III		Windlast II		Windlast I	
	Holm 1,0 kN/m	Holm 0,5 kN/m	Holm 1,0 kN/m	Holm 0,5 kN/m	Holm 1,0 kN/m	Holm 0,5 kN/m
Glashöhe 1,1 m	= b 2,0 m	= b 2,1 m	= b 2,2 m	= b 2,2 m	= b 2,3 m	= b 2,3 m
Glashöhe 0,5 m	= b 2,0 m	= b 2,0 m	= b 2,2 m	= b 2,2 m	= b 2,3 m	= b 2,3 m

Glastafelaufbau b) VSG-S 16/2-2; 2 x ESG 8 mm, Sentry-Glas Zwischenschicht 0,76 mm

	Windlast III		Windlast II		Windlast I	
	Holm 1,0 kN/m	Holm 0,5 kN/m	Holm 1,0 kN/m	Holm 0,5 kN/m	Holm 1,0 kN/m	Holm 0,5 kN/m
Glashöhe 1,1 m	= b 2,7 m	= b 2,8 m	= b 2,8 m	= b 2,8 m	= b 2,8 m	= b 2,8 m
Glashöhe 0,5 m	= b 2,8 m	= b 2,8 m	= b 2,8 m	= b 2,8 m	= b 2,8 m	= b 2,8 m

3. Dokumentation, Berechnungsergebnisse

Unter den angenommenen Lasten erhält man folgende max. Spannungen S1 und max. Verformungen u im Verbundsicherheitsglas, Ergebnisdetails siehe Anhang A1.

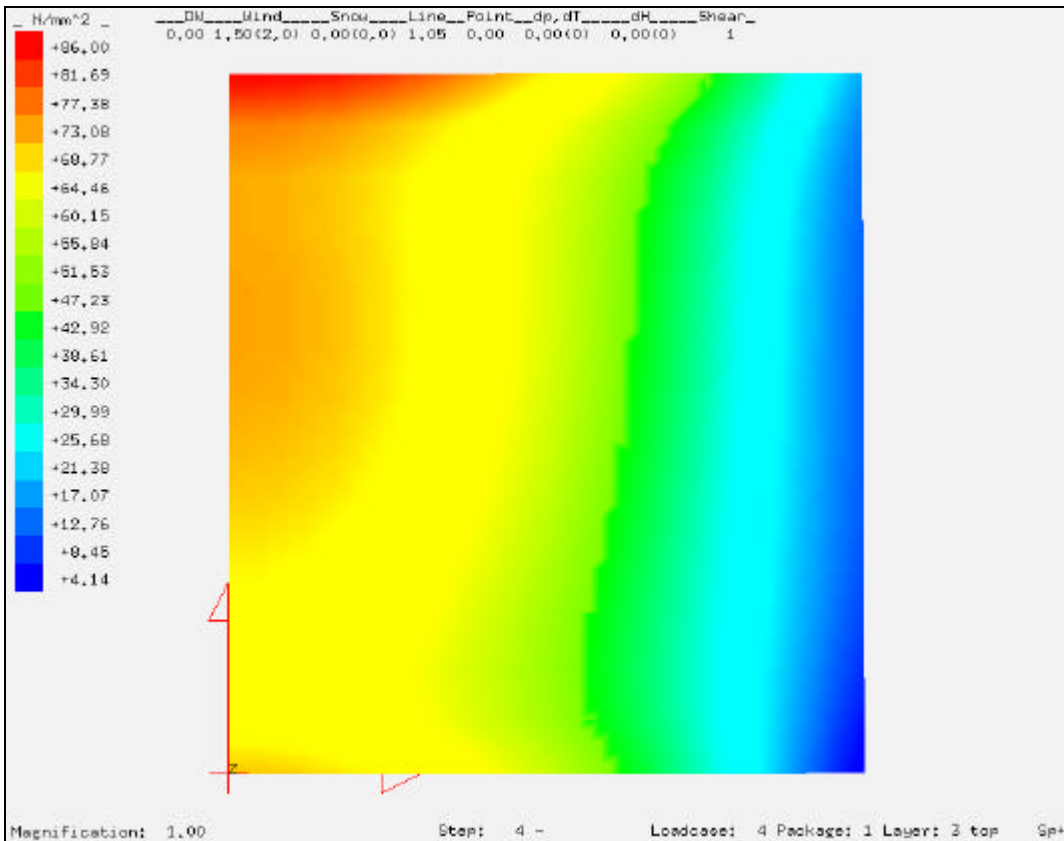


Bild 1: B = 2000 mm x H = 1100 mm, PVB, Holmlast 1,0 kN/m, Hauptzugspannungen [N/mm²], LF 4 (Symmetriehälfte)

