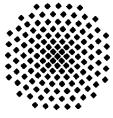


Befestigung von Ferro-Wictec Aufsatzprofilen mit dem Hilti Setzbolzen X-CR 14P8 und dem Hilti Setzgerät DX 450 (125%) auf Rechteckhohlprofilen mit einer Wanddicke von 4mm im Glasfassadenbau

**Ulrike Kuhlmann
Hans-Peter Günther**

Gutachten



Gutachten

**Befestigung von Ferro-Wictec Aufsatzprofilen mit dem Hilti Setzbolzen X-CR 14P8
und dem Hilti Setzgerät DX 450 (125%) auf Rechteckhohlprofilen
mit einer Wanddicke von 4mm im Glasfassadenbau**

Auftraggeber: Esco Metallbausysteme GmbH
Dieselstraße 2
71254 Ditzingen

Datum des Berichts: 08.04.2008

Umfang des Berichts: 6 Seiten

1. Anlass und Problemstellung

1.1. Anlass

Die Befestigung von Fassadenaufsatzprofilen mit dem Hilti Setzbolzen X-CR 14P8 auf Stahlunterkonstruktionen, vgl. Abbildung 1, regelt die allg. bauaufsichtliche Zulassung Z-14.4-456 [1]. Der Gültigkeitsbereich dieser Zulassung beschränkt sich auf Untergrundkonstruktionen im Blechdickenbereich $5\text{mm} \leq t_{II} \leq 12\text{mm}$. Vor allem im Glasfassadenbau kommen jedoch häufig auch Profile zum Einsatz, deren Wanddicken kleiner als 5mm sind. Aus diesem Grund wurde vom Auftraggeber für die Aufsatzprofile vom Typ Ferro-Witect FWT 50-1 und FWT 55-1 (verfügbar in Stahl und Aluminium) um Überprüfung der Anwendung und Eignung des Befestigungssystems auf Rechteckhohlprofilen mit einer Wanddicke von 4mm gebeten, basierend auf für diesen Anwendungsbereich durchgeführten experimentellen Untersuchungen in [2] und [3].

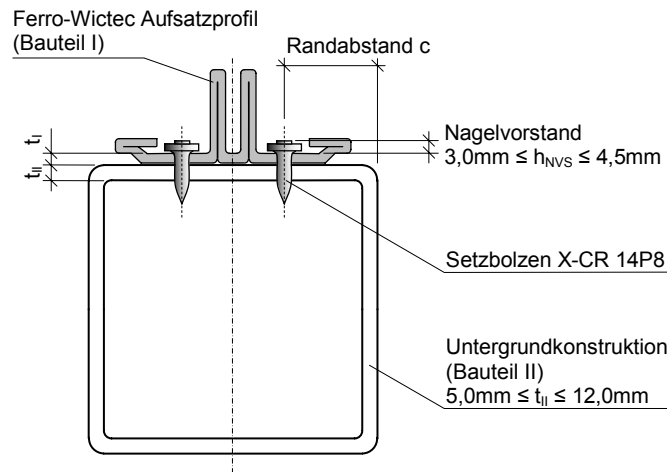


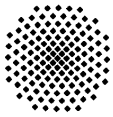
Abbildung 1: Allgemeine Befestigungssituation gemäß Zulassung [1]

1.2. Problemstellung

Bei der Anwendung des Befestigungssystems auf Untergrundkonstruktionen mit Wanddicken $t_{II} < 5\text{mm}$ besteht die Möglichkeit, dass bei dem Setzen der Setzbolzen infolge Überenergie beim Eintreiben und wegen der geringen Untergrundsteifigkeit des Bleches die Befestigungsqualität nicht ausreicht.

Durch das Setzen der Setzbolzen mit Überenergie kann es besonders bei dünnen Wanddicken zu dem so genannten „**Prellschlag**“ kommen. In diesem Fall wird der Setzbolzen infolge der eingebrachten Überenergie wieder losgeschlagen, was zu einem Nichtverankern des Bolzens im Untergrund führt. Auf Untergrundkonstruktionen mit geringen Wanddicken ist daher zur Vermeidung der Prellschlaggefahr eine genau dosierte Energieeinstellung vorzunehmen.

