



WÖRLE SPAROWITZ INGENIEURE

Ziviltechniker GmbH
Dipl.-Ing. Dr. techn. Pius Wörle
o.Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr. techn. Lutz Sparowitz

Projekt-Nr.:

SW 1847

A-8020 Graz - Karlauergürtel 1/3/16

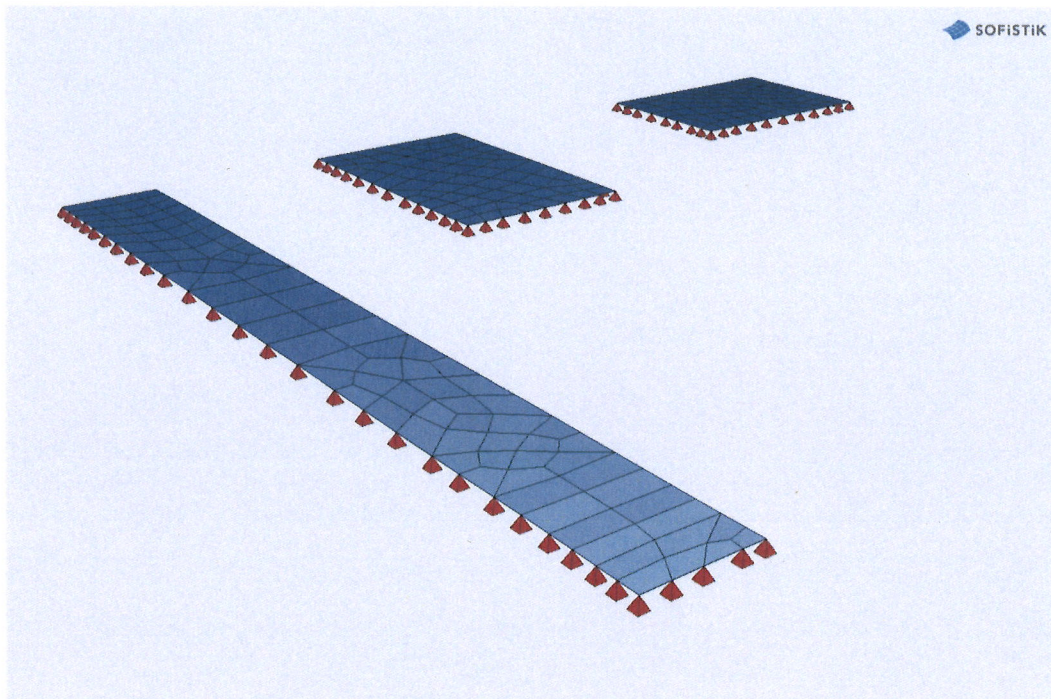
Telefon: 0316 / 32 60 15

Fax -22

Mail: office@sw-ing.at

Internet: www.sw-ing.at

Attikaverblechungen



Analyse Normangaben ÖNorm B3521-1:2012

(Revision 02 – Änderung Streckgrenze Aluminium)

Auftraggeber:

Wirtschaftskammer Steiermark
Körblergasse 111-113, 8010 Graz

Graz, am 30.11.2018





INHALTSVERZEICHNIS

1	Allgemeines.....	1
1.1	Ausgangssituation	1
1.2	Umfang dieses Berichts	1
1.3	Vorhandene Unterlagen	1
1.4	Verwendete Normen	2
2	Systembeschreibung.....	3
2.1	Material	3
2.2	Fallunterscheidung nach Zuschnittsbreite (Attikabreite).....	3
3	Lastannahmen	4
3.1	Ständige Lasten	4
3.2	Veränderliche Lasten	4
3.2.1	Windlasten.....	4
4	Systemberechnung.....	5
4.1	Verwendete Programme	5
4.2	Materialeigenschaften	5
4.3	Lastfälle.....	5
4.4	Modellunterscheidungen	6
4.4.1	Modell 1 (Geometrieabstufungen lt. ÖNorm B3521-1)	6
4.4.2	Modell 2 (Systemlänge generell 3m).....	6
4.4.3	Modell 3 (Variation der Blechstärken bei Kupfer und Aluminium).....	6
5	Ergebnisse	7



1 Allgemeines

1.1 Ausgangssituation

Die Wörle Sparowitz Ingenieure Ziviltechniker GmbH (S+W) wurde von der Wirtschaftskammer Steiermark mit einer statischen Berechnung zu den Normangaben bei Attikaverblechungen lt. ÖNorm B3521-1:2012 beauftragt.