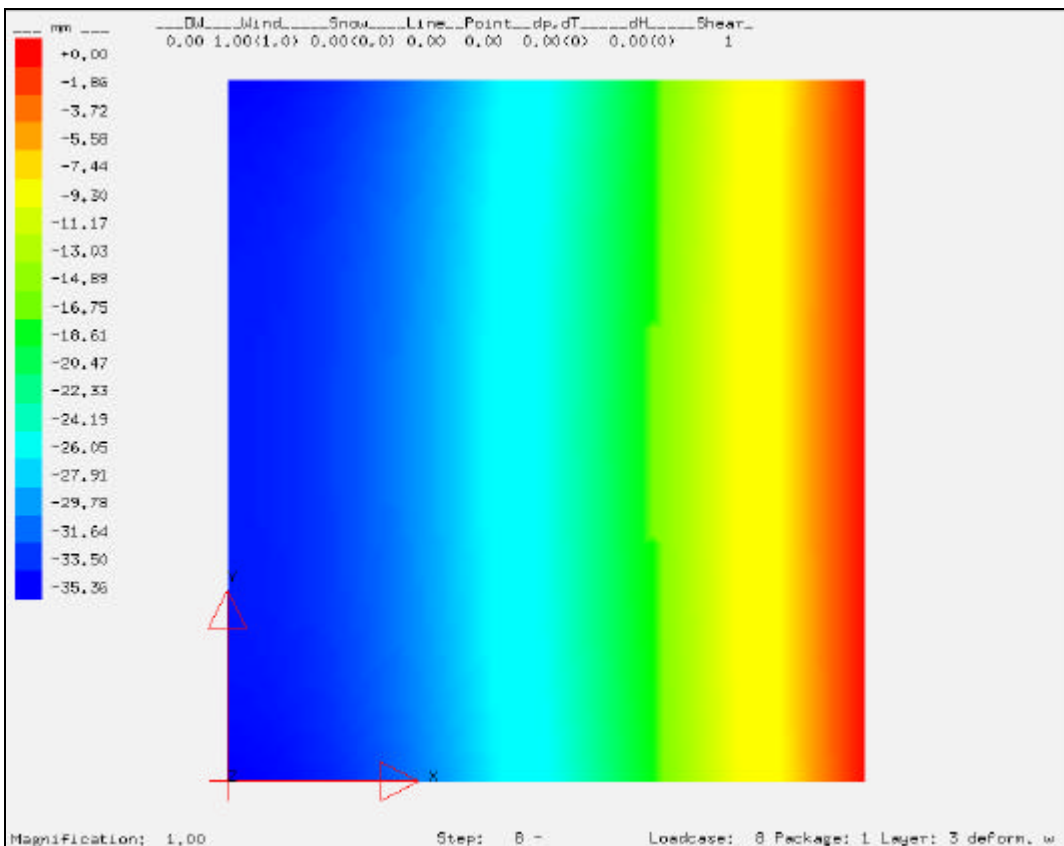


Bild 2: B = 2000 mm x H = 1100 mm, PVB, Holmlast 1,0 kN/m, Verformung [mm] senkrecht zur Scheibenebene, LF 8 (Symmetriehälfte)

Format B x H Folienart	Windbereich	Holmlast [kN/m]	ESG max. Hauptspannung S1 [N/mm ²]	ESG zul. Hauptspannung S1 [N/mm ²]	Lastfall	max. Durchbiegung [mm] Windsog / Holmlast	max. Durchbiegung [mm] Winddruck	Lastfall
2000 mm x 1100 mm PVB	III	1	86,0	88	4	76,7	-35,4	8
2100 mm x 1100 mm PVB		0,5	77,2	88	4	75,6	-42,6	8
2000 mm x 500 mm PVB		1	56,1	88	3	50,0	-35,9	9
2000 mm x 500 mm PVB		0,5	56,1	88	4	50,0	-35,9	9
2700 mm x 1100 mm SGP		1	74,9	80	4	59,2	-28,1	8
2800 mm x 1100 mm SGP		0,5	66,7	80	4	56,6	-32,4	8
2200 mm x 1100 mm PVB	II	1	83,6	88	4	89,8	-37,2	8
2200 mm x 1100 mm PVB		0,5	66,2	88	4	70,9	-37,2	8
2200 mm x 500 mm PVB		1	48,8	88	3	52,7	-37,8	8
2200 mm x 500 mm PVB		0,5	48,8	88	4	52,7	-37,8	9
2300 mm x 1100 mm PVB	I	1	80,6	88	4	94,3	-35,9	8
2300 mm x 1100 mm PVB		0,5	61,9	88	4	72,3	-35,9	8
2300 mm x 500 mm PVB		1	43,1	88	4	50,8	-36,4	9
2300 mm x 500 mm PVB		0,5	43,1	88	4	50,8	-36,4	9

Tabelle 2: Spannungen und Durchbiegungen im Verbundsicherheitsglas

4. Zusammenfassung

Der statische Nachweis nach DIN 18008-1, -2 und -4 für die zweiseitig gelagerten Verbundsicherheitsgläser VSG 16/2-2 aus 2 x ESG 8 mm bzw. SentryGlas-VSG-S 16/2-2 aus 2 x ESG 8 mm mit den oben aufgeführten maximalen Abmessungen und den genannten Verkehrslasten konnte erfolgreich geführt werden.

Der Nachweis ausreichender Tragfähigkeit unter stoßartiger Belastung muss mittels Bauteilversuchen erbracht werden.

Anhang A1

Ergebnisdokumentation B = 2000 mm x H = 1100 mm, PVB, Holmlast 1,0 kN/m

•[1] +1.50w(1)+1·E_Foil

Paket	Schicht		Ed	< Rd	OK/NOK
1	3	Feld	2.28	88.00	✓
		Feld	38.41	88.00	✓
1	1	Feld	2.29	88.00	✓
		Feld	39.81	88.00	✓

•[2] +1.50w(1)+1.05q(1)+1·E_Foil

Paket	Schicht		Ed	< Rd	OK/NOK
1	3	Feld	12.74	88.00	✓
		Feld	21.58	88.00	✓
1	1	Feld	12.74	88.00	✓
		Feld	22.16	88.00	✓

•[3] +1.50w(2)+1·E_Foil

Paket	Schicht		Ed	< Rd	OK/NOK
1	3	Feld	55.31	88.00	✓
		Feld	2.83	88.00	✓
1	1	Feld	53.35	88.00	✓
		Feld	2.81	88.00	✓

•[4] +1.50w(2)+1.05q(1)+1·E_Foil

Paket	Schicht		Ed	< Rd	OK/NOK
1	3	Feld	86.00	88.00	✓
		Feld	13.80	88.00	✓
1	1	Feld	83.23	88.00	✓
		Feld	13.78	88.00	✓

•[5] +1.50q(1)+1·E_Foil

Paket	Schicht		Ed	< Rd	OK/NOK
1	3	Feld	45.42	88.00	✓
		Feld	17.15	88.00	✓
1	1	Feld	44.25	88.00	✓
		Feld	17.13	88.00	✓

•[6] +0.90w(1)+1.50q(1)+1·E_Foil

Dieser Ausdruck wurde durch das Programm SJ MEPLA erstellt. Copyright 2000-2020 by SJ Software GmbH Aachen.

