

H.J. Blaß · Pforzheimer Straße 15b · 76227 Karlsruhe

Adolf Würth GmbH & Co. KG
Reinhold-Würth-Straße 12-17
74653 Künzelsau

05.02.2015

1104_Gutachten_Erweiterung_ETA_Wuerth_ZD_Platten

Gutachtliche Stellungnahme Würth ZD Platten als Stahlblech-Holz-Verbindung

1 Allgemeines

Würth ZD-Platten bestehen aus zwei jeweils 86 mm langen Stahlteilen, die im Werk vormontiert werden und auf der Baustelle eine schnelle Montage zwischen Holzbauteilen und Stahlblechen durch das Eindrehen metrischer Schrauben ermöglichen. Der untere Teil der ZD-Platte wird am Holzbauteil mit vier Vollgewindeschrauben \varnothing 10 mm befestigt, die unter einem Winkel von $\pm 30^\circ$ zur Scherfuge zwischen ZD-Platte und Holzbauteil angeordnet sind. Der obere Teil wird anschließend als „Deckel“ provisorisch befestigt und auf der Baustelle mit jeweils einer metrischen Schraube \varnothing 16 mm mit einem Stahlblech verbunden. Zwei der Schrauben \varnothing 10 mm werden bei einer Beanspruchung der ZD-Platte auf Abscheren durch Zugkräfte, die beiden anderen Schrauben durch Druckkräfte beansprucht. Der obere Teil der ZD-Platte gewährleistet das Übertragen der Schraubendruckkräfte in die ZD-Platte. Form und Maße der ZD-Platten sind in Abb. 1 angegeben.

Die Europäische Technische Zulassung ETA-12/0500 enthält Angaben zur Tragfähigkeit und Steifigkeit von Verbindungen mit ZD-Platten. Die Firma Adolf Würth GmbH & Co. KG möchte die ETA-12/0500 in folgenden Punkten ergänzen lassen:

- Angabe spezifischer Tragfähigkeiten von unter $\pm 30^\circ$ zur Faser angeordneten Assy plus VG (ETA/11-0190) Schrauben auf Herausziehen oder Hineindrücken,
- Angabe einer wirksamen Anzahl hintereinander angeordneter ZD-Platten,
- Alternative Verwendung von Schrauben nach EN 14399-4 für die Verschraubung der Stahlteile,
- Korrektur der Verschiebungsmoduln K_{ser} .

