

**S-WUE / 190351**

Würzburg, den 30.01.2020  
0931 4196-129  
Ha / cb

**Gutachterliche Stellungnahme zur Bewertung von Zugversuchen an OnLevel Skyforce Halteprofilen für französische Balkone, die mit Hilti S-MP 52 S 6,3x64 mm Befestigungsschrauben gemäß ETA-13-0179 an REHAU Fensterrahmenprofilen aus Kunststoff mit innenliegender Stahlarmierung befestigt werden.**

**Auftraggeber:** OnLevel GmbH  
Budberger Str. 5  
46446 Emmerich am Rhein

**Auftrag vom:** 14.09.2019

**Anlagen:** 1 bis 20 siehe Seite 2

Der Bearbeiter



Dipl.-Ing. Hagelstein

Der Leiter



Dipl.-Ing. Katz, LBD

Das Gutachten umfasst 49 Textseiten und 20 Anlagen.

190351\_GA\_OnLevel\_REHAU\_Auszugstragfähigkeiten.docx / Seite 1 von 49

## Anlagen:

- 1 Fotodokumentation der Versuchsanordnung zentrischer Zug
- 2 Versuchsprotokolle, Last-Verformungskurven und Fotodokumentation: Serie 01
- 3 Versuchsprotokolle, Last-Verformungskurven und Fotodokumentation: Serie 02
- 4 Versuchsprotokolle, Last-Verformungskurven und Fotodokumentation: Serie 03
- 5 Versuchsprotokolle, Last-Verformungskurven und Fotodokumentation: Serie 04
- 6 Versuchsprotokolle, Last-Verformungskurven und Fotodokumentation: Serie 05
- 7 Versuchsprotokolle, Last-Verformungskurven und Fotodokumentation: Serie 06
- 8 Versuchsprotokolle, Last-Verformungskurven und Fotodokumentation: Serie 07
- 9 Versuchsprotokolle, Last-Verformungskurven und Fotodokumentation: Serie 08
- 10 Versuchsprotokolle, Last-Verformungskurven und Fotodokumentation: Serie 09
- 11 Versuchsprotokolle, Last-Verformungskurven und Fotodokumentation: Serie 10
  
- 12 Fotodokumentation der Versuchsanordnung exzentrischer Zug
- 13 Versuchsprotokolle, Last-Verformungskurven und Fotodokumentation: Serie PK02
- 14 Versuchsprotokolle, Last-Verformungskurven und Fotodokumentation: Serie PK06
- 15 Versuchsprotokolle, Last-Verformungskurven und Fotodokumentation: Serie PK07
- 16 Versuchsprotokolle, Last-Verformungskurven und Fotodokumentation: Serie PK09
  
- 17 Materialmerkblätter AV0050 und AV0043 DE / REHAU AG + Co.
- 18 Zeichnungen Onlevel: skyforce cover profile left/right (art. 16125000511) und skyforce base profile left/right (art. 16.1150.005.15)
- 19 Zeichnungen der Prüfserien PK01 bis PK10 / Fa. Rehau AG + Co.
- 20 Ermittlung der Zugfestigkeiten der in den Probekörpern PK01 bis PK10 eingebauten Einschieblingen aus DX51D / TÜV Rheinland Industrie Service GmbH

**Gliederung:**

1 Unterlagen

2 Vorgang

3 Beschreibung der Bauart Skyforce-Profil und der durchgeführten experimentellen Untersuchungen.

4 Bewertung der Versuchsergebnisse – Ausarbeitung von Bemessungsdiagrammen für die Auszugstragfähigkeit der Hilti S-MP 52 S 6,3 x 64 mm gewindefurchenden Schrauben in Einschieblingen aus Stahl DX51D nach DIN EN 10346.

5 Zusammenfassung

## 1 Unterlagen

- |      |                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                                                                                                                                                                                         |
|------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| [1]  | DIN 18008                                                                                                                                                                                                                                                                      | Glas im Bauwesen – aktuelle Fassung                                                                                                                                                                                                                     |
| [2]  | DIN EN 1990                                                                                                                                                                                                                                                                    | Eurocode – Grundlagen der Tragwerksplanung aktuelle Fassung und zugehörige nationale Anhänge.                                                                                                                                                           |
| [3]  | DIN EN 1991                                                                                                                                                                                                                                                                    | Eurocode 1: Einwirkungen auf Tragwerke aktuelle Fassung und zugehörige nationale Anhänge.                                                                                                                                                               |
| [4]  | DIN EN 1999                                                                                                                                                                                                                                                                    | Eurocode 9: Bemessung und Konstruktion von Aluminiumtragwerken aktuelle Fassung und zugehörige nationale Anhänge.                                                                                                                                       |
| [5]  | DIN EN 1993                                                                                                                                                                                                                                                                    | Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten aktuelle Fassung und zugehörige nationale Anhänge                                                                                                                                                |
| [6]  | DIN EN 10346                                                                                                                                                                                                                                                                   | Kontinuierlich schmelztauchveredelte Flacherzeugnisse aus Stahl zum Kaltumformen – Technische Lieferbedingungen / Okt. 2015                                                                                                                             |
| [7]  | ETA-13/0179                                                                                                                                                                                                                                                                    | Europäische Technische Bewertung des Deutschen Institutes für Bautechnik (DIBt), Berlin vom 09.05.2019 über Hilti S-CD, S-MP, S-CDW Befestigungsschrauben für Sandwichpaneele der Hilti AG, Feldkirchstraße 100, 9494 Schaan, Fürstentum Liechtenstein. |
| [8]  | Statische Auszugstragfähigkeit gewindeformender Schrauben in Metallkonstruktionen – an der Fakultät für Bauingenieur, Geo- und Umweltwissenschaften der Universität Friderici-ana zu Karlsruhe (TH) genehmigte Dissertation von Dipl.-Ing. Roderich Hettmann / 2006.           |                                                                                                                                                                                                                                                         |
| [9]  | Materialmerkblätter Nr.: AV0050 (RAU-PVC 1406 und RAU-PVC 1476) und Nr.: AV0043 DE (RAU-PVC 1506/1566) der REHAU AG + Co., Rheniumhaus, 95111 Rehau ohne Datumsangabe.                                                                                                         |                                                                                                                                                                                                                                                         |
| [10] | Kopie des Prüfberichtes VT 16-0630.2-03 vom 19.10.2017 der Verrotec GmbH, Neue Universitätsstraße 2, 55116 Mainz über Pendelschlagversuche an französischen Balkonen mit OnLevel Skyforce Profilen. Diese Unterlage wurde von Hr. Verhey – Fa. OnLevel zur Verfügung gestellt. |                                                                                                                                                                                                                                                         |