Paket	Schicht		Ed	< Rd	OK/NOK
1	3	Feld	26.15	88.00	✓
		Feld	18.15	88.00	✓
1	1	Feld	25.90	88.00	✓
		Feld	18.13	88.00	✓

•[7] +0.90w(2)+1.50q(1)+1·E_Foil

Paket	Schicht		Ed	< Rd	OK/NOK
1	3	Feld	77.40	88.00	✓
		Feld	17.45	88.00	✓
1	1	Feld	75.05	88.00	✓
		Feld	17.42	88.00	✓

•[8] +1.00w(1)+1·E_Foil

Paket	w	< wd	OK/NOK
1	(max) 0.00	42.00	✓
	(min) -35.36	42.00	✓

•[9] +1.00w(1)+0.70q(1)+1·E_Foil

Paket	w	< wd	OK/NOK
1	(max) 0.00	42.00	✓
	(min) -22.20	42.00	✓

•[10] +1.00w(2)+1·E_Foil

Paket	w	< wd	OK/NOK
1	(max) 49.10	42.00	X
	(min) 0.00	42.00	✓

•[11] +1.00w(2)+0.70q(1)+1·E_Foil

Paket	w	< wd	OK/NOK
1	(max) 76.67	42.00	X
	(min) 0.00	42.00	✓

•[12] +1.00q(1)+1·E_Foil

Dieser Ausdruck wurde durch das Programm SJ MEPLA erstellt. Copyright 2000-2020 by SJ Software GmbH Aachen.

Paket		w	< wd	OK/NOK
1	(max)	40.37	42.00	✓
	(min)	0.00	42.00	✓

•[13] $+0.60w(1)+1.00q(1)+1 \cdot E_{\text{Foil}}$

Paket		w	< wd	OK/NOK
1	(max)	20.73	42.00	✓
	(min)	-1.72	42.00	✓

•[14] $+0.60w(2)+1.00q(1)+1 \cdot E_{\text{Foil}}$

Paket		w	< wd	OK/NOK
1	(max)	69.00	42.00	X
	(min)	0.00	42.00	✓

Berechnungsverfahren:

geometrisch nicht-linear (Ansatz großer Verformungen quer zur Plattenebene)
statische Berechnung

Kenndaten des finiten Element Netzes:

Elementgröße : 80.0 mm
Anzahl der Elemente : 156
Anzahl der Knoten : 675 (pro Paket)
Anzahl der Unbekannten : 5940

Lastfall: 1 (+1.50w(1)+1·E_Foil)

=====

Beiwerte / Sicherheitsfaktoren:

----- Klima -----
Eigengewicht Wind Schnee Linie Punkt $\Delta p, \Delta T$ ΔH Schub
0.00 1.50 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 1.00

Lastfallkombination:

	Wind N/mm ²	Schnee N/mm ²	Klima
außen	-0.00110	0.00000	keine Klimalast
innen	0.00000		

Resultierende Flächenlast aus Wind und Schnee:

	N/mm ²	
außen	-0.00165 N/mm ²	= -0.00110 * 1.50 + 0.00000 * 0.00
innen	0.00000 N/mm ²	= 0.00000 * 1.50

Zusätzliche begrenzte Flächenlast (linear verteilt, außen) - hier nicht ausgewählt!

Berechnungsergebnis:

Minimale und maximale Verformungen w:

Paket	--- Ort ---		Verformung w mm
	x mm	y mm	

Dieser Ausdruck wurde durch das Programm SJ MEPLA erstellt. Copyright 2000-2020 by SJ Software GmbH Aachen.

1 0.00 1100.00 -52.54 (min)
1000.00 0.00 0.00 (max)

Maximale Hauptzugspannung:

Paket	Schicht	x mm	y mm	σ N/mm ²	σ (max) N/mm ²
1	3 (oben)	990.61	1090.46	2.28	38.41
	(unten)	9.39	1090.46	38.41	
1	1 (oben)	990.61	1090.46	2.29	39.81
	(unten)	9.39	9.54	39.81	

Federn:

Paket	Schicht	u mm	v mm	w mm	ϕ rad	θ rad	Fx N	Fy N	Fz N	M _{ϕ} Nmm	M _{θ} Nmm
(0.00 / 0.00)											
1	1	0.00	0.00	-52.54	0.0000	-0.0057	0.00	0.00	-0.00	0.00	-0.00
(900.00 / 0.00)											
1	1	-1.32	-0.00	-8.44	-0.0835	-0.0012	-0.00	-0.00	-0.00	-0.00	-0.00

Lastfall: 2 (+1.50w(1)+1.05q(1)+1·E_Foil)

=====

Beiwerte / Sicherheitsfaktoren:

----- Klima -----
Eigengewicht Wind Schnee Linie Punkt $\Delta p, \Delta T$ ΔH Schub
0.00 1.50 0.00 1.05 0.00 0.00 0.00 1.00

Lastfallkombination:

	Wind N/mm ²	Schnee N/mm ²	Klima
außen	-0.00110	0.00000	keine Klimalast
innen	0.00000		

Resultierende Flächenlast aus Wind und Schnee:

	N/mm ²	
außen	-0.00165 N/mm ²	= -0.00110 * 1.50 + 0.00000 * 0.00
innen	0.00000 N/mm ²	= 0.00000 * 1.50

Zusätzliche begrenzte Flächenlast (linear verteilt, außen) - hier nicht ausgewählt!

