

Thermische Längenänderungen von Aluminium-Trapezprofil- und Wellprofiltafeln mit einer Blechdicke von 0,5 mm bis 1,5 mm

1. Längenänderungen ΔL und Kräfte F

Temperaturdifferenz von -20 °C bis $+80\text{ °C}$, Aufstelltemperatur 10 °C :

Sommer $\Delta T = +70\text{ K}$, Winter $\Delta T = -30\text{ K}$

Längenänderung:

$$\Delta L = \alpha_{th} \cdot \Delta T \cdot L \quad \text{mit} \quad \alpha_{th} = 24 \cdot 10^{-6} / \text{K}$$

$$L = 6\text{ m}$$

$$\text{Sommer } \Delta L = +10,2\text{ mm} \quad (1,7\text{ mm/m})$$

$$\text{Winter } \Delta L = -4,3\text{ mm} \quad (0,72\text{ mm/m})$$

Kräfte:

$$F = \alpha_{th} \cdot \Delta T \cdot E \cdot A \quad \text{mit} \quad E = 70\,000\text{ N/mm}^2$$

$$A = 1500\text{ mm}^2/\text{m} \text{ (z.B. Trapezprofil 50/167-1,0)}$$

$$\text{Sommer } F = 176\text{ kN} (= 17,6\text{ t})$$

$$\text{Winter } F = 76\text{ kN} (= 7,6\text{ t})$$

2. Diese Kräfte sind so groß, dass sie Langlöcher in die Aluminiumbleche schieben. Die Kräfte können nicht durch die im Leichtbau üblichen Verbindungselemente aufgenommen werden!
3. Bei einer direkten Verschraubung von Aluminium mit gleichdickem Stahl wird das Langloch immer im Aluminium entstehen. Voraussetzung dafür ist, dass die Festigkeitswerte der beiden Werkstoffe im üblichen Bereich liegen.
4. Die Verbindung ist immer so ausgelegt, dass sie 3 mm Verformung mitmachen muss, ohne ihre Tragfähigkeit zu verlieren (Tragfähigkeit hier: Langloch im Bauteil II aus Stahl)
5. Scherversuche mit einer Kombination aus 1 mm Stahl und 0,8 mm Aluminium ergeben:
Bei 3 mm Verschiebeweg zieht sich im Aluminium ein Langloch von 1 mm (Kraft $\approx 1,5\text{ kN}$), die endgültige Versagenslast beträgt $\approx 2\text{ kN}$ (Langloch im Stahl nach Schrägstellen der Schraube).

Das Langloch im Aluminium ist noch kein Versagen, solange es keinen Einfluss auf die Auszugkraft der Schraube aus der UK hat. Solange sich bei einer Bauteilkombination das Langloch zuerst in

Bauteil I (hier: Aluminium) zieht, solange ist mit einem Versagen von Bauteil II (hier: Stahl) nicht zu rechnen.

Bei den Versuchen mit 1 mm Stahl zieht sich immer zuerst das Langloch in Aluminium, also ist ein Versagen der Verbindung nicht zu befürchten, besonders nicht, wenn der Stahl dicker ist.

6. Verbleib der Längenänderungen

- Die Längenänderungen von Aluminium relativieren sich gegenüber der Unterkonstruktion, wenn deren thermische Längenänderungen nur teilweise so groß sind wie die von Aluminium.
- Die Längenänderungen sind gleichmäßig über die Länge der Profiltafel verteilt. Die sich einstellenden Verschiebungen werden durch die Lagerungsbedingungen bestimmt, z.B. Gleitpunkt- Festpunktkonstruktion, Nachgiebigkeit der Unterkonstruktion, Symmetriebedingungen.
- An jeder Befestigungsstelle werden diejenigen gegenläufigen Verschiebungen von beiden Seiten durch Druck- oder Zugspannungen kompensiert, die von den dortigen Verbindungen aufgenommen werden können.

7. Beurteilung von Konstruktionen:

Dächer

- Al-Dachdeckung auf Z-Profil, diagonal, dazwischen 3 mm thermische Trennung
- Zwei Befestigungsarten sind üblich:
 - o Verbindung im Untergurt
 - o Obergurtverbindung mit oder ohne Kalotte

Längenänderungen werden aufgenommen von:

- o der Beweglichkeit der Verbindung (Biegevermögen der Schrauben im Schaft, Rotationsvermögen im Muttergewinde)
- o der Biegeweichheit des Z-Profils
- o den Langlöchern im Aluminium

Wird statt eines Z-Profils ein Hut-Profil verwendet, entfällt die Kompensation der Längenänderungen durch die Biegeweichheit, aber die Beweglichkeit der Verbindung und die Langlöcher im Aluminium können ausreichen. Hier ist Obergurtverbindung vorteilhafter.