Neben der erhöhten Prellschlaggefahr führt das Befestigen von Setzbolzen auf dünnen Untergründen außerdem u. U. zu einer Abnahme der so genannten „**Setzkonstanz**“. Als Maß für die Setzkonstanz wird dabei im Allgemeinen die Streuung des Nagelvorstandes h_{NVS} verwendet, vgl. Abbildung 1. Eine zuverlässige und konsistente Einhaltung des Nagelvorstandes h_{NVS} und damit der Setzkonstanz ist besonders bei dünnwandigen Untergrundkonstruktionen ein wichtiges Merkmal für die Tragfähigkeit der Befestigung.



2. Bestehende Untersuchungen und Ergebnisse

2.1. Untersuchungen im Rahmen der Zulassung Z-14.4-456

Die bestehende Zulassung Z-14.4-456 [1] ist durch umfangreiche Zulassungsversuche und Auswertungen in Anlehnung an das in [4] beschriebene Vorgehen für Europäische Technische Zulassungen (ETA) ausreichend abgesichert. Die dabei durchgeführten Versuche an der unteren Anwendungsgrenze, d. h. auf dünnwandigen Untergrundkonstruktionen, wurden überwiegend an 5mm dicken Blechen durchgeführt vgl. [5] – [9]. Bei von der bestehenden Zulassung abweichenden Randbedingungen besteht nach [4] generell die Möglichkeit den Anwendungsbe- reich durch weitere Versuche zu erweitern.

2.2. Untersuchungen an 4mm dicken Rechteckhohlprofilen

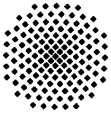
Untersuchungen zur Längstragfähigkeit, Setzungseignung und zur Prellschlagempfindlichkeit des Hilti Setzbolzens X-CR 14P8 mit dem Hilti Setzgerät DX 450 (125%) an 4mm dicken Rechteckhohlprofilen sind in allgemeiner Form in [10] zusammengestellt und dokumentiert.

Tabelle 1 gibt einen Überblick über die an den Ferro-Wictec Aufsatzprofilen durchgeführten Untersuchungen an 4mm dicken Rechteckhohlprofilen. Die Befestigungen erfolgten stets auf der Schmalseite (Breite B) der 4mm dicken Rechteckhohlprofile. Die Rechteckhohlprofilabmes- sungen variierten im Bereich $B = 50 - 80\text{mm}$. Die Position der Befestigung, beschrieben durch den Randabstand c , vgl. Abbildung 1, lag im Bereich von $c = 15 - 30\text{mm}$. Untersucht wurde die Befestigung von Stahlblechen sowie die Befestigung von Aufsatzprofilen. Zur Erzielung des in der Zulassung geforderten Nagelvorstandes von $3,0\text{mm} \leq h_{NVS} \leq 4,5\text{mm}$ erfolgte die Befesti- gung der Aufsatzprofile mit einer gelben Kartusche und einer Energieeinstellung am Bolzen- setzgerät im Bereich $1,5 \pm 0,5$.

Tabelle 1: Übersicht Versuche auf 4mm dicken Rechteckhohlprofilen mit Ferro-Wictec Aufsatzprofilen

| Aufsatzprofil / Bauteil I | | Untergrund / Bauteil II | | | Kartusche & Energieein- stellung | Anzahl Versu- che | Zweck der Versuche | Literatur |
|-------------------------------|--------------------------------------|-------------------------|--------------------------------------|------------------------|----------------------------------|-------------------|---|-----------|
| Blechdicke in [mm]; Profiltyp | Zugfestig- keit [N/mm ²] | Recht- eckhohl- profil | Zugfestig- keit [N/mm ²] | Rand- abstand c [mm] | | | | |
| 1,0+0,75 | --- | 50x50x4 | 510 | 15 | Gelb 2,0 | 2 x 30 | Längstragfähigkeit | [2] |
| Profil ¹⁾ | --- | | | | Gelb 2,0 | 7 | | |
| Profil ²⁾ | --- | | | | Gelb 1,5 | 7 | | |
| 1,0+0,75 | --- | 60x60x4 | 465 | 20 | Gelb 2,0 | 2 x 30 | | |
| Profil ¹⁾ | --- | | | | Gelb 2,0 | 7 | | |
| Profil ²⁾ | --- | | | | Gelb 1,5 | 7 | | |
| 1,0+0,75 | --- | 80x80x4 | 400 | 30 | Gelb 2,0 | 2 x 30 | | |
| Profil ¹⁾ | --- | | | | Gelb 2,0 | 7 | | |
| Profil ²⁾ | --- | | | | Gelb 1,5 | 7 | | |
| --- | --- | 120x80x4 | 445 | 18/23/28 | Gelb 1,5 | 90 | Prellschlagempfind- lichkeit und Festle- gung h_{NVS} | [3] |
| Profil ¹⁾ | --- | | | 28 | Gelb 1,75 | 14 | | |
| Profil ²⁾ | --- | | | 28 | Gelb 1,5 | 18 | | |
| 1,5 | 408 | | | 23 | Gelb 2,0 | 30 | Längstragfähigkeit | |
| 1,25/1,5 | --- | | | 23 | Gelb 1,75 | 8/9/8 | | |