Dieser Ausdruck wurde durch das Programm SJ MEPLA erstellt. Copyright 2000-2020 by SJ Software GmbH Aachen.

Berechnungsergebnis:

Minimale und maximale Verformungen w:

Paket	--- Ort ---		Verformung w
	x	y	
	mm	mm	mm
1	0.00	0.00	-33.08 (min)
	1000.00	0.00	0.00 (max)

Maximale Hauptzugspannung:

Paket	Schicht		x	y	σ	σ (max)
			mm	mm	N/mm ²	N/mm ²
1	3	(oben)	990.61	1090.46	12.74	21.58
		(unten)	9.39	9.54	21.58	
1	1	(oben)	990.61	1090.46	12.74	22.16
		(unten)	9.39	9.54	22.16	

Federn:

Paket	Schicht	u	v	w	φ	θ	Fx	Fy	Fz	M _φ	M _θ
(x / y)		mm	mm	mm	rad	rad	N	N	N	Nmm	Nmm
(0.00 / 0.00)											
1	1	0.00	0.24	-33.08	0.0000	-0.0221	0.00	0.24	-0.00	0.00	-0.00
(900.00 / 0.00)											
1	1	-0.52	-0.24	-5.34	-0.0527	-0.0036	-0.00	-0.24	-0.00	-0.00	-0.00

Lastfall: 3 (+1.50w(2)+1·E_Foil)

Beiwerte / Sicherheitsfaktoren:

Eigengewicht	Wind	Schnee	Linie	Punkt	---- Klima ----	Δp, ΔT	ΔH	Schub
0.00	1.50	0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	1.00

Lastfallkombination:

	Wind	Schnee	Klima
	N/mm ²	N/mm ²	
außen	0.00154	0.00000	keine Klimalast

Dieser Ausdruck wurde durch das Programm SJ MEPLA erstellt. Copyright 2000-2020 by SJ Software GmbH Aachen.

innen 0.00000

Resultierende Flächenlast aus Wind und Schnee:

	N/mm ²	
außen	0.00231 N/mm ²	= 0.00154 * 1.50 + 0.00000 * 0.00
innen	0.00000 N/mm ²	= 0.00000 * 1.50

Zusätzliche begrenzte Flächenlast (linear verteilt, außen) - hier nicht ausgewählt!

Berechnungsergebnis:

Minimale und maximale Verformungen w:

Paket	--- Ort ---		Verformung w
	x	y	
	mm	mm	mm
1	1000.00	0.00	0.00 (min)
	0.00	1100.00	73.12 (max)

Maximale Hauptzugspannung:

Paket	Schicht		x	y	σ	σ (max)
			mm	mm	N/mm ²	N/mm ²
1	3	(oben)	9.39	1090.46	55.31	55.31
		(unten)	990.61	1090.46	2.83	
1	1	(oben)	9.39	9.54	53.35	53.35
		(unten)	990.61	1090.46	2.81	

Federn:

Paket	Schicht	u	v	w	φ	θ	Fx	Fy	Fz	M _φ	M _θ
(x / y)		mm	mm	mm	rad	rad	N	N	N	Nmm	Nmm
(0.00 / 0.00)											
1	1	0.00	0.00	73.12	0.0000	0.0066	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
(900.00 / 0.00)											
1	1	-2.60	-0.00	11.75	0.1163	0.0016	-0.00	-0.00	0.00	0.00	0.00

Lastfall: 4 (+1.50w(2)+1.05q(1)+1·E_Foil)

Beiwerte / Sicherheitsfaktoren:

Dieser Ausdruck wurde durch das Programm SJ MEPLA erstellt. Copyright 2000-2020 by SJ Software GmbH Aachen.

---- Klima ----

Eigengewicht	Wind	Schnee	Linie	Punkt	$\Delta p, \Delta T$	ΔH	Schub
0.00	1.50	0.00	1.05	0.00	0.00	0.00	1.00

Lastfallkombination:

	Wind N/mm ²	Schnee N/mm ²	Klima
außen	0.00154	0.00000	keine Klimalast
innen	0.00000		

Resultierende Flächenlast aus Wind und Schnee:

	N/mm ²	
außen	0.00231	N/mm ² = 0.00154 * 1.50 + 0.00000 * 0.00
innen	0.00000	N/mm ² = 0.00000 * 1.50

Zusätzliche begrenzte Flächenlast (linear verteilt, außen) - hier nicht ausgewählt!

Berechnungsergebnis:

Minimale und maximale Verformungen w:

Paket	--- Ort ---		Verformung w
	x	y	
	mm	mm	
1	1000.00	0.00	0.00 (min)
	0.00	1100.00	114.02 (max)

Maximale Hauptzugspannung:

Paket	Schicht		x	y	σ	σ (max)
			mm	mm	N/mm ²	N/mm ²
1	3	(oben)	9.39	1090.46	86.00	86.00
		(unten)	990.61	1090.46	13.80	
1	1	(oben)	9.39	1090.46	83.23	83.23
		(unten)	990.61	1090.46	13.78	

Federn:

Paket	Schicht	u	v	w	φ	θ	Fx	Fy	Fz	M _{φ}	M _{θ}
(x / y)		mm	mm	mm	rad	rad	N	N	N	Nmm	Nmm
1	1	0.00	-0.73	91.62	0.0000	-0.0126	0.00	-0.73	0.00	0.00	-0.00

Dieser Ausdruck wurde durch das Programm SJ MEPLA erstellt. Copyright 2000-2020 by SJ Software GmbH Aachen.