- [11] Kopie des Prüfberichtes VT 16-0630.2-04 vom 15.03.2018 der Verrotec GmbH, Neue Universitätsstraße 2, 55116 Mainz über Auszugstragfähigkeiten von Befestigungsmitteln zur Befestigung der Grundprofile von OnLevel Skyforce Profilen. Diese Unterlage wurde von Hr. Verhey – Fa. OnLevel zur Verfügung gestellt.
  
- [12] Kopie des Allgemeinen bauaufsichtlichen Prüfzeugnisses Nr. VT 17-083.1P vom 13.07.2018 der Verrotec GmbH, Neue Universitätsstraße 2, 55116 Mainz über Absturzsichernde Brüstungsverglasungen System Skyforce für die OnLevel GmbH, Budberger Straße 5, 46446 Emmerich.
  
- [13] Kopie des Prüfberichtes VT 18-0813-01 vom 07.12.2018 der Verrotec GmbH, Neue Universitätsstraße 2, 55116 Mainz über Auszugstragfähigkeiten von Schrauben an Fensterprofilen mit innenliegender Stahlarmierung – OnLevel Skyforce Anbindung an Kunststofffenster. Diese Unterlage wurde von Hr. Verhey – Fa. OnLevel zur Verfügung gestellt.
  
- [14] Kopie des Allgemeinen bauaufsichtlichen Prüfzeugnisses VT 18-099 P vom 13.12.2018 der Verrotec GmbH, Neue Universitätsstraße 2, 55116 Mainz über Absturzsichernde Brüstungsverglasungen System Skyforce für die OnLevel GmbH, Budberger Straße 5, 46446 Emmerich.
  
- [15] Kopie der Zusammenfassung der Versuchsergebnisse vom 28.11.2018 der Verrotec GmbH, Neue Universitätsstraße 2, 55116 Mainz über die experimentelle Ermittlung von Auszugstragfähigkeiten von Schrauben und Fensterprofilen mit Stahlarmierung. Diese Unterlage wurde von Hr. Verhey – Fa. OnLevel zur Verfügung gestellt.
  
- [16] Kopie des Prüfberichtes VT 18-0852-01b vom 02.05.2019 der Verrotec GmbH, Neue Universitätsstraße 2, 55116 Mainz über die experimentelle Ermittlung von Auszugstragfähigkeiten von Schrauben und Fensterprofilen mit Stahlarmierung von Rehau Profilserien.

## 2 Vorgang

Die OnLevel GmbH hat für ihr Halteprofil mit der Bezeichnung Skyforce über die Verrotec GmbH Allgemeine bauaufsichtliche Prüfzeugnisse [12] und [14] erwirkt. Auf der Grundlage dieser Allgemeinen bauaufsichtlichen Prüfzeugnisse darf das Bauprodukt als absturzsicherndes Brüstungssystem gemäß den Kategorien A bzw. C der DIN 18008-4 verwendet werden.

In [14] werden Skyforce-Profile in Kombination mit Kunststoffrahmen und Stahleinschieblingen (sendzimirverzinkter Stahl 1.0917 – Bezeichnung DX51D + Z140 nach [6]) der Fa. Rehau AG behandelt. Die Verwendbarkeit der Bauart: OnLevel Skyforce-Profile mit Bohrschrauben SFS - SPC  $\phi$  5,5 mm an Blendrahmenprofilen  $b \times h = 71 \times 76$  mm / Einschiebling  $t = 1,5$  mm –  $I_x = I_y = 2,25$  cm<sup>4</sup> / und an Pfostenprofilen  $b \times h = 92 \times 76$  mm / Einschiebling  $t = 1,5$  mm –  $I_x = 2,85$  cm<sup>4</sup> und  $I_y = 4,48$  cm<sup>4</sup> bei stoßartigen Einwirkungen wird in [14] bestätigt. Damit kann diese Bauart als absturzsichernde Brüstung nach Kategorie A im Sinne der DIN 18008-4 verwendet werden.

