

# Fehler, Mangel Schaden

veröffentlicht vom Medienbeirat  
der Landesvereinigung der Prüfengeure  
für Baustatik Baden-Württemberg

## Beispiel 6/2004 - Bereich Stahlbau

### Schubfelder aus Stahl-Trapezprofilen

Häufig findet man auf Plänen eine Diagonale über einen Bereich eines Trapezprofil-Daches mit der Beschriftung „Als Schubfeld ausführen“. Mit dieser Angabe kann nicht erwartet werden, daß die ausführende Firma weiß, was zu tun ist. Es ist unabdingbar, das Schubfeld statisch zu berechnen und die Ergebnisse auf dem Plan konkret darzustellen. In vielen Fällen ist dies auch nicht besonders aufwendig. Im Folgenden wird deshalb die Bemessung eines einfachen Schubfeldes mit einer Öffnung dargestellt. Erläuternde Skizzen sind auf Seite 5 zu finden.

#### Literatur

- [1] IFBSINFO, Heft 3.07 Stahltrapezprofile für Dach, Wand und Decke nach DIN 18807  
- Grundlagen und Beispiele zur Bemessung –  
Dieses Heft enthält die DIN 18807, Teile 1, 2 und 3, Angaben zur Biege- und Normalkraft-Bemessung und Angaben zur Schubfeldbemessung.  
Auch ein statisch unbestimmtes Schubfeld wird durchgerechnet.  
Im Internet unter [www.IFBS.de](http://www.IFBS.de) zu finden.
- [2] IFBSINFO, Heft 3.09 Öffnungen in Dächern aus Stahltrapezprofilen  
- Auswechslungen, Ausbildung, Statik, Montage –  
Das Heft behandelt Öffnungen vor allem in konstruktiver Hinsicht.
- [3] Stahlbau Kalender 1999, Dr.-Ing. Knut Schwarze, Dipl.-Ing. Friedrich A. Lohmann:  
Konstruktion und Bemessung von Dach- und Wandflächen aus Stahl  
Hier wird die gesamte Thematik ausführlich dargestellt.
- [4] DIN 18807., Teil 3 Trapezprofile im Hochbau – Stahltrapezprofile -  
Festigkeitsnachweis und konstruktive Ausbildung  
Unter [www.vpi-bw.com/ingenieure/lfb.html](http://www.vpi-bw.com/ingenieure/lfb.html) finden Sie die Anlagen 2.4/1, 2.4/8 und 2.4/10 zur Liste der Technischen Baubestimmungen (LTB) welche zusätzlich zur Norm zu beachten sind.

#### Allgemeines

In Dächern und Decken können an Stelle von Verbänden Schubfelder aus Trapezprofilen zur Aussteifung angeordnet werden. In Wänden und gekrümmten Dachflächen ist dies nicht erlaubt. Schubfelder bestehen aus Trapezprofiltafeln und Randträgern, die rechtwinklige Viereckrahmen bilden. Alle Bauteile sind schubfest miteinander zu verbinden. Die Randträger dürfen im Bereich des Schubfeldes keine Gelenke haben und müssen mit ihren Oberkanten bündig mit der Profilverlegeebene abschließen.

Schubfelder können Lasten in ihre Ebene abtragen (Scheibe), wobei diese Lastabtragung unabhängig von der Abtragung der Vertikallasten (Platte) ist. In der Regel handelt es sich um Windlasten und Stabilisierungslasten. Einzellasten können in Spannrichtung der Trapezprofile durch die Rippen, oder wenn diese nicht ausreichen, durch Lasteinleitungsträger eingeleitet werden. Quer zu den Rippen sind immer Lasteinleitungsträger erforderlich. Die Lasteinleitungsträger müssen die gegenüber liegenden Schubfeldränder verbinden.

Die Spannrichtung der Trapezprofile kann frei gewählt werden. Die Verformung des Schubfeldes hängt jedoch über den ideellen Schubmodul von der Länge  $L_s$  des Schubfeldes, gemessen in Spannrichtung der Trapezprofile, ab. Größere Schubfeldlängen ergeben einen größeren Schubmodul.