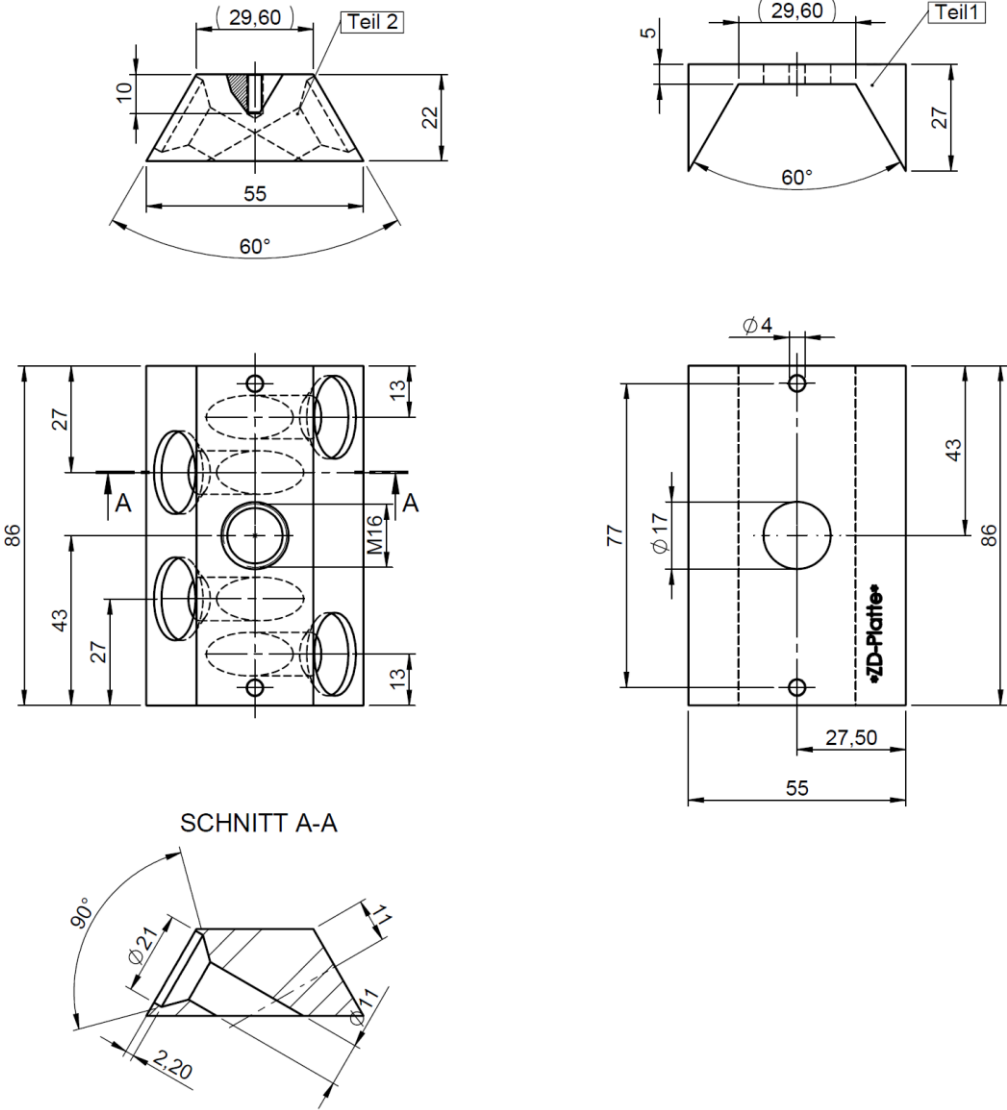


Abb. 1: Geometrie der ZD-Platte

2 Spezifische Tragfähigkeiten von Assy Schrauben

Die Tragfähigkeit einer Verbindung mit ZD-Platten ist insbesondere von der Tragfähigkeit der verwendeten Vollgewindeschrauben auf Herausziehen oder Hineindrücken, $F_{\alpha, \alpha, RK}$, abhängig. In der ETA-12/0500 ist die Tragfähigkeit $F_{\alpha, \alpha, RK}$ wie folgt angegeben:

$F_{\alpha, \alpha, RK}$ Tragfähigkeit auf Herausziehen oder Zugtragfähigkeit einer Schraube,

$$F_{\alpha, \alpha, RK} = \min \left\{ \begin{array}{l} \frac{f_{\alpha, k} \cdot d \cdot l_{ef}}{1,2 \cdot \cos^2 \alpha + \sin^2 \alpha} \left(\frac{\rho_k}{\rho_a} \right)^{0,8} \\ f_{tens, k} \end{array} \right.$$

$$f_{\alpha, k} = 0,52 \cdot \sqrt{d} \cdot l_{ef}^{0,9} \cdot \rho_a^{0,8} \text{ für Schrauben nach EN 14592}$$

$f_{\alpha, k}$ Ausziehparameter der jeweiligen ETA für Schrauben nach einer ETA auf der Basis der CUAP 06-03/08

ρ_a Bezugsrohddichte für den Ausziehparameter $f_{\alpha, k}$ nach EN 14592 oder ETA und

d Gewindeaußendurchmesser, $d = 10 \text{ mm}$

l_{ef} Einschraubtiefe des Gewindes, $l_{ef} = l - 24 \text{ mm}$

ρ_k Charakteristische Rohddichte des Holzbauteils in kg/m^3

α Winkel zwischen Schraubenachse und Holzfaserrichtung

$f_{tens, k}$ Zugtragfähigkeit der Schraube

Die ETA/11-0190 gibt eine Zugtragfähigkeit $f_{tens, k} = 32 \text{ kN}$, einen charakteristischen Ausziehparameter $f_{\alpha, k} = 10 \text{ N/mm}^2$ und eine Bezugsrohddichte $\rho_a = 350 \text{ kg/m}^3$ für eine Vollgewindeschraube Assy plus VG des Schraubendurchmessers $d = 10 \text{ mm}$ an.