Es sollten die Angaben zu den maximalen Teilstüklängen von Attikaverblechungen bei Zuschnittsbreiten bis 500mm, bis 800mm und bis 1000mm untersucht werden.

Dabei wurden die Tragfähigkeitsnachweise sowie die Verformungen bei einer in Österreich vergleichsweise hohen Windlastbeanspruchung ($q_{b0} = 0,50 \text{ kN/m}^2$, GKII, $h=25\text{m}$) ermittelt.

Nachweise zu den Befestigungen der Bleche am Untergrund udgl. wurden an dieser Stelle nicht geführt.

1.2 Umfang dieses Berichts

- Lastaufstellung nach aktuell gültiger ÖNorm B1991-1-4
- Systembeschreibungen
- Zusammenfassung der Ergebnisse

1.3 Vorhandene Unterlagen

Folgende Unterlagen wurden für die Berechnung verwendet:

- Besprechungsprotokoll (Besprechung mit Hr. Dr. Rockenbauer vom 17.07.2018)
- Materialeigenschaften Edelstahl (Uginox)
- Materialeigenschaften Kupfer
- Materialeigenschaften Aluminium (Prefa)



1.4 Verwendete Normen

Folgende Normen wurden zur Berechnung des gegenständlichen Objektes herangezogen:

Verwendete Normen		Ausgabe
EN 1990	Eurocode: Grundlagen der Tragwerksplanung	15-03-2013
B 1990-1	Eurocode : Grundlagen der Tragwerksplanung	01-01-2013
EN 1991-1-1	Eurocode 1: Einwirkungen auf Tragwerke, Teil 1-1: Allgemeine Einwirkungen – Wichten, Eigengewichte, Nutzlasten im Hochbau	01-09-2011
B 1991-1-1	Eurocode 1: Einwirkungen auf Tragwerke, Teil 1-1: Allgemeine Einwirkungen – Wichten, Eigengewichte, Nutzlasten im Hochbau	01-02-2017
EN 1991-1-4	Eurocode 1: Einwirkungen auf Tragwerke, Teil 1-4: Allgemeine Einwirkungen - Windlasten	15-05-2011
B 1991-1-4	Eurocode 1: Einwirkungen auf Tragwerke, Teil 1-4: Allgemeine Einwirkungen – Windlasten	01-05-2013
EN 1993-1-1	Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten, Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau	15-10-2014
EN 1999-1-1	Eurocode 9: Bemessung und Konstruktion von Aluminiumtragwerken, Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln	01-04-2014
ÖNorm B 3521-1	Planung und Ausführung von Dacheindeckungen und Wandverkleidungen aus Metall Teil 1: Bauspenglerarbeiten — handwerklich gefertigt	01-08-2012

Tabelle 1: Verwendete Normen



2 Systembeschreibung

2.1 Material

Es wurden folgende, üblicherweise eingesetzte, Materialien mit den in Kapitel 4.2 angeführten Eigenschaften untersucht.

- Edelstahl (Uginox)
- Stahl verzinkt
- Kupfer
- Aluminium (lt. Produktdatenblatt Fa. Prefa)

2.2 Fallunterscheidung nach Zuschnittsbreite (Attikabreite)

Es wurden folgende Zuschnittsbreiten untersucht. Die jeweilig zugehörige Systembreite (Zuschnittsbreite abzüglich beidseitiger Kantungen) wurde in den Berechnungen berücksichtigt. Die jeweilige maximale Attikabreite ergibt sich aus der Zuschnittsbreite abzüglich der beidseitigen Überstände (2x40mm) und Kantungen (2x(30mm+10mm)).

- **Fall A:**
Zuschnittsbreite bis 500mm \Rightarrow Systembreite = 420mm \Rightarrow max. Attikabreite = 340mm
- **Fall B:**
Zuschnittsbreite bis 800mm \Rightarrow Systembreite = 720mm \Rightarrow max. Attikabreite = 640mm
- **Fall C:**
Zuschnittsbreite bis 1000mm \Rightarrow Systembreite = 920mm \Rightarrow max. Attikabreite = 840mm