Kombiniert mit weiteren Profilen der Fa. Rehau AG wurden für verschiedene Rahmensysteme mit unterschiedlichen Stahleinschieblingen in [15] und [16] Auszugstragfähigkeiten von Bohrschrauben mit der Bezeichnung SFS - SPC  $\phi$  5,5 mm ermittelt.

| Prüfmuster | Art.Nr. | Armierungsquerschnitt | char. Tragfähigkeit $F_t$ (kN) | Wandstärke (mm) | $I_x$ [cm <sup>4</sup> ] | $I_y$ [cm <sup>4</sup> ] |
|------------|---------|-----------------------|--------------------------------|-----------------|--------------------------|--------------------------|
| PM01       | 1306619 |                       | 1.87                           | 15              | 1.1                      | 1.1                      |
| PM02       | 1357540 |                       | 1.58                           | 15              | 1.1                      | 1.5                      |
| PM07       | 1245536 |                       | 2.52                           | 15              | 2                        | 0.42                     |
| PM09       | 1245536 |                       | 2.8                            | 15              | 2                        | 0.42                     |
| PM06       | 1261831 |                       | 4.24                           | 15              | 2.5                      | 0.56                     |
| PM08       | 1239583 |                       | 2.9                            | 15              | 2.3                      | 0.98                     |
| PM04       | 1244516 |                       | 2.6                            | 15              | 2.7                      | 1.3                      |
| PM05       | 1238620 |                       | 4.8                            | 2               | 3                        | 18                       |
| PM03       | 1244536 |                       | 6.42                           | 2               | 5                        | 2                        |

Bild 2.1

Zusammenfassung der in [15] und [16] experimentell ermittelten Auszugstragfähigkeiten.

Die angegebenen Werte wurden mit dem Sicherheitsfaktor  $\eta = 0,88$  abgemindert.

Der Begriff „absturzsichernde Verglasung“ umfasst im Sinne der DIN 18008-4 die Scheiben, die Glashalterungen und die Befestigung der Glashalterungen am Baukörper.

Nach den Technischen Regeln für die Verwendung von absturzsichernden Verglasungen ([1] – insbesondere DIN 18008-4) ist die ausreichende Absturzsicherheit von Verglasungen im Geltungsbereich der eingeführten Technischen Regeln durch eine gutachterliche Stellungnahme einer anerkannten Prüfstelle zu beurteilen, wenn die ausreichende Absturzsicherheit nicht unmittelbar durch die Bestimmungen aus [1] oder durch eine allgemeine bauaufsichtliche Zulassung nachgewiesen werden kann. Die gutachterlichen Stellungnahme dient als Grundlage zur Erlangung eines Allgemeinen bauaufsichtliches Prüfzeugnisses.

Aufbauend auf den durch die Verrotec GmbH im Rahmen von [14], [15] und [16] vorgenommenen Versuchen an Skyforce-Profilen die an Kunststoffrahmen mit innenliegender Stahlarmierung der Fa. Rehau befestigt sind, wurde das Prüfamt für Standsicherheit der LGA – Zweigstelle Würzburg beauftragt, die Bauart: Skyforce Halteprofile und gewindefurchende Schrauben (Bezeichnung Hilti S-MP 52 S 6,3 x 64 mm nach [7]) in Kombination mit Rehau Kunststoffrahmen + Stahleinschiebling hinsichtlich der Verwendbarkeit als absturzsichernde Verglasungen im Sinne der eingeführten Technischen Regeln zu bewerten und das Ergebnis im Rahmen einer gutachterlichen Stellungnahme zu dokumentieren.

Zu diesem Zweck fanden im Zeitraum vom 18.09.2019 bis zum 24.09.2019 und vom 16.12.2019 bis zum 18.12.2019 umfangreiche, experimentelle Untersuchungen in der Versuchshalle der Prüfhalle der LGA-Zweigstelle Würzburg statt.

Die vorliegende gutachterliche Stellungnahme bezieht sich ausschließlich auf die durch die eingeführten Technischen Regeln [1] anzusetzenden stoßartigen Beanspruchungen, damit die Verglasung als absturzsichernd eingestuft werden kann.



### 3 Beschreibung der Bauart Skyforce und der durchgeführten experimentellen Untersuchungen

#### 3.1 Skyforce Glashalteprofil

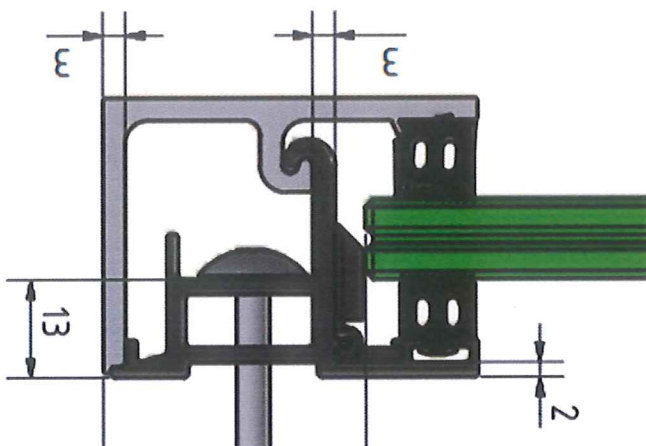


Bild 3.1 OnLevel Skyforce Glashalteprofil  
Zeichnung Onlevel

Das Skyforce Halteprofil aus Aluminium EN AW-6063 T6 besteht aus einem Grundprofil und einem Deckelement. Das Grundprofil wird schwarz eloxiert und ist i.d.R. mit Verbindungsmitteln an ein Fensterprofil befestigt. Die Befestigungsabstände sind in den Grundprofilen vorgegeben. Die Grundprofile werden in den vorgesehenen Längen vorgebohrt vom Hersteller angeliefert. Die Deckelemente werden in das Grundprofil eingehakt. Je nach Glasstärke werden geeignete Verglasungsgummis verwendet. Der Glaseinstand beträgt mindestens 15 mm. Die Werkstatt-Fertigungszeichnungen des Grundprofils und des Deckelementes sind in den Anlagen enthalten.