¹⁾ Ferro-Wictec-Aufsatzprofil: FWT 55-1, Aluminium EN AW-6060 nach EN 573-3, Zustand T66 nach EN 755-2, $t=1,8\text{mm}$
²⁾ Ferro-Wictec-Aufsatzprofil: FWT 50-1, Stahl S280GD+Z275-M-A-C bandverzinkt nach EN 10326, $t=1,5\text{mm}$



2.3. Ergebnisse der Untersuchungen an 4mm dicken Rechteckhohlprofilen

Die Ergebnisse der in Tabelle 1 aufgeführten und in [10] dokumentierten Versuche lassen sich hinsichtlich der Kriterien Setzkonstanz, Prellschlagempfindlichkeit und Tragfähigkeit wie folgt zusammenfassen:

▪ Setzkonstanz und Setzverhalten

Die durchgeführten Untersuchungen zeigen, dass auch für Untergrundkonstruktion bestehend aus Rechteckhohlprofilen mit einer Wanddicke von 4mm die Setzkonstanz gemessen an der Streuung des Nagelvorstandes h_{NVS} bei entsprechender Kartuschenwahl und Energieeinstellung (Gelb $1,5 \pm 0,5$) gewährleistet werden kann. Eine zuverlässige und konsistente Einhaltung des Nagelvorstandes gemäß dem in der Zulassung [1] angegebenen Bereich von $3,0 \leq h_{NVS} \leq 4,5\text{mm}$ ist damit möglich.

Der Einfluss der Befestigungsposition, beschrieben durch den Randabstand c , vgl. Abbildung 1, auf die Setzkonstanz ist gering. Während bei den Untersuchungen in [3] eine leichte Zunahme der Standardabweichung des Nagelvorstandes bei Vergrößerung des Randabstandes zu beobachten war, ist dies bei den Untersuchungen in [2] nicht der Fall. Eine zuverlässige Setzbarkeit bis zu einem Randabstand von $c \leq 30\text{mm}$ ist möglich.

▪ Prellschlagempfindlichkeit

Die in [3] durchgeführten Untersuchungen zeigen, dass Prellschlageffekte erst bei sehr kleinen Nagelvorständen von $h_{NVS} < 1,5\text{mm}$ auftreten. Bei Einhaltung des in der Zulassung [1] angegebenen Nagelvorstandes sind daher keine Prellschlageffekte zu erwarten.

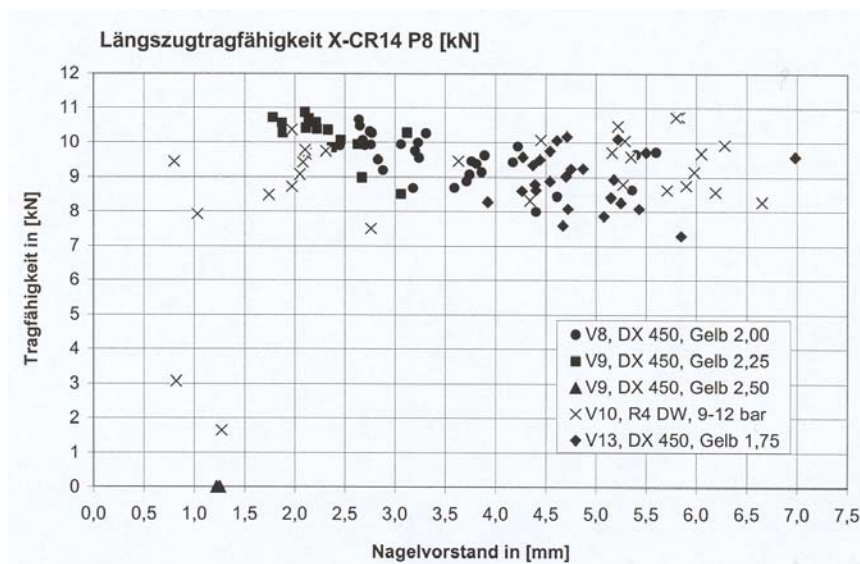
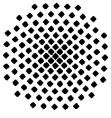