(900.00 / 0.00)											
1	1	-4.07	0.73	14.56	0.1442	-0.0016	-0.00	0.73	0.00	0.00	-0.00

Lastfall: 5 (+1.50q(1)+1·E_Foil)

Beiwerte / Sicherheitsfaktoren:

---- Klima ----

Eigengewicht	Wind	Schnee	Linie	Punkt	$\Delta p, \Delta T$	ΔH	Schub
0.00	0.00	0.00	1.50	0.00	0.00	0.00	1.00

Lastfallkombination:

	Wind N/mm ²	Schnee N/mm ²	Klima
außen	0.00000	0.00000	keine Klimalast
innen	0.00000		

Resultierende Flächenlast aus Wind und Schnee:

	N/mm ²	
außen	0.00000	N/mm ² = 0.00000 * 0.00 + 0.00000 * 0.00
innen	0.00000	N/mm ² = 0.00000 * 0.00

Zusätzliche begrenzte Flächenlast (linear verteilt, außen) - hier nicht ausgewählt!

Berechnungsergebnis:

Minimale und maximale Verformungen w:

Paket	--- Ort ---		Verformung w
	x	y	
	mm	mm	
1	1000.00	0.00	0.00 (min)
	0.00	1100.00	58.82 (max)

Maximale Hauptzugspannung:

Paket	Schicht		x	y	σ	σ (max)
			mm	mm	N/mm ²	N/mm ²
1	3	(oben)	9.39	1090.46	45.42	45.42
		(unten)	990.61	1090.46	17.15	

Dieser Ausdruck wurde durch das Programm SJ MEPLA erstellt. Copyright 2000-2020 by SJ Software GmbH Aachen.

1	1	(oben)	9.39	1090.46	44.25	44.25
		(unten)	990.61	1090.46	17.13	

Federn:

Paket	Schicht	u	v	w	φ	θ	Fx	Fy	Fz	M _φ	M _θ
(x / y)		mm	mm	mm	rad	rad	N	N	N	Nmm	Nmm
(0.00 / 0.00)											
1	1	0.00	-0.35	28.13	0.0000	-0.0218	0.00	-0.35	0.00	0.00	-0.00
(900.00 / 0.00)											
1	1	-0.32	0.35	4.30	0.0428	-0.0035	-0.00	0.35	0.00	0.00	-0.00

Lastfall: 6 (+0.90w(1)+1.50q(1)+1·E_Foil)

Beiwerte / Sicherheitsfaktoren:

Eigengewicht	Wind	Schnee	Linie	Punkt	Δp,ΔT	ΔH	Schub
0.00	0.90	0.00	1.50	0.00	0.00	0.00	1.00

Lastfallkombination:

	Wind N/mm ²	Schnee N/mm ²	Klima
außen	-0.00110	0.00000	keine Klimalast
innen	0.00000		

Resultierende Flächenlast aus Wind und Schnee:

	N/mm ²
außen	-0.00099 N/mm ² = -0.00110 * 0.90 + 0.00000 * 0.00
innen	0.00000 N/mm ² = 0.00000 * 0.90

Zusätzliche begrenzte Flächenlast (linear verteilt, außen) - hier nicht ausgewählt!

Berechnungsergebnis:

Minimale und maximale Verformungen w:

Paket	--- Ort ---			Verformung
	x	y	w	
	mm	mm	mm	

Dieser Ausdruck wurde durch das Programm SJ MEPLA erstellt. Copyright 2000-2020 by SJ Software GmbH Aachen.

1	0.00	0.00	-2.65 (min)
	0.00	1100.00	28.69 (max)

Maximale Hauptzugspannung:

Paket	Schicht	x	y	σ	σ (max)
		mm	mm	N/mm ²	N/mm ²
1	3 (oben)	676.06	1090.46	26.15	26.15
	(unten)	990.61	1024.92	18.15	
1	1 (oben)	676.06	1090.46	25.90	25.90
	(unten)	990.61	1024.92	18.13	

Federn:

Paket	Schicht	u	v	w	φ	θ	Fx	Fy	Fz	M _φ	M _θ
(x / y)		mm	mm	mm	rad	rad	N	N	N	Nmm	Nmm
(0.00 / 0.00)											
1	1	0.00	-0.04	-2.65	0.0000	-0.0207	0.00	-0.04	-0.00	0.00	-0.00
(900.00 / 0.00)											
1	1	0.04	0.04	-0.61	-0.0058	-0.0035	0.00	0.04	-0.00	-0.00	-0.00

Lastfall: 7 (+0.90w(2)+1.50q(1)+1·E_Foil)

Beiwerte / Sicherheitsfaktoren:

Eigengewicht	Wind	Schnee	Linie	Punkt	Δp,ΔT	ΔH	Schub
0.00	0.90	0.00	1.50	0.00	0.00	0.00	1.00

Lastfallkombination:

	Wind N/mm ²	Schnee N/mm ²	Klima
außen	0.00154	0.00000	keine Klimalast
innen	0.00000		

Resultierende Flächenlast aus Wind und Schnee:

	N/mm ²
außen	0.00139 N/mm ² = 0.00154 * 0.90 + 0.00000 * 0.00
innen	0.00000 N/mm ² = 0.00000 * 0.90

Zusätzliche begrenzte Flächenlast (linear verteilt, außen) - hier nicht ausgewählt!