Damit wird die spezifische Zugtragfähigkeit einer Assy plus VG Schraube in ZD Verbindern:

$$F_{\alpha, \alpha, RK} = \min \left\{ \begin{array}{l} \frac{100 \text{ N/mm} \cdot l_{ef}}{1,2 \cdot \cos^2 \alpha + \sin^2 \alpha} \left(\frac{\rho_k}{350} \right)^{0,8} \\ 32 \text{ kN} \end{array} \right.$$

Für einen Winkel $\alpha = 30^\circ$ gilt dann:

$$F_{\alpha, \alpha, RK} = \min \left\{ \begin{array}{l} 87 \text{ N/mm} \cdot l_{ef} \left(\frac{\rho_k}{350} \right)^{0,8} \\ 32 \text{ kN} \end{array} \right.$$

3 Wirksame Anzahl hintereinander angeordneter ZD-Platten

Werden mehrere Verbindungsmittel wie z.B. ZD-Platten in einer Verbindung hintereinander angeordnet, ist die Lastverteilung zwischen den einzelnen Verbindungsmitteln im Allgemeinen ungleichmäßig. Die Tragfähigkeit einer Verbindung entspricht der Summe der von den einzelnen Verbindungsmitteln im Bruchzustand übertragenen Kräfte. Wenn die Beanspruchungen der einzelnen Verbindungsmittel beim Bruch der Verbindung Unterschiede aufweisen und einige der Verbindungsmittel unterhalb ihrer Tragfähigkeit belastet sind, ist die Tragfähigkeit der Verbindung geringer als die Summe der Tragfähigkeiten der einzelnen Verbindungsmittel. Diese Tatsache ist der Grund für die Abminderung der Tragfähigkeit pro Verbindungsmittel in Verbindungen mit mehreren Verbindungsmitteln.

Lantos (Load distribution in a row of fasteners subjected to lateral load. Wood Science 1969, 1(3):129-136) entwickelte ein Modell zur Berechnung der Lastverteilung in Holzverbindungen auf der Grundlage einer linear-elastischen Last-Verformungsbeziehung der einzelnen Verbindungsmittel ohne Schlupf und unter der Annahme gleichmäßiger Normalspannungen in den zu verbindenden Bauteilen. Die Gültigkeit seines Modells ist für auf Abscheren beanspruchte Verbindungsmittel begrenzt auf den unteren Lastbereich, in dem das Verhalten der Verbindung als elastisch angesehen werden kann und auf Verbindungen, die parallel zur Faser beansprucht sind. Das Modell von Lantos eignet sich sehr gut für Verbindungen mit axial beanspruchten selbstbohrenden Schrauben, da in diesen Verbindungen ein Last-Verschiebungsverhalten beobachtet wird, das dem linear-elastischen Verhalten ähnlicher ist als das Verhalten von Verbindungen mit auf Abscheren beanspruchten Verbindungsmitteln. Im Folgenden wird daher das Modell von Lantos zur Berechnung der wirksamen Anzahl hintereinander angeordneter ZD-Platten vorgeschlagen.

Die Beanspruchung der ersten bzw. letzten ZD-Platte in einer Reihe hintereinander angeordneter ZD-Platten beträgt nach Lantos:

$$F_1 = F_{Ed} \cdot \left(1 - m_1 \cdot (1 + \mu) + \mu + (m_1 - m_2) \cdot \frac{m_1^n \cdot (1 + \mu) - \mu}{m_1^n - m_2^n} \right) \quad (1)$$

$$F_n = F_{Ed} \cdot \left(-\mu + m_1^{(n-1)} \cdot (1 + \mu) - (m_1^{(n-1)} - m_2^{(n-1)}) \cdot \frac{m_1^n \cdot (1 + \mu) - \mu}{m_1^n - m_2^n} \right) \quad (2)$$

Mit

$$\mu = - \frac{1}{1 + \frac{E_1 A_1}{E_2 A_2}} \quad (3)$$

$$m_1 = \frac{\omega + \sqrt{\omega^2 - 4}}{2} \quad (4)$$

$$m_2 = \frac{\omega - \sqrt{\omega^2 - 4}}{2} \quad (5)$$

$$\omega = 2 + K_U \cdot a_1 \cdot \left[\frac{1}{E_1 A_1} + \frac{1}{E_2 A_2} \right] \quad (6)$$

Und

F_{Ed} Belastung der Verbindung aus n hintereinander angeordneten ZD-Platten

$E_1 A_1$ Dehnsteifigkeit des Bauteils 1 - Stahlblech

$E_2 A_2$ Dehnsteifigkeit des Bauteils 2 – Holzbauteil; die Querschnittsfläche A_2 sollte nicht größer als $b \cdot h_{ef}$ angenommen werden. h_{ef} ist die Eindringtiefe der Schrauben in Achsrichtung der Schrauben: $h_{ef} \leq l_{ef}$

K_U Verschiebungsmodul einer ZD-Platte, $K_U = 2 \cdot K_{ser} / 3$

K_{ser} = 15 kN/mm für eine ZD-Platte mit vier Schrauben ohne zusätzliche Schraube rechtwinklig zur Scherfuge