Abbildung 2: Prellschlageffekt; Längstragfähigkeit in Abhängigkeit vom Nagelvorstand h_{NVS} gemäß [3]

▪ Längstragfähigkeit

Alle durchgeführten Untersuchungen bestätigen, dass auch auf 4mm dickem Untergrund bei Einhaltung des Toleranzbereiches des Nagelvorstandes die in der Zulassung [1] angegebenen Werte für die Tragfähigkeit der Verbindung zuverlässig erzielt werden können.

Der Einfluss des Nagelvorstandes auf die Längstragfähigkeit (Auszugstragfähigkeit) ist im Bereich von 2 bis 5mm gering, so dass auch Befestigungen außerhalb des in der Zulassung [1]



angegebenen Toleranzbereiches noch hinreichend große Tragfähigkeiten ergeben.

Bei der Befestigung von Aufsatzprofilen haben die Untersuchungen zur Längstragfähigkeit gezeigt, dass in allen Fällen die Tragfähigkeit durch Profilver sagen der Aufsatzprofile maßgebend wird. Die dabei ermittelten charakteristischen Tragfähigkeitswerte lagen in allen Fällen deutlich über den in der Zulassung angegebenen Werten. Die in den Untersuchungen ermittelten Sicherheitsabstände sind damit auch in der Lage, mögliche und bekannte Einflüsse von Oberflächenbeschichtungen auf die Tragfähigkeit abzudecken.

3. Zusammenfassung und Empfehlungen für die Ausführung

3.1. Zusammenfassung

Aufgrund der vorliegenden experimentellen Untersuchungen liegen ausreichende Erfahrungen hinsichtlich der Befestigung von Fassadenaufsatzprofilen mit dem Hilti Setzbolzen X-CR 14P8 und dem Hilti Setzgerät DX 450 (125%) auf 4mm dicken Untergrundkonstruktionen vor. Diese Untersuchungen haben gezeigt, dass bei Einhaltung des in der Zulassung [1] angegebenen Toleranzbereichs für den Nagelvorstand die Werte für die Tragfähigkeit der Verbindung mit ausreichender Sicherheit auch bei Untergrunddicken von $t_{II} = 4\text{mm}$ gewährleistet werden können.

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass für die Befestigung von Ferro-Wictec Aufsatzprofilen vom Typ FWT 50-1 und FWT 55-1 jeweils aus Aluminium (EN AW-6060 nach EN 573-3:2007, Zustand T66 nach EN 755-2:1997, $t = 1,8\text{mm}$) und aus Stahl (S280GD+Z275-M-A-C bandverzinkt nach EN 10326:2004 und EN 10143:2006, $t = 1,5\text{mm}$) mit dem Hilti Setzbolzen X-CR 14P8 und dem Hilti Setzgerät DX 450 (125%) auf Rechteckhohlprofilen mit einer Wanddicke von 4mm bei Einhaltung

- der Anforderungen des Toleranzbereiches des Nagelvorstandes gemäß Zulassung [1] und
- des Randabstandes $c \leq 30\text{mm}$

keine Bedenken bestehen.

3.2. Empfehlungen für die Ausführung

Für die Ausführung der Befestigungen gelten die entsprechenden Bestimmungen der Zulassung [1] sowie das Ergänzungsschreiben des DIBt vom 22. Februar 2007, vgl. [11].