Dieser Ausdruck wurde durch das Programm SJ MEPLA erstellt. Copyright 2000-2020 by SJ Software GmbH Aachen.

Berechnungsergebnis:

Minimale und maximale Verformungen w:

Paket	--- Ort ---		Verformung
	x	y	w
	mm	mm	mm
1	1000.00	0.00	0.00 (min)
	0.00	1100.00	102.23 (max)

Maximale Hauptzugspannung:

Paket	Schicht	x		y		σ N/mm ²	σ (max) N/mm ²
		mm	mm	mm	mm		
1	3	(oben)	9.39	1090.46	77.40	77.40	
		(unten)	990.61	1090.46	17.45		
1	1	(oben)	9.39	1090.46	75.05	75.05	
		(unten)	990.61	1090.46	17.42		

Federn:

Paket	Schicht	u	v	w	ϕ	θ	Fx	Fy	Fz	M _{ϕ}	M _{θ}
(x / y)		mm	mm	mm	rad	rad	N	N	N	Nmm	Nmm
(0.00 / 0.00)											
1	1	0.00	-0.81	71.31	0.0000	-0.0210	0.00	-0.81	0.00	0.00	-0.00
(900.00 / 0.00)											
1	1	-2.43	0.81	11.20	0.1111	-0.0032	-0.00	0.81	0.00	0.00	-0.00

Lastfall: 8 (+1.00w(1)+1·E_Foil)

Beiwerte / Sicherheitsfaktoren:

Eigengewicht	Wind	Schnee	Linie	Punkt	---- Klima ----		Schub
					$\Delta p, \Delta T$	ΔH	
0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00

Lastfallkombination:

	Wind	Schnee	Klima
	N/mm ²	N/mm ²	
außen	-0.00110	0.00000	keine Klimalast

Dieser Ausdruck wurde durch das Programm SJ MEPLA erstellt. Copyright 2000-2020 by SJ Software GmbH Aachen.

innen 0.00000

Resultierende Flächenlast aus Wind und Schnee:

	N/mm ²
außen	-0.00110 N/mm ² = -0.00110 * 1.00 + 0.00000 * 0.00
innen	0.00000 N/mm ² = 0.00000 * 1.00

Zusätzliche begrenzte Flächenlast (linear verteilt, außen) - hier nicht ausgewählt!

Berechnungsergebnis:

Minimale und maximale Verformungen w:

Paket	--- Ort ---		Verformung
	x	y	w
	mm	mm	mm
1	0.00	1100.00	-35.36 (min)
	1000.00	0.00	0.00 (max)

Maximale Hauptzugspannung:

Paket	Schicht	x		y		σ N/mm ²	σ (max) N/mm ²
		mm	mm	mm	mm		
1	3	(oben)	990.61	1090.46	1.78	25.84	
		(unten)	9.39	1090.46	25.84		
1	1	(oben)	990.61	1090.46	1.79	26.78	
		(unten)	9.39	9.54	26.78		

Federn:

Paket	Schicht	u	v	w	ϕ	θ	Fx	Fy	Fz	M _{ϕ}	M _{θ}
(x / y)		mm	mm	mm	rad	rad	N	N	N	Nmm	Nmm
(0.00 / 0.00)											
1	1	0.00	0.00	-35.36	0.0000	-0.0048	0.00	0.00	-0.00	0.00	-0.00
(900.00 / 0.00)											
1	1	-0.59	-0.00	-5.67	-0.0561	-0.0010	-0.00	-0.00	-0.00	-0.00	-0.00

Lastfall: 9 (+1.00w(1)+0.70q(1)+1·E_Foil)

Beiwerte / Sicherheitsfaktoren:

Dieser Ausdruck wurde durch das Programm SJ MEPLA erstellt. Copyright 2000-2020 by SJ Software GmbH Aachen.

---- Klima ----

Eigengewicht	Wind	Schnee	Linie	Punkt	$\Delta p, \Delta T$	ΔH	Schub
0.00	1.00	0.00	0.70	0.00	0.00	0.00	1.00

Lastfallkombination:

	Wind N/mm ²	Schnee N/mm ²	Klima
außen	-0.00110	0.00000	keine Klimalast
innen	0.00000		

Resultierende Flächenlast aus Wind und Schnee:

	N/mm ²	
außen	-0.00110	N/mm ² = -0.00110 * 1.00 + 0.00000 * 0.00
innen	0.00000	N/mm ² = 0.00000 * 1.00

Zusätzliche begrenzte Flächenlast (linear verteilt, außen) - hier nicht ausgewählt!

Berechnungsergebnis:

Minimale und maximale Verformungen w:

Paket	--- Ort ---		Verformung w
	x	y	
	mm	mm	
1	0.00	0.00	-22.20 (min)
	1000.00	0.00	0.00 (max)

Maximale Hauptzugspannung:

Paket	Schicht	x		y		σ N/mm ²	σ (max) N/mm ²
		mm	mm	mm	mm		
1	3 (oben)	990.61	1090.46	9.39	9.54	8.55	14.42
		990.61	1090.46	9.39	9.54	8.55	14.81

Federn:

Paket	Schicht	u	v	w	φ	θ	Fx	Fy	Fz	M _{φ}	M _{θ}
(x / y)		mm	mm	mm	rad	rad	N	N	N	Nmm	Nmm
1	1	0.00	0.11	-22.20	0.0000	-0.0150	0.00	0.11	-0.00	0.00	-0.00

Dieser Ausdruck wurde durch das Programm SJ MEPLA erstellt. Copyright 2000-2020 by SJ Software GmbH Aachen.