K_{ser} = 30 kN/mm für eine ZD-Platte mit vier Schrauben mit zusätzlichen Schrauben rechtwinklig zur Scherfuge am Ende des Stahlblechs

a_1 Achsabstand der ZD-Platten in Krafrichtung

Damit beträgt die wirksame Anzahl n_{ef} :

$$n_{ef} = \min \left\{ \frac{F_{Ed}}{F_1}; \frac{F_{Ed}}{F_2} \right\} \quad (7)$$

Für $n \leq 10$ darf n_{ef} vereinfacht angenommen werden zu:

$$n_{ef} = \max \{ n^{0,9}; 0,9 \cdot n \} \quad (8)$$

4 Verwendung von Schraubenbolzen 10.9 mit glattem Schaft

In der aktuellen ETA-11/0470 werden als Verbindungsmittel zwischen dem Stahlblech und den ZD-Platten ausschließlich Schraubenbolzen 10.9 des Durchmessers 16 mm nach EN ISO 4017 angegeben. Diese Schraubenbolzen weisen ein Gewinde im Bereich der Stahl-Stahl-Scherfuge auf. Die Tragfähigkeit eines im Gewindebereich auf Abscheren beanspruchten Schraubenbolzens ist geringer als diejenige eines Bolzens, der im Bereich des glatten Schaftes auf Abscheren beansprucht wird. Daher bestehen keine Bedenken, außer Schraubenbolzen 10.9 des Durchmessers 16 mm nach EN ISO 4017 auch andere Schrauben 10.9, z.B. HV Sechskantschrauben 10.9 nach EN 14399-4 oder nach ISO 4014 mit glattem Schaft in Verbindungen mit ZD-Platten zu verwenden. Um den glatten Schaft im Bereich der Stahl-Stahl-Scherfuge gewährleisten zu können, sind Längen der Sechskantschrauben erforderlich, die größer sind als die Summe aus Blechdicke t , Dicke der Unterlegscheibe und der Höhe der ZD-Platte von 27 mm. Ein Bohrloch zur Aufnahme der Überlänge der Sechskantschraube mit einer Länge von höchstens 20 mm ist unbedenklich.

5 Zusammenfassung

Diese gutachtliche Stellungnahme beurteilt das Tragverhalten von Stahlblech-Holz-Verbindungen mit ZD-Platten und enthält Vorschläge für die Erweiterung der Regeln in der ETA-12/0500. ZD-Platten bestehen aus zwei jeweils 86 mm langen Stahlteilen, die im Werk vormontiert werden und auf der Baustelle eine schnelle Montage zwischen Holzbauteilen und Stahlblechen durch das Eindrehen metrischer Schrauben ermöglichen. Der untere Teil der ZD-Platte wird am Holzbauteil mit vier Vollgewindeschrauben $\varnothing 10$ mm befestigt, die unter einem Winkel von $\pm 30^\circ$ zur Scherfuge zwischen ZD-Platte und Holzbauteil angeordnet sind. ZD-Platten sind zur Übertragung von Kräften rechtwinklig zur Längsachse der ZD-Platten geeignet.


Ergänzend zu den Regeln in der ETA-12/0500 werden spezifische Tragfähigkeiten von Assy plus VG Schrauben auf der Basis der Ausziehparameter $f_{ax,k}$ in der ETA-11/0190 angegeben.

Für mehrere in Krafftrichtung hintereinander angeordnete ZD-Platten wird ein Vorschlag für die Berechnung einer wirksamen Anzahl n_{ef} auf der Basis des linear-elastischen Modells von Lantos gemacht. Dieser Vorschlag enthält auch korrigierte Werte des Verschiebungsmoduls der ZD-Platten. Damit kann die ungleichmäßige Kraftverteilung in der Verbindung wirklichkeitsnah berücksichtigt werden.

Für die Verbindung zwischen Stahlblech und ZD-Platte wird zusätzlich zu den Schraubenbolzen 10.9 des Durchmessers 16 mm nach EN ISO 4017 die Verwendung von Sechskantschrauben 10.9 z.B. nach EN 14399-4 oder nach ISO 4014 mit glattem Schaft vorgeschlagen.

Unter diesen Voraussetzungen bestehen nach meiner Überzeugung gegen die ergänzenden Regeln für ZD-Platten keine Bedenken.

Karlsruhe, den 05.02.2015



Univ.-Prof. Dr.-Ing. H.J. Blaß