Schubfelder können äußerlich und innerlich statisch bestimmt oder statisch unbestimmt ausgeführt

werden. Ganz allgemein läßt sich nachweisen, daß sich Schubfelder, die über mehrere Felder durchlaufen, wie eine Kette von Einfeldträgern verhalten.

### Nachweise

Die Schubfeldnachweise werden mit einfachen Lasten ( $\gamma_F = 1, \gamma_M = 1$ ) geführt. Die Widerstandsgrößen werden durch Erfahrungswerte für Verformungs- und Spannungsschranken begrenzt, so daß innerhalb dieser Schranken kein globales Versagen auftreten kann. Somit ist ein Tragsicherheitsnachweis nicht erforderlich. Dies gilt jedoch nicht für die Verbindungen.

Die Bemessung erfolgt unter den Annahmen, reibungsfreier Gelenke in den Knotenpunkten und einer linearen Verteilung der Lasten aus dem Schubfeld.

### Trapezprofiltafeln

Die Trapezprofiltafeln erfüllen die Aufgaben der Pfosten und Diagonalen eines Verbandes, d.h. sie übertragen die Querkraft. Aus der Belastung ergibt sich eine Differenz im den Schubflüssen der gegenüberliegenden Kanten.

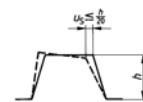
am Auflager ist der maximale Schubfluß  $\max T = (q \cdot l / 2) / L_S$  [kN/m]

Für den Schubfluß ist nachzuweisen:

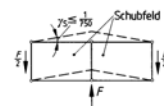
- vorh  $T \leq \text{zul } T_1$  > begrenzt die Blechbiegung in den Ecken der Profilrippen auf die Streckgrenze
- vorh  $T \leq \text{zul } T_2$  > begrenzt die Relativverschiebung zwischen Ober- und Untergurt des Trapezprofils (Begrenzung ist nur bei Dächern mit bituminös verklebtem Dachaufbau erforderlich.)
- vorh  $T \leq \text{zul } T_3$  > begrenzt die Gesamtverformung des Schubfeldes  
Der ideale Schubmodul  $G_S = 10^4 / (K_1 + K_2/L_S)$  kann mit den Werten  $K_1, K_2$  und  $L_S$ , aus den Typenblättern errechnet werden, damit ergibt sich  $\text{zul } T_3 = G_S / 750$  [kN/m].  
Für Schubfeldlängen  $L_S > L_G$  ( $L_G$  aus Typenblättern) wird  $\text{zul } T_3$  nicht maßgebend, außer es ist  $\text{zul } T_2 < \text{zul } T_1$ .



Kante Steg-Flansch (idealisiert)  
a) Spannungen aus Querbiegemomenten



b) Relativverschiebungen



c) Gesamtverformung

Kriterien für die Begrenzung der Belastbarkeit von Schubfeldern

(Bild 14 aus DIN 18807 Teil 1)

Für  $L_S < \min L_S$  (aus Typenblättern) müssen die zulässigen Werte umgerechnet werden ( $\rightarrow$  [3], Seite 402 und 413).

### Lasteinleitungsträger

Die ohne Lasteinleitungsträger aufnehmbaren Einzellasten in Scheibenebene können Tabelle 4 der DIN 18807-3 bzw. der Zulassung entnommen werden.

### Randträger quer zur Spannrichtung des Schubfeldes

Die seitlichen Randträger sammeln den Schubfluß aus der anschließenden Trapezprofiltafel auf und leiten ihn als Auflagerkraft in die weiterleitenden Bauteile ein.

Im ungünstigen Fall wirkt diese Auflagerkraft als Druckkraft und muß zusammen mit anderen Beanspruchungen (z.B. aus Vertikallasten) durch den Randträger aufgenommen werden können.