In [14] wurden für die Befestigung der Grundprofile mittels Bohrschrauben SFS – SPC  $\phi$  5,5 mm folgende Schraubenanzahlen und –abstände festgelegt:

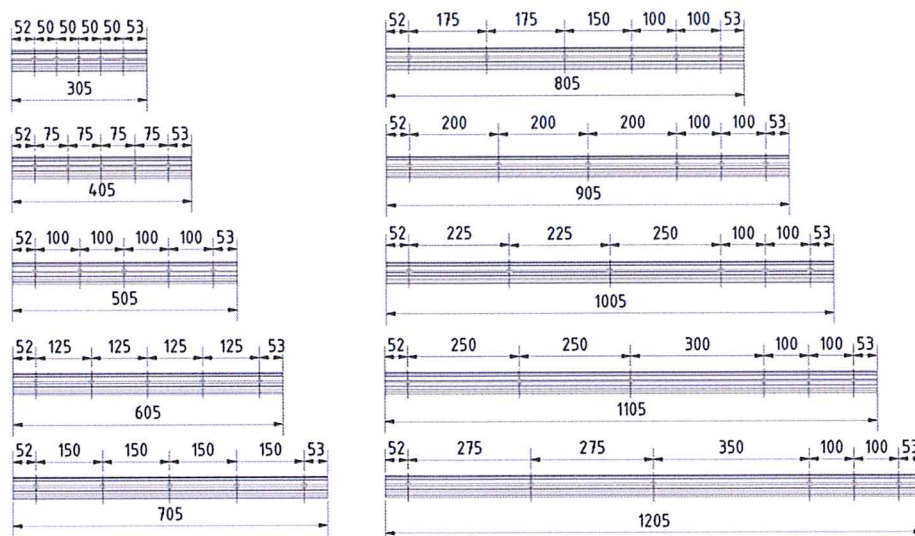


Bild 3.2 Schraubenanzahlen und –abstände für Skyforce Profile, die mit Bohrschrauben SPC  $\phi$  5,5 mm (SFS) an Kunststoffrahmen mit Stahleinschieblingen der Fa. Rehau befestigt werden / [14]



Ausführbare Glasformate und Glasaufbauten für die absturzsichernden Brüstungsverglasungen werden in [12] angegeben.

Im Zuge der Bearbeitung der vorliegenden gutachterlichen Stellungnahme wurde festgestellt, dass für die Bohrschrauben SFS – SPC  $\phi$  5,5 mm kein baurechtlicher Verwendungsnachweis vorliegt. Das Prüfamt für Standsicherheit der LGA Zweigstelle Würzburg empfiehlt daher die Schrauben künftig nicht mehr zu verwenden und durch gleichwertige Schrauben mit baurechtlichem Verwendungsnachweis zu ersetzen.

### 3.2 Gewindeformenden Schrauben im Metallbau.

#### 3.2.1 Tragverhalten

Gewindeformende Schrauben und Bohrschrauben kommen vorwiegend im Metallleichtbau zur Anwendung. Dünne Stahlbleche werden miteinander verbunden und zur Lastabtragung herangezogen.

Die Auszugstragfähigkeit von Schrauben, die in dünne Blechquerschnitte eingebaut werden, hängt im Wesentlichen von der Dicke und der Zugfestigkeit des Muttermaterials und der Tragfähigkeit des Schraubengewindes ab. Die Tragfähigkeit des Schraubengewindes ergibt sich unmittelbar aus der Zugfestigkeit des Schraubenwerkstoffes. Bei größerem Durchmesser der Schraube ist i.d.R. das Muttergewinde das maßgebende Tragfähigkeitskriterium bei Beanspruchung der Schrauben durch eine axiale Normalkraft.

Gewindeformende Schrauben erzeugen durch eine Stauchung und Verdrängung des Materials im lastabtragenden Bauteil das Muttergewinde spanlos. Das lastabtragende Blech ist gemäß den Angaben des für die Schraube zwingend erforderlichen Verwendungsnachweises vorzubohren. Aufgrund des spanlosen Formens des Muttergewindes besitzen gewindeformende Schrauben einen hohen Formschluss (wesentlich besser als bei Verwendung von Gewindeschneidschrauben, deren Muttergewinde spanabhebend erzeugt wird) und somit eine höhere Tragfähigkeit (Lösefestigkeit des Gewindes) bei axialer Zugbeanspruchung.