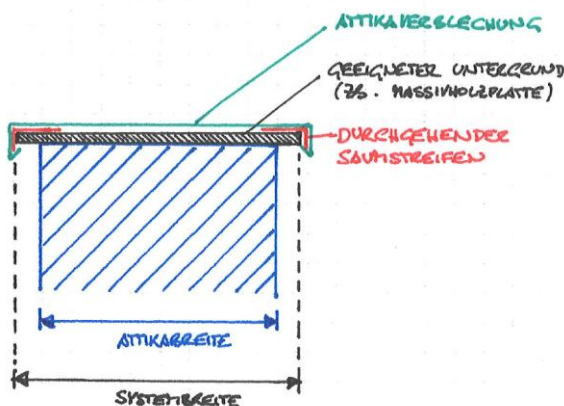


Abbildung 1: Systemskizze

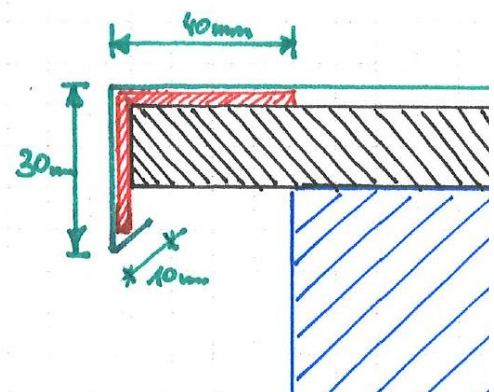


Abbildung 2: Detailskizze



3 Lastannahmen

3.1 Ständige Lasten

Je nach Material und Blechstärke wurde das Eigengewicht in der Berechnung automatisch berücksichtigt.

3.2 Veränderliche Lasten

3.2.1 Windlasten

Standort: variabel in Österreich

maximaler Basiswindgeschwindigkeitsdruck: $q_{b,0,max} = 0,50 \text{ kN/m}^2$

Gelände	$\frac{q_p}{q_b} = \frac{q_p}{q_{b,0}}$	$c_r^2(z) = \frac{q_m}{q_b} = \frac{q_m}{q_{b,0}}$	$I_z(z)$	z_{min}
				m
II	$2,1 \cdot \left(\frac{z}{10}\right)^{0,24}$	$\left(\frac{z}{10}\right)^{0,3}$	$0,18 \cdot \left(\frac{z}{10}\right)^{-0,15}$	5
III	$1,75 \cdot \left(\frac{z}{10}\right)^{0,29}$	$0,593 \cdot \left(\frac{z}{10}\right)^{0,42}$	$0,29 \cdot \left(\frac{z}{10}\right)^{-0,21}$	10
IV	$1,2 \cdot \left(\frac{z}{10}\right)^{0,38}$	$0,263 \cdot \left(\frac{z}{10}\right)^{0,64}$	$0,46 \cdot \left(\frac{z}{10}\right)^{-0,32}$	15

Geländekategorie: II (Gebiete mit niedriger Vegetation)

→ $z_{min} = 5\text{m}$

Gebäudehöhen: $z = \max. 25\text{m} > z_{min} = 5,0\text{m} \rightarrow z = 25,0\text{m}$

Spitzengeschwindigkeitsdruck:

$$\frac{q_p}{q_{b,0}} = 2,1 * \left(\frac{z}{10}\right)^{0,24} \rightarrow q_p = q_{b,0} * 2,1 * \left(\frac{z}{10}\right)^{0,24}$$

$$q_p = 0,50 * 2,1 * \left(\frac{25}{10}\right)^{0,24} = 1,31 \text{ kN/m}^2$$

Winddruck: $c_{pe} = -2,90$ (maximaler Sogwert im Randbereich lt. ÖNorm B 3521-1 Tab.5)

⇒ $w_k = q_p \times c_{pe} = 1,31 \times 2,90 = 3,80 \text{ kN/m}^2$ Windsoglast



4 Systemberechnung

Die Systemberechnung erfolgte nach Theorie 3.Ordnung unter Berücksichtigung der in Kapitel 3.2.1 beschriebenen Windsoglast. Durch Berechnung nach Theorie 3.Ordnung werden die Lasten schrittweise (Iteration) auf das verformte Blech aufgebracht und die geometrische Änderung des Systems berücksichtigt, wodurch sich ein Seileffekt einstellt und sich die Spannung annähernd gleichmäßig über die gesamte Blechdicke verteilt.

Es wurde von einer passgenauen Ausführung (ohne seitlichen Schlupf) der Bleche ausgegangen und die Bleche rundum gelenkig sowie unverschieblich gelagert.