Auflagerkraft  $A = q \cdot l / 2 = \max T \cdot L_S$  [kN]

### Randträger in Spannrichtung des Schubfeldes

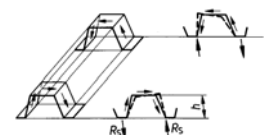
Die Randträger in Spannrichtung des Schubfeldes wirken wie die Gurte eines Verbandes und erhalten aus der Biegebeanspruchung (in Scheibenebene) Normalkräfte.

Wie bei den anderen Randträgern, ist auch hier eine Überlagerung mit anderen Beanspruchungen erforderlich.

Schubfeld als Biegeträger  $M = q \cdot l^2 / 8$  [kNm]  $\Rightarrow$   $N = M / L_S$  [kN]

Durch den Schubfluß ergeben sich an den Querrändern der Profiltafeln, also an den Auflagerlinien,

Kontaktkräfte  $R_S = K_3 \cdot \gamma \cdot \text{vorh } T$ ,



die die Stege der Profiltafeln und die Verbindungsmittel zusätzlich beanspruchen. (Bild 15 aus DIN 18807 Teil 1)  
Sie sind deshalb den Auflagerkräften zu überlagern.

### Verbindungsmittel

Es dürfen nur Verbindungsmittel mit einer allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung verwendet werden.

Bei Unterkonstruktionen aus Holz ist zusätzlich die DIN 1052 zu beachten.

Für Beanspruchungen aus Schubfeldwirkung sind nach der Anpassungsrichtlinie zur DIN 18800 die Teilsicherheitsbeiwerte für die Tragsicherheit wie folgt festgelegt:

|  |   |
|--|---|
| für ständige Einwirkungen, die ungünstig wirken                    | $\gamma_F = 1,35$   |
| die günstig wirken   | $\gamma_F = 1,0$  |
| für veränderliche Einwirkungen                                     | $\gamma_F = 1,5$  |
| und für die Umrechnung der zulässigen Kräfte der Verbindungsmittel | $F_{S,d} \leq F_k / \gamma_M$ mit $F_k = 2 \cdot \text{zul } F$ und $\gamma_M = 1,33$ |

Längsverbindungen zwischen den Profiltafeln und mit den Randträgern

Scherkraft  $F_Q = T \cdot e_L$ , wobei  $50 \text{ mm} \leq e_L \leq 666 \text{ mm}$  und  $T = \text{const.}$

Verbindungen zwischen den Trapezprofilquerränder und den Randträgern

sind in jeder Tiefsicke erforderlich

(Sonderbefestigungen siehe DIN 18807, Teil 3, Bild 7)

Scherkraft  $F_Q = T \cdot b_R$ , wobei  $b_R = \text{Rippenbreite}$  und  $T = \text{const.}$

Folgende zusätzliche Beanspruchungen der Verbindungsmittel sind mit zu erfassen:

- Scherkraft aus Lasteinleitung rechtwinklig zur Achse der Längsträger
- Zugkraft aus Vertikallasten
- Zugkraft  $R_S$  aus Randbedingungen der Schubfeldwirkung

### Lastweiterleitung

Die Weiterleitung der Lasten z.B. von einer Giebelwand bis zum Schubfeld erfolgt in der Regel durch die Dazwischen verlegten Trapezprofile. Diese erfahren dadurch eine Normalkraft-Beanspruchung, die nachgewiesen werden muß.

## Öffnungen

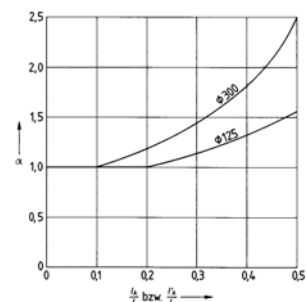
Soweit es möglich ist, sollte man Schubfelder so anordnen, daß sie keine Öffnungen haben, da diese Störungen in der Aufnahme und Weiterleitung der äußeren Lasten darstellen.