#### 3.2.2 Hilti S-MP52 S 6,3 x 64 mm

Primärer Verwendungszweck der in [7] geregelten Schrauben ist die Verbindung von Sandwichelementen mit Metall- oder Holzkonstruktionen. Für diesen Anwendungszweck werden in [7] Tragfähigkeiten angegeben auf deren Grundlage die Verbindungen bemessen werden können. Grundsätzlich wird in [7] festgestellt, dass die Verbindungsmittel im Innen- und Außenbereich unter vorwiegend ruhender Belastung durch Quer- und Zugkräfte beansprucht werden können. In [7] sind Befestigungsschrauben für Sandwichpanele mit der Bezeichnung Hilti S-MP52 S 6,3 x 64 mm der Fa. Hilti geregelt. Damit ist die Verwendbarkeit dieser Schrauben für den vorliegenden Fall gegeben. Die in [7] angegebenen Tragfähigkeiten der Schrauben können allerdings lediglich als Richtwerte herangezogen werden, nicht zur Bemessung der Verbindung im vorliegenden Anwendungsfall.

Im Anhang 28 der ETA-13/0179 ist die gewindeformende Schraube Hilti S-MP 52 S 6,3 x L dargestellt.

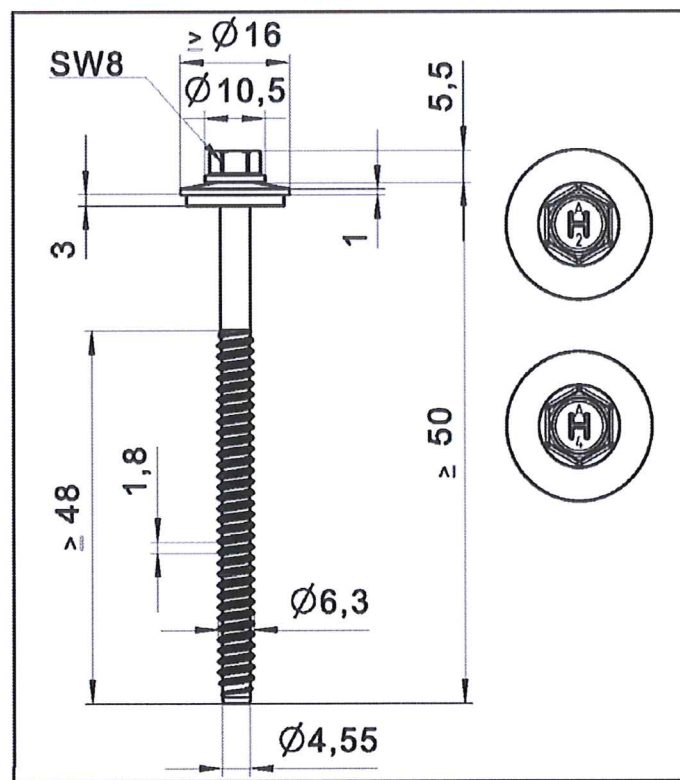


Bild 3.3 Hilti S-MP S 6,3 x L / Nichtrostender Stahl / Auszug aus Anhang 28 - [7]

Für die Ermittlung der Auszugstragfähigkeiten wurden Hilti S-MP 52 S 6,3 x 64 mm gewählt. Laut Hersteller beträgt die Zugfestigkeit des Schraubenmaterials  $R_m = 500 \text{ N/mm}^2$ . Diese Angabe wurde von der Fa. Rehau bei dem Hersteller erfragt und uns per Mail am 10.10.2019 übermittelt. Der Flankenwinkel  $\alpha^\circ$  wird zu  $\alpha = 60^\circ$  gemäß [8] angenommen. Gemäß [7] dürfen die Schrauben nur einmal verwendet werden.



### 3.3 Kunststoffrahmen mit innenliegender Stahlarmierung der Rehau AG + Co

Aus der großen Anzahl der von der Fa. Rehau AG + Co. angebotenen Rahmensysteme wurden in Zusammenarbeit mit der Fa. Rehau die Rahmen- und Einschieblingtypen ausgewählt, die den überwiegenden Teil der hergestellten Profile abdecken. Hierbei wurden stets die Rahmenprofile mit der geringsten Steifigkeit ausgewählt um so eine untere Grenze der Anwendung zu erzielen. Bei der Auswahl der Einschieblinge wurden die Typen mit den geringsten Wandstärken und/oder geringsten Steifigkeiten berücksichtigt.

Voraussetzung für die Anwendung der im Folgenden ermittelten Tragfähigkeiten ist, dass die Einschieblinge in Schraubenrichtung an einem Kunststoffsteg im Rahmeninneren anliegen (s. Bild 3.4).

Konservativ und aufgrund des Tragverhaltens von auf Zug beanspruchter gewindeformender Schrauben wurde auf die Untersuchung von Vierkantquerschnitt-Einschieblingen verzichtet. Werden in einem Fensterprofil offene Vierkantquerschnitt-Einschieblinge verwendet, muss der durchgeschraubte Profilschenkel durchgehend (ungestört) sein! Die Profilhinge sollte sich in den parallel zur Schraubenachse oder dem der durchgeschraubten Seite gegenüberliegenden liegenden Profilschenkel befinden.