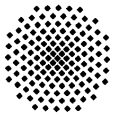
Zur Einstellung des erforderlichen Nagelvorstandes ist das Vorgehen gemäß Anlage 5 der Zulassung [1] zu beachten. Für die Befestigung von Aufsatzprofilen auf 4mm dicken Rechteckhohlprofilen wird als Kartuschenvorauswahl und Energieeinstellung Gelb 1,5 empfohlen.

Während der Montage ist die Einstellung, Überprüfung und Kontrolle des richtigen Nagelvorstandes durch eine entsprechende Qualitätssicherung festzulegen.

Stuttgart, 08. April 2008

Prof. Dr.-Ing. Ulrike Kuhlmann

Dr.-Ing. Hans-Peter Günther



4. Literatur

- [1] Allgemeine bauaufsichtliche Zulassung Z-14.4-456: Hilti Setzbolzen X-CR 14P8 aus korrosionsbeständigem Stahl zur Befestigung von Aufsatzprofilen im Fassadenbau, Deutsches Institut für Bautechnik (DIBt), Berlin, 21.11.2005, Geltungsdauer bis 30. November 2010.
- [2] Buhri, R.: X-CR 14P8 mit DX 450 (125%) Bef. von Aufsatzprofilen von Glasfassaden auf Stahl, esco-Profile aus St und Al auf 4mm dicke, rohe Hohlprofile, Hilti Entwicklungsbericht XE_07_21, Hilti AG, Schaan, 25. April 2007.
- [3] Beck, H.: X-CR 14P8 im Fassadenbau: Anwendungs- und Setzversuche mit DX 450 (125%) und R4-DW auf Hohlprofil 80 x 120 x 4. Hilti Entwicklungsbericht XE_03_11, Hilti AG, Schaan, 27. Juni 2003.
- [4] Deutsches Institut für Bautechnik DIBt: CUAP: Common Understanding of Assessment Procedure: Cartridge fired pin for connections for thin gauge steel members and sheeting. Final version February 2004, ETA request No 06.02/05.
- [5] Beck, H.: X-CR 14P8 im Fassadenbau: Setzsystem, Anwendungsbedingungen, Tragfähigkeit. Hilti Entwicklungsbericht XE_02_67, Hilti AG, Schaan, 31. Okt. 2002.
- [6] Beck, H.: X-CR14P8 mit DX 450 (125 %) Befestigung von Aufsatzprofilen für Glasfassaden auf Stahl: Quer-, Längszug- und Zwängungsversuche. Hilti Entwicklungsbericht XE_04_48, Hilti AG, Schaan, 11. März 2005.
- [7] Beck, H.: X-CR 14P8 mit DX 450 (125%) Befestigung von Ausatzprofilen für Glasfassaden auf Stahl: Auszugstragfähigkeit und Überprüfung der Anwendungsgrenze, Hilti Entwicklungsbericht XE_05_21, Hilti AG, Schaan, 22. April 2005.
- [8] Kuhlmann, U., Hinke, F.: Stellungnahme im Rahmen der DIBt-Zulassung für Hilti Setzbolzen X-CR 14(16)P8, Universität Stuttgart, Institut für Konstruktion und Entwurf, Bericht Nr. 2004-29X, 2004.
- [9] Kuhlmann, U., Günther, H.-P.: Abschließende Stellungnahme zur DIBt-Zulassung für den Hilti Setzbolzen X-CR 14P8. Universität Stuttgart, Institut für Konstruktion und Entwurf, Bericht Nr. 2005-13X, 2005.
- [10] Kuhlmann, U., Günther, H.-P. : Befestigung von Aufsatzprofilen mit dem Hilti Setzbolzen X-CR 14P8 und dem Hilti Setzgerät DX 450 (125%) auf Rechteckhohlprofilen mit einer Wanddicke von 4mm im Glasfassadenbau, Universität Stuttgart, Institut für Konstruktion und Entwurf, Bericht Nr. 2008-12X, 2008.
- [11] Ulbrich, D.: Allgemeine bauaufsichtliche Zulassung Z-14.4-456 Hilti Setzbolzen X-CR 14P8, Stellungnahme zur Oberflächenbeschaffenheit der Untergrundkonstruktion, Schreiben vom 22. Februar 2007, Deutsches Institut für Bautechnik DIBt, Berlin, 2007.