- Auf Holz:

Die thermischen Ausdehnungskoeffizienten von Nadelholz betragen je nach Richtung der Fasern: $5 \cdot 10^{-6}$ (parallel) und $50 \cdot 10^{-6}$ (senkrecht), also entweder circa ein Fünftel oder das Doppelte von Aluminium. Die Längenänderungen werden aufgenommen durch die Beweglichkeit der Unterkonstruktion (Verdrehung der Pfetten), die Verbindung (Schrauben

sind zumindest teilweise eingespannt, also unbeweglicher in der Unterkonstruktion verankert als in dünnem Stahl) und durch Langlochbildung. Eine Obergurtverbindung ist bei großen/starken Holzquerschnitten vorteilhaft.

- Querstöße auf Dächern sind in der Regel als Schiebstöße auszubilden. Dabei ist die Mindestauflagerbreite zuzüglich der erwarteten Verkürzung des unteren Profils zu berücksichtigen. Wenn die Obergurtbreite nicht ausreicht, sind zwei Auflagerhölzer parallel zu verlegen, so dass die Auflager komplett getrennt sind. Die Befestigung erfolgt entweder nur in der firstseitigen Profiltafel, oder für jede Profiltafel separat. Zwischen den Profilen sind Dichtbänder anzuordnen, die unterhalb der Befestigung (traufseitig) eingebaut werden.
- Bei Querstößen im Bereich von Dachdurchbrüchen, bei denen die anzuschließenden Tafellängen unter 6 m bleiben, kann auf den Schiebestoß verzichtet werden. Bei längeren Profiltafeln ist je nach Ausdehnungssituation zu entscheiden.

Wände

Horizontale Verlegung

- Verschraubung meist im anliegenden Gurt
- Bei horizontal verlegten Profiltafeln sollte die Länge nicht mehr als 6 m betragen. Dazwischen Lisenen anordnen. An den Lisenen dürfen sich die Längenänderungen nicht kumulieren, deshalb sind flexible Verbindungen an den Lisenen erforderlich.
- Die Beschränkung der Profiltafellängen auf 6 m hat sich als baupraktisch richtig erwiesen, weil durch die heute üblichen Konstruktionen die thermischen Längenänderungen aufgenommen werden können.
- Es ist darauf zu achten, dass die Verbindungen der Profiltafeln nicht als „Stoßlaschen“ wirken, mit denen die Längenänderungen aufaddiert werden.
- Steife Lisenenprofile sind so steif zu lagern, dass ein Teil der Längenänderungen als Kräfte abgeleitet werden oder sich als Langlöcher in Bauteil I kompensieren.
- Profiltafeln sollen an den Querstößen nicht durch Überlappung gestoßen werden. Bei Überlappungen kann es zu sichtbaren Schiebespuren kommen, die oft beanstandet werden, aber bei Überlappungen unvermeidlich sind. Bei Dachdeckungen ist das in der Regel unkritisch.
- Bei Stumpfstößen von Konstruktionsteilen muss eine Verschiebungsmöglichkeit vorgesehen werden.

Vertikale Verlegung:

- Im Gegensatz zur waagerechten Verlegung ist hier eine Überlappung der Profile üblich. Hier sieht man im Gebrauchszustand auch keine klaffenden Stoßfugen.
 - Bei horizontalen Lisenen ist darauf zu achten, dass die Entwässerung nach außen durchdacht funktioniert, und dass sich auch Lisenen ausdehnen können müssen.
8. Fazit: Der Werkstoff wird sich ausdehnen oder zusammenziehen. Die dabei entstehenden Kräfte können von Unterkonstruktionen und Verbindungen des Leichtbaus nicht aufgenommen werden. Die thermischen Längenänderungen werden entweder
- o durch sehr große oder viele kleinere (Auflager-) Kräfte behindert (Beispiele: Einspannung zwischen massiven Endauflagern = horizontale Welle zwischen zwei Giebelwänden oder viele Auflager mit relativ kleinen Kräften = Prinzip der Eisenbahngleise)
 - o oder durch die thermischen Längenänderungen der Umgebung relativiert (Beispiel: weiche Unterkonstruktion oder nachgiebige Verbindungen)
 - o oder bei Ausdehnung durch Ausweichen aus der Ebene verringert (Beispiel: Biegung von Trapezprofilen aus der Tafelebene heraus)

Die drei Kompensationsmöglichkeiten treten zumeist gemeinsam auf: Ein Teil der Kräfte entsteht erst gar nicht, weil die Unterkonstruktion mitgeht, die Verbindung nachgibt oder sich Langlöcher bilden oder Biegeverformungen auftreten, ein anderer Teil wird durch Auflagerkräfte aufgenommen.

Ansprechpartner

Gesamtverband der Aluminiumindustrie e.V.

Arbeitskreis Dach und Wand

Werner Mader

Tel.: 0211 – 47 96 – 268

Fax: 0211 – 47 96 – 410

E-Mail: werner.mader@aluinfo.de

Internet: www.aluinfo.de

Wir behalten uns sämtliche Rechte für dieses Dokument vor. Jegliche Aussagen, Angaben und Empfehlungen beruhen auf dem Kenntnisstand bei Drucklegung ohne Gewähr und Haftungsübernahme.

Stand: September 2007