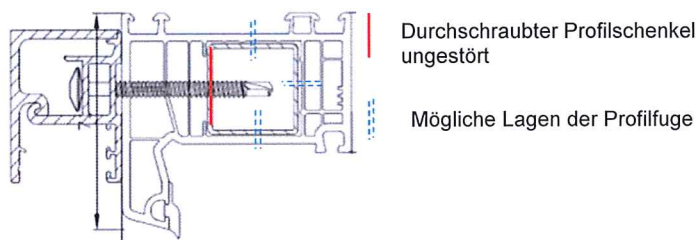


Bild 3.4 Anordnung von offenen Vierkant-Einschieblingen / Lage der Profilhinge / [13]

Die auf zentrischen Zug untersuchten Profile – Rahmen und Einschieblinge - sind in den Anlagen enthalten. Es ergaben sich 10 Prüfserien mit der Bezeichnung Pk01 bis Pk10 die repräsentativ die wesentlichen Variationsmöglichkeiten abdecken.

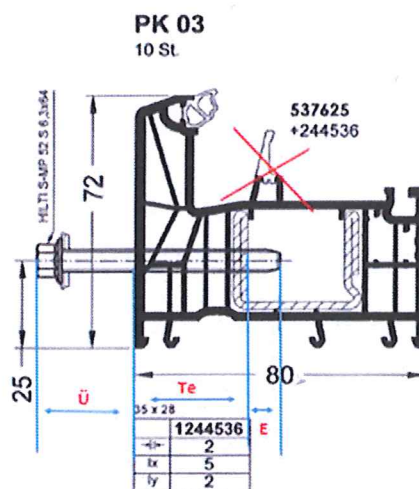


Bild 3.5 Exemplarisch – Darstellung des Probekörpers für die Serie PK03 PK01 bis PK10 Siehe Anlagen



### 3.4 Zugversuche unter zentrischem Zug



Bild 3.6 Versuchsanordnung zentrischer Zug / Ansicht

Vorstehendes Bild zeigt die Versuchsanordnung für die Versuche an Rehau Kunststoffrahmenprofilen und Stahleinschiebling mit  $l = 300$  mm und gewindefurchenden Schrauben Hilti S-MP 52 S 6,3x64 mm unter zentrischem Zug.



Bild 3.7 Versuchsanordnung zentrischer Zug  
Lage des Probekörpers – Anschlag hinten

Die Probekörper waren wie in Bild 3.5 dargestellt, von der Fa. Rehau vormontiert angeliefert worden. Die 300 mm langen Rahmenstücke wurden auf zwei konzentrischen Stahlringen, die an Stahlplatten angebracht sind, gelagert. Die Stahlplatten werden mit handfest angezogenen Schrauben M12 gegeneinander verspannt. Durch die konzentrischen Stahlringe an der Ober- und Unterseite und die gegenseitige Verspannung der Stahlplatten entsteht eine Einspannung für das Rahmenprofil. Rückseitig wurde zur Erleichterung der Versuchseinrichtung ein Anschlag angebracht. Die Schraube Hilti S-MP 52 S 6,3x64 mm war in der Mitte des Probekörper angebracht und wurde in die Auszugsvorrichtung „eingehängt“ (vgl. Fotodokumentation Bild Va-3).

Die Versuche wurden kraftgesteuert mit  $dF/dt = 0,015 \text{ kN/sec}$  bis  $0,040 \text{ kN/sec}$ , je nach Blechdicke des Einschieblings, durchgeführt. Die in den Anlagen zu jeder Serie beigefügten Last-Verformungskurven zeigen qualitativ das Tragverhalten der Verbindung Schraube-Fensterrahmen. Auf die Aufzeichnung der Verformungen mittels Wegaufnehmern wurde für die Versuchsserie zentrischer Zug verzichtet.

Die in den Anlagen enthaltenen Versuchprotokolle beinhalten alle wesentlichen Angaben zu den Probekörpern. Der Mindest-Überstand (Einschraubtiefe) der Schraube in den Einschiebling von  $E_{\text{Schraube}} \geq d_{\text{Schraube}}$  (Bild 3.5) wurde bei zwei Versuchen (PK03-02 und PK03-05 / Blechdicke des Einschieblings =  $2 \times 2 \text{ mm}$ ) unterschritten. Signifikante Auswirkungen auf die Versuchsergebnisse wurden bei diesen Versuchen nicht festgestellt.

Der Mindest-Überstand der Schraube (Einschraubtiefe) in den Einschiebling von  $E_{\text{Schraube}} \geq d_{\text{Schraube}}$  ist einzuhalten.

Die Anlagen dokumentieren den Versuchsaufbau, die Versuchsprotokolle, die Last-Verformungskurven und die Fotodokumentation zu den Serien PK01 bis PK10 ausführlich. Die Versuche mit zentrisch einwirkender Zugkraft erfolgten vom 18.09.2019 bis zum 24.09.2019 in der Versuchshalle der LGA Zweigstelle Würzburg.

### 3.5 Zugversuche unter exzentrischem Zug / Systemversuche

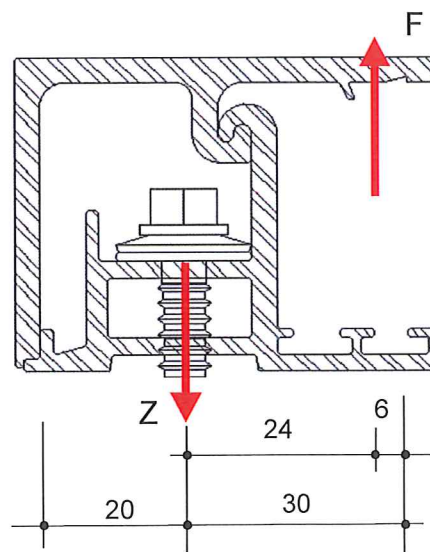


Bild 3.8 OnLevel Skyforce - Hebelverhältnisse



Bei der Ermittlung der Tragfähigkeit unter Zug der Bauart Skyforce-Klemmprofil + Rehau Kunststoffrahmen mit Stahleinschiebling + gewindefurchende Schrauben Hilti S-MP 52 S 6,3x64 mm muss aufgrund des exzentrischen Lastangriffs der aus der Brüstungsscheibe einwirkenden Zuglast die Tragfähigkeit des Schraubenschlusses am System Blendrahmen+Skyforceprofil untersucht werden.