4.1 Verwendete Programme

- Sofistik 2018

4.2 Materialeigenschaften

	Edelstahl (1)	Stahl verzinkt (2)	Kupfer (3)	Aluminium (4)
Blechstärke	0,50mm	0,55mm	0,60mm	0,70mm
Dichte	7,7g/cm ³	7,85g/cm ³	8,55g/cm ³	2,7g/cm ³
E-Modul	220.000 N/mm ²	210.000 N/mm ²	115.000 N/mm ²	70.000 N/mm ²
Streckgrenze	300N/mm ²	235N/mm ²	180N/mm ²	80N/mm ²

Tabelle 2: Materialeigenschaften

4.3 Lastfälle

Es wurden folgende Lastfallkombinationen mit den zugehörigen Lastsicherheitsfaktoren untersucht:

- Grenzzustand der Tragfähigkeit (ULS)
 - $\gamma_G = 1,0$ (Eigengewicht - entlastende Wirkung bei Windsog)
 - $\gamma_Q = 1,5$
- Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit (SLS – charakteristische Kombination)
 - $\gamma_G = 1,0$
 - $\gamma_Q = 1,0$



4.4 Modellunterscheidungen

4.4.1 Modell 1 (Geometrieabstufungen lt. ÖNorm B3521-1)

In einem ersten Schritt wurden die unterschiedlichen Materialien in den jeweiligen Anwendungsfällen (Attikabreiten \Rightarrow Fall A,B,C), welche der ÖNorm B3521-1 zu entnehmen sind, statisch berechnet.

Dabei konnte gezeigt werden, dass sich im Fall A (Zuschnittsbreite max. 500mm \Rightarrow Attikabreite max. 340mm) eine einachsige Lastabtragung quer zur Attikarichtung einstellt.

In den Fällen B und C stellen sich, aufgrund der begrenzten Systemlängen auf 1,0 bzw. 0,6m, zweiachsige Lastabtragungen in den Blechen ein.

Weiters konnte gezeigt werden, dass der Fall B (Zuschnittsbreite max. 800mm \Rightarrow Attikabreite max. 640mm) bei den lt. ÖNorm B 3521-1 angegebenen Abmessungen die größten Spannungen bzw. Verformungen ergibt.

4.4.2 Modell 2 (Systemlänge generell 3m)

In einem zweiten Schritt wurden die unterschiedlichen Materialien mit den jeweiligen Anwendungsfällen (Attikabreiten \Rightarrow Fall A,B,C) bei einer generellen Systemlänge von 3,0m berechnet.

Somit ist das System im Fall A bei beiden Modellen ident. Bei den Fällen B und C konnten sich jedoch die zweiachsigen Lastabtragungen wie im Modell 1, durch die vergrößerten Systemlängen, nicht mehr einstellen. Dadurch ergaben sich auch größere Spannungen bzw. Verformungen als bei den Berechnungen am Modell 1.

4.4.3 Modell 3 (Variation der Blechstärken bei Kupfer und Aluminium)

Aufgrund der größeren Verformungen ($>10\text{mm}$) bei den Materialien Kupfer und Aluminium wurden die jeweiligen Materialdicken für diese beiden Materialien variiert, um im Anwendungsfall C eine Verformung von ca. 10mm zu erhalten.



5 Ergebnisse

Nachfolgend werden die Ergebnisse der Systemberechnung zusammenfassend dargestellt.

			MATERIAL			
			EDELSTAHL	STAHL VERZ.	KUPFER	ALUMINIUM
			t=0,50mm $\gamma=77,0 \text{ kN/m}^3$ E=220.000 N/mm ²	t=0,55mm $\gamma=78,5 \text{ kN/m}^3$ E=210.000 N/mm ²	t=0,60mm $\gamma=85,5 \text{ kN/m}^3$ E=115.000 N/mm ²	t=0,70mm $\gamma=27,0 \text{ kN/m}^3$ E=70.000 N/mm ²
Modell 1 (Geometrie- abstufung lt. aktuell gültiger ÖNorm B3521-1)	Fall A (Systembreite=420mm; Systemlänge=3,0m)	max.Spannung	73,00 N/mm ²	67,60 N/mm ²	52,00 N/mm ²	39,90 N/mm ²
		max Verformung	3,67 mm	3,60 mm	4,28 mm	4,81 mm
	Fall B (Systembreite=720mm; Systemlänge=1,0m)	max.Spannung	90,70 N/mm ²	84,70 N/mm ²	64,80 N/mm ²	49,90 N/mm ²
		max Verformung	7,27 mm	7,15 mm	8,49 mm	9,54 mm
	Fall C (Systembreite=920mm; Systemlänge=0,6m)	max.Spannung	87,20 N/mm ²	80,80 N/mm ²	62,20 N/mm ²	47,80 N/mm ²
		max Verformung	5,62 mm	5,53 mm	6,56 mm	7,37 mm
Modell 2 (Systemlänge überall 3m)	Fall A (Systembreite=420mm)	max.Spannung	73,00 N/mm ²	67,60 N/mm ²	52,00 N/mm ²	39,90 N/mm ²
		max Verformung	3,67 mm	3,60 mm	4,28 mm	4,81 mm
	Fall B (Systembreite=720mm)	max.Spannung	100,80 N/mm ²	93,20 N/mm ²	71,80 N/mm ²	55,20 N/mm ²
		max Verformung	7,56 mm	7,43 mm	8,82 mm	9,91 mm
	Fall C (Systembreite=920mm)	max.Spannung	115,50 N/mm ²	106,90 N/mm ²	82,30 N/mm ²	63,20 N/mm ²
		max Verformung	10,20 mm	10,00 mm	11,90 mm	13,30 mm
Modell 3 (Modell 2 mit geänderter Blechdicke)	Fall C (Systembreite=920mm)	max.Spannung			t=1,00mm 60,10 N/mm ²	t=1,60mm 39,70 N/mm ²
		max Verformung			9,97 mm	10,10 mm