Falls sich Öffnungen in Schubfeldern aber nicht vermeiden lassen, müssen Längs- und Querwechsel angeordnet werden, die den entfallenden Bereich ersetzen können. Diese Wechsel müssen statisch nachgewiesen werden.

### Öffnungen bis zu einer Größe von 300 mm x 300 mm

Solche Öffnungen können ohne Auswechslungen ausgeführt werden, wenn die folgenden Bedingungen nach DIN 18800, Teil 3, 4.8.3.1 eingehalten werden:

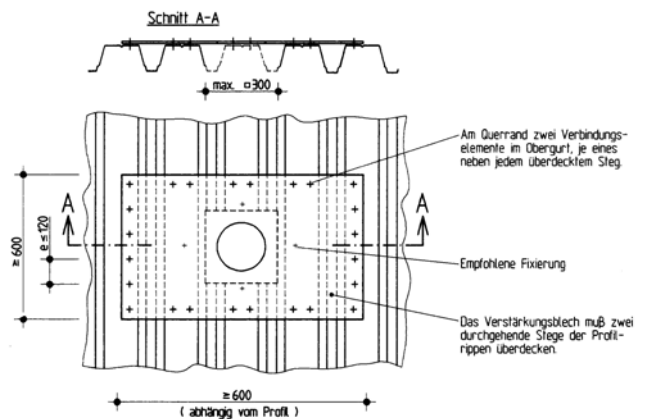
- Abdeckblech mit  $t \geq t_{Tr.bl.} \geq 1,13 \text{ mm}$
- nur Flächenlasten
- $\alpha$ -fache Dachlast nach DIN 18800, Teil 3, Bild 15 →
- nur eine Öffnung je 1 m rechtwinklig zur Spannrichtung der Trapezprofile
- Mindestabmessungen des Abdeckblechs
- Mindestanzahl der Verbindungsmittel



$l_k, l_s$  Mittenabstand der Öffnung vom Endauflager bzw. vom Momentennullpunkt  
 $l_k$  ideale Stützweite, gleich Abstand der Momentennullpunkte  
 $\alpha$  Faktor  $q_D/q$   
 $q$  Dachlast (einschließlich Profileigenlast)  
 $q_D$   $\alpha$ -fache Dachlast

(aus Bild 15 aus DIN 18807 Teil 3)

Die detaillierten Bedingungen können dem Normtext entnommen werden bzw. den Heften IFSBINFO 3.07 und 3.09

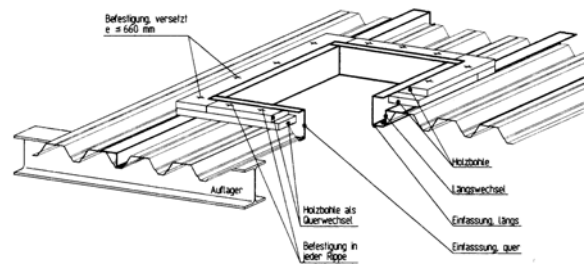


(Abb. 2 aus IFSBINFO 3.09)

### Öffnungen mit einer Größe von mehr als 300 mm x 300 mm

Solche Öffnungen müssen stets statisch nachgewiesen werden. Es sind Auswechslungen anzuordnen, die i.d.R. aus Kaltprofilen oder Hohlprofilen bestehen. Die Blechdicke der Kaltprofile muß mindestens 1,5 mm betragen.

Falls unsymmetrische Auswechselformen verwendet werden, ist ein Nachweis für zweiachsige, schiefe Biegung erforderlich, außer es wird durch konstruktive Maßnahmen eine einachsige Biegung erzwungen.



(Abb. 1 aus IFSBINFO 3.09)

Resultierende Kräfte aus den Schubflüssen an den Rändern der Öffnung

$$L_L = T \cdot I_L \quad \text{und} \quad L_B = T \cdot I_B$$

Auflagerkräfte aus  $\Sigma M = 0$

$$A = L_B \cdot I_L / L_S$$

Biegemomente in den Wechselträgern

$$M = A \cdot e$$