Rein rechnerisch würde die Zugkraft  $Z$  der Schraube aufgrund der vorhandenen Hebelverhältnisse ungefähr das 2,20-fache der einwirkenden Zugkraft  $F$  betragen. Diese Betrachtung zieht aber nicht die Tragwirkung des Gesamtsystems in Betracht und liefert äußerst konservative Ergebnisse. Eine rechnerische Analyse des Tragverhaltens des Gesamtsystems unter Beachtung sämtlicher Einflußfaktoren bedingt eine aufwändige FE-Analyse am räumlichen Tragwerk, das im Wesentlichen mit Flächenelementen beschrieben werden müßte. Aus Zeit- und Kostengründen wurde auf die Erstellung eines allgemeingültigen Rechenmodells verzichtet und ein Versuchsprogramm an einem repräsentativen Profil- und Einschieblingsortiment durchgeführt. Diese Versuche fanden vom 16.12.2019 bis zum 18.12.2019 in der Versuchshalle der LGA Zweigstelle Würzburg statt.

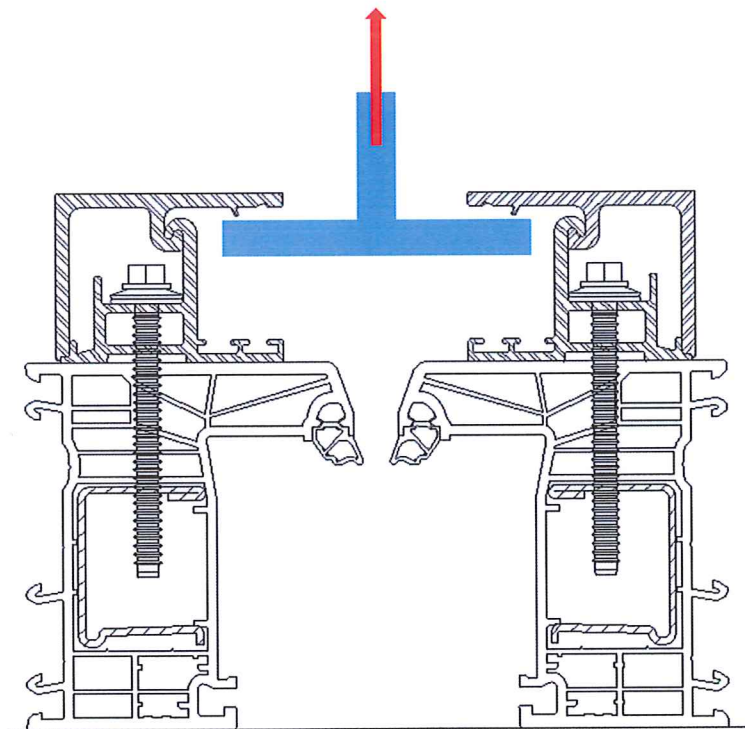


Bild 3.9 Versuchsanordnung für die Ermittlung der Systemtragfähigkeit bei Zugbeanspruchung

Bei der vorstehend abgebildeten Versuchsanordnung wurde durch die Ausnutzung des Symmetrieeffektes die Beanspruchung des Systems Rahmen+Schiene wirklichkeitsnah abgebildet (Scheibe mit kleiner Breite) und die bei Zugbelastung auf nur eine Schiene entstehende Querbeanspruchung der Prüfmaschine verhindert.

Der Versuchsaufbau ist in den Anlagen fotodokumentiert.