(900.00 / 0.00)											
1	1	-0.24	-0.11	-3.58	-0.0354	-0.0025	-0.00	-0.11	-0.00	-0.00	-0.00

Lastfall: 10 (+1.00w(2)+1·E_Foil)

Beiwerte / Sicherheitsfaktoren:

---- Klima ----

Eigengewicht	Wind	Schnee	Linie	Punkt	$\Delta p, \Delta T$	ΔH	Schub
0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00

Lastfallkombination:

	Wind N/mm ²	Schnee N/mm ²	Klima
außen	0.00154	0.00000	keine Klimalast
innen	0.00000		

Resultierende Flächenlast aus Wind und Schnee:

	N/mm ²	
außen	0.00154	N/mm ² = 0.00154 * 1.00 + 0.00000 * 0.00
innen	0.00000	N/mm ² = 0.00000 * 1.00

Zusätzliche begrenzte Flächenlast (linear verteilt, außen) - hier nicht ausgewählt!

Berechnungsergebnis:

Minimale und maximale Verformungen w:

Paket	--- Ort ---		Verformung w
	x	y	
	mm	mm	
1	1000.00	0.00	0.00 (min)
	0.00	1100.00	49.10 (max)

Maximale Hauptzugspannung:

Paket	Schicht	x		y		σ N/mm ²	σ (max) N/mm ²
		mm	mm	mm	mm		
1	3 (oben)	990.61	1090.46	9.39	9.54	37.22	37.22
		990.61	1090.46	9.39	9.54	2.19	

Dieser Ausdruck wurde durch das Programm SJ MEPLA erstellt. Copyright 2000-2020 by SJ Software GmbH Aachen.

1	1	(oben)	9.39	9.54	35.91	35.91
		(unten)	990.61	1090.46	2.18	

Federn:

Paket	Schicht	u	v	w	φ	θ	Fx	Fy	Fz	M _φ	M _θ
(x / y)		mm	mm	mm	rad	rad	N	N	N	Nmm	Nmm
(0.00 / 0.00)											
1	1	0.00	0.00	49.10	0.0000	0.0055	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
(900.00 / 0.00)											
1	1	-1.16	-0.00	7.89	0.0780	0.0012	-0.00	-0.00	0.00	0.00	0.00

Lastfall: 11 (+1.00w(2)+0.70q(1)+1·E_Foil)

Beiwerte / Sicherheitsfaktoren:

Eigengewicht	Wind	Schnee	Linie	Punkt	Δp,ΔT	ΔH	Schub
0.00	1.00	0.00	0.70	0.00	0.00	0.00	1.00

Lastfallkombination:

	Wind N/mm ²	Schnee N/mm ²	Klima
außen	0.00154	0.00000	keine Klimalast
innen	0.00000		

Resultierende Flächenlast aus Wind und Schnee:

	N/mm ²
außen	0.00154 N/mm ² = 0.00154 * 1.00 + 0.00000 * 0.00
innen	0.00000 N/mm ² = 0.00000 * 1.00

Zusätzliche begrenzte Flächenlast (linear verteilt, außen) - hier nicht ausgewählt!

Berechnungsergebnis:

Minimale und maximale Verformungen w:

Paket	--- Ort ---			Verformung
	x	y	w	
	mm	mm	mm	

Dieser Ausdruck wurde durch das Programm SJ MEPLA erstellt. Copyright 2000-2020 by SJ Software GmbH Aachen.

1	1000.00	0.00	0.00 (min)
	0.00	1100.00	76.67 (max)

Maximale Hauptzugspannung:

Paket	Schicht	x	y	σ	σ (max)
		mm	mm	N/mm ²	N/mm ²
1	3 (oben)	9.39	1090.46	58.05	58.05
	(unten)	990.61	1090.46	10.01	
1	1 (oben)	9.39	1090.46	56.20	56.20
	(unten)	990.61	1090.46	9.99	

Federn:

Paket	Schicht	u	v	w	φ	θ	Fx	Fy	Fz	M _φ	M _θ
(x / y)		mm	mm	mm	rad	rad	N	N	N	Nmm	Nmm
(0.00 / 0.00)											
1	1	0.00	-0.33	61.29	0.0000	-0.0073	0.00	-0.33	0.00	0.00	-0.00
(900.00 / 0.00)											
1	1	-1.80	0.33	9.77	0.0968	-0.0008	-0.00	0.33	0.00	0.00	-0.00

Lastfall: 12 (+1.00q(1)+1·E_Foil)

Beiwerte / Sicherheitsfaktoren:

Eigengewicht	Wind	Schnee	Linie	Punkt	Δp,ΔT	ΔH	Schub
0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	1.00

Lastfallkombination:

	Wind N/mm ²	Schnee N/mm ²	Klima
außen	0.00000	0.00000	keine Klimalast
innen	0.00000		

Resultierende Flächenlast aus Wind und Schnee:

	N/mm ²
außen	0.00000 N/mm ² = 0.00000 * 0.00 + 0.00000 * 0.00
innen	0.00000 N/mm ² = 0.00000 * 0.00

Zusätzliche begrenzte Flächenlast (linear verteilt, außen) - hier nicht ausgewählt!

Dieser Ausdruck wurde durch das Programm SJ MEPLA erstellt. Copyright 2000-2020 by SJ Software GmbH Aachen.