Tabelle 3: Übersicht Berechnungsergebnisse

	EDELSTAHL	STAHL VERZ.	KUPFER	ALUMINIUM
Streckgrenze	300,00 N/mm ²	235,00 N/mm ²	180,00 N/mm ²	80,00 N/mm ²
Auslastung 1A	24%	29%	29%	50%
Auslastung 1B	30%	36%	36%	62%
Auslastung 1C	29%	34%	35%	60%
Auslastung 2A	24%	29%	29%	50%
Auslastung 2B	34%	40%	40%	69%
Auslastung 2C	39%	45%	46%	79%
Auslastung 3C			33%	50%

Tabelle 4: Spannungsauslastungen



Wie in den Ergebnissen (vgl. Tabelle 3 und Tabelle 4) zu sehen, sind die Spannungsauslastungen der Bleche auch bei Vergrößerung der Systemlänge auf generell 3m sehr gering (zwischen 24% und 79%). Somit kann der Spannungsnachweis in allen betrachteten Systemen als erfüllt angesehen werden.

Die Verformungsnachweise nach ÖNorm B1991-1-1 wurden nicht geführt, da die darin enthaltenen Grenzwerte ($u_{\max} = \text{Spannweite} / 300$) für diesen Anwendungsfall nicht zweckmäßig erscheinen. Auch bei Einhaltung der aktuell gültigen Vorgaben lt. ÖNorm B3521-1 überschreiten die rechnerischen Verformungen in dem betrachteten Fall die Grenzwerte lt. ÖNorm B1991-1-1.

Um jedoch ein mögliches Flattern der Bleche bei böiger Windsogbelastung zu verhindern erscheint es zweckmäßig die Verformungen dennoch mit ca. 10mm zu beschränken.

Speziell bei großen Attikabreiten (wie im Fall C) und bei Verwendung von den Materialien Aluminium und Kupfer, kann es je nach Windbelastung zu Verformungen >10mm kommen (vgl. Tabelle 3). Für diese Fälle erscheint eine konstruktive Maßnahme wie z.B.: die Erhöhung der Blechstärke bzw. die Einlage von Strukturmatte zur Schalldämpfung von allfälligen Flattergeräuschen als notwendig.

Unter Berücksichtigung der angenommenen Windbelastung und einer Attikabreite von 84cm (Fall C - Systembreite=920mm) ist zur Begrenzung der Verformungen auf ca.10mm eine Blechdicke von $t=1,0\text{mm}$ bei der Verwendung Kupfer bzw. $t=1,60\text{mm}$ bei der Verwendung von Aluminiumblechen erforderlich.

Somit bestehen aufgrund der zuvor beschriebenen Berechnungen keine Einwände, Attikaabdeckungen bis zu einer Zuschnittsbreite von 1,0m mit einer Elementlänge von bis zu 3,0m herzustellen.

Bei Attikabreiten größer als 64cm und bei der Verwendung der Materialien Aluminium und Kupfer, kann es bei böiger Windsogbelastung zu Flattergeräuschen kommen. Für diese Fälle ist bei hohen Windbelastungen als konstruktive Maßnahme die Einlage einer Strukturmatte zur Schalldämpfung erforderlich.

Graz, am 30.11.2018