Berechnungsergebnis:

Minimale und maximale Verformungen w:

Paket	--- Ort ---		Verformung w
	x	y	
	mm	mm	mm
1	1000.00	0.00	0.00 (min)
	0.00	1100.00	40.37 (max)

Maximale Hauptzugspannung:

Paket	Schicht	x		y	σ	σ (max)
		mm	mm			
		N/mm ²			N/mm ²	
1	3 (oben)	9.39	1090.46	1090.46	31.22	31.22
		990.61	1090.46		12.57	
1	1 (oben)	9.39	1090.46	1090.46	30.44	30.44
		990.61	1090.46		12.55	

Federn:

Paket	Schicht	u	v	w	φ	θ	Fx	Fy	Fz	M_φ	M_θ
(x / y)		mm	mm	mm	rad	rad	N	N	N	Nmm	Nmm
(0.00 / 0.00)											
1	1	0.00	-0.17	18.71	0.0000	-0.0137	0.00	-0.17	0.00	0.00	-0.00
(900.00 / 0.00)											
1	1	-0.13	0.17	2.89	0.0287	-0.0022	-0.00	0.17	0.00	0.00	-0.00

Lastfall: 13 (+0.60w(1)+1.00q(1)+1·E_Foil)

Beiwerte / Sicherheitsfaktoren:

Eigengewicht	Wind	Schnee	Linie	Punkt	---- Klima ----	Δp, ΔT	ΔH	Schub
0.00	0.60	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00		1.00

Lastfallkombination:

	Wind	Schnee	Klima
	N/mm ²	N/mm ²	
außen	-0.00110	0.00000	keine Klimalast

Dieser Ausdruck wurde durch das Programm SJ MEPLA erstellt. Copyright 2000-2020 by SJ Software GmbH Aachen.

innen 0.00000

Resultierende Flächenlast aus Wind und Schnee:

	N/mm ²
außen	-0.00066 N/mm ² = -0.00110 * 0.60 + 0.00000 * 0.00
innen	0.00000 N/mm ² = 0.00000 * 0.60

Zusätzliche begrenzte Flächenlast (linear verteilt, außen) - hier nicht ausgewählt!

Berechnungsergebnis:

Minimale und maximale Verformungen w:

Paket	--- Ort ---		Verformung w
	x	y	
	mm	mm	mm
1	0.00	0.00	-1.72 (min)
	0.00	1100.00	20.73 (max)

Maximale Hauptzugspannung:

Paket	Schicht	x		y	σ	σ (max)
		mm	mm			
		N/mm ²			N/mm ²	
1	3 (oben)	676.06	1090.46	1090.46	17.51	17.51
		990.61	1057.69		12.82	
1	1 (oben)	676.06	1090.46	1090.46	17.34	17.34
		990.61	1057.69		12.80	

Federn:

Paket	Schicht	u	v	w	φ	θ	Fx	Fy	Fz	M_φ	M_θ
(x / y)		mm	mm	mm	rad	rad	N	N	N	Nmm	Nmm
(0.00 / 0.00)											
1	1	0.00	-0.02	-1.72	0.0000	-0.0144	0.00	-0.02	-0.00	0.00	-0.00
(900.00 / 0.00)											
1	1	0.02	0.02	-0.37	-0.0036	-0.0024	0.00	0.02	-0.00	-0.00	-0.00

Lastfall: 14 (+0.60w(2)+1.00q(1)+1·E_Foil)

Beiwerte / Sicherheitsfaktoren:

Dieser Ausdruck wurde durch das Programm SJ MEPLA erstellt. Copyright 2000-2020 by SJ Software GmbH Aachen.

---- Klima ----

Eigengewicht	Wind	Schnee	Linie	Punkt	$\Delta p, \Delta T$	ΔH	Schub
0.00	0.60	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	1.00

Lastfallkombination:

	Wind N/mm ²	Schnee N/mm ²	Klima
außen	0.00154	0.00000	keine Klimalast
innen	0.00000		

Resultierende Flächenlast aus Wind und Schnee:

	N/mm ²	
außen	0.00092	N/mm ² = 0.00154 * 0.60 + 0.00000 * 0.00
innen	0.00000	N/mm ² = 0.00000 * 0.60

Zusätzliche begrenzte Flächenlast (linear verteilt, außen) - hier nicht ausgewählt!

Berechnungsergebnis:

Minimale und maximale Verformungen w:

Paket	--- Ort ---		Verformung w
	x	y	
	mm	mm	
1	1000.00	0.00	0.00 (min)
	0.00	1100.00	69.00 (max)

Maximale Hauptzugspannung:

Paket	Schicht		x	y	σ	σ (max)
			mm	mm	N/mm ²	N/mm ²
1	3	(oben)	9.39	1090.46	52.48	52.48
		(unten)	990.61	1090.46	12.73	
1	1	(oben)	9.39	1090.46	50.92	50.92
		(unten)	990.61	1090.46	12.71	

Federn:

Paket	Schicht	u	v	w	φ	θ	Fx	Fy	Fz	M _{φ}	M _{θ}
(x / y)		mm	mm	mm	rad	rad	N	N	N	Nmm	Nmm
(0.00 / 0.00)											
1	1	0.00	-0.37	47.51	0.0000	-0.0132	0.00	-0.37	0.00	0.00	-0.00

Dieser Ausdruck wurde durch das Programm SJ MEPLA erstellt. Copyright 2000-2020 by SJ Software GmbH Aachen.

(900.00 / 0.00)											
1	1	-1.06	0.37	7.51	0.0744	-0.0019	-0.00	0.37	0.00	0.00	-0.00

Lastfallauswertung:

Maximale Hauptzugspannung:

Paket	Schicht	σ	Lastfall
		N/mm ²	
1	3	(oben)	4
		(unten)	1
1	1	(oben)	4
		(unten)	1

Minimale und maximale Verformungen w:

Paket	Verformung	Lastfall
	mm	
1	114.02 (max)	4
1	-52.54 (min)	1

Dieser Ausdruck wurde durch das Programm SJ MEPLA erstellt. Copyright 2000-2020 by SJ Software GmbH Aachen.