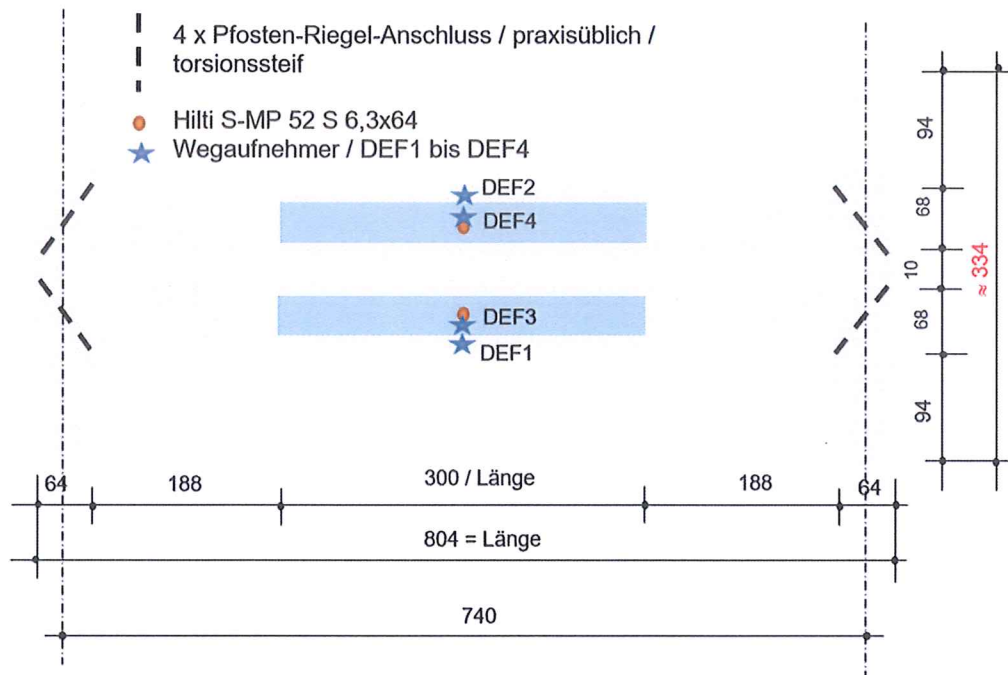


Bild 3.10 Versuchsanordnung Draufsicht – Zugtragfähigkeit des Gesamtsystems  
Abmessungen

Wie bei den Versuchen unter zentrischem Zug, wurden die Belastungsgeschwindigkeiten je nach Blechdicke des Stahleinschieblings variiert. Die wesentlichen Angaben zu den Versuchen sind in den Versuchprotokollen (Anlagen) festgehalten.



Bild 3.11 Versuchsaufbau / Anordnung der Weg-  
Aufnehmer / Systemtragfähigkeit

Für die Beurteilung des Formänderungsverhaltens des Systems wurden bei den Versuchen vier Wegaufnehmer angeordnet. Gemessen wurde jeweils die Formänderung des Rahmenprofils und des Skyforceprofils. Die Auswertung der Meßwerte liefert Last-Verformungskurven für das Gesamtsystem, die Rahmenprofile und die Skyforceprofile, die in den Anlagen zu den jeweiligen Serien enthalten sind.

Bei einigen Versuchen rutschte der auf dem Blendrahmenprofil aufgesetzte Wegaufnehmer infolge der Verkantung der Skyforceschiene vom dem Blendrahmenprofil ab. In diesen Fällen wurden ab dem Abrutschen nur noch die Meßwerte eines Profils für die Auswertung der LV-Kurven herangezogen.

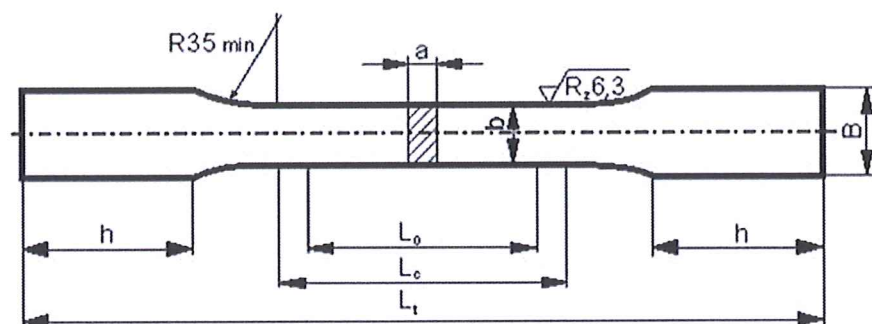
Insgesamt wurden für die Untersuchung der Systemtragfähigkeit vier Versuchsreihen mit je 5 Probekörpern gefahren. Die Probekörper wurden aus den Serien: PK02 –  $t_{\text{Einschiebling}} = 2 \text{ mm}$ , PK06 –  $t_{\text{Einschiebling}} = 1,5 \text{ mm}$ , PK07 –  $t_{\text{Einschiebling}} = 2 \times 1,5 \text{ mm}$  und PK09 –  $t_{\text{Einschiebling}} = 2 \times 2 \text{ mm}$  hergestellt.

Die Messung der Verformungen wurde nachdem die Prüfmaschine „Kontakt“ zum Probekörper hergestellt hatte gestartet. Die Anfangslast wird in den Versuchsprotokollen mit  $F_{\text{Rampe}}$  [kN] bezeichnet.

### 3.6 Bestimmung der Zugfestigkeit $R_m$ des Einschieblings-Werkstoffes

Die Einschieblinge sind kaltgeformte Kantprofile die aus einem sendzimirverzinkten Stahl mit der Bezeichnung DX51D – Werkstoffnummer 1.0917 – hergestellt werden. Die Anforderungen an den Werkstoff sind in der DIN EN 10346 [6] formuliert. Danach werden an die Streckgrenze  $R_e$  [N/mm<sup>2</sup>] keine Anforderungen gestellt. Die Zugfestigkeit  $R_m$  [N/mm<sup>2</sup>] des Materials muss im Bereich 270 bis 500 [N/mm<sup>2</sup>] liegen. Die Bruchdehnung  $A_{80}$  [%] muss mindestens 22 % betragen.

Für die rechnerische Beurteilung der Versuchsergebnisse und für die Ausarbeitung von Bemessungsdiagrammen der Auszugstragfähigkeit der vorgesehenen Hilti S-MP 52 S 6,3 x 64 mm Schrauben muß die Zugfestigkeit des Werkstoffes des Muttergewindes bekannt sein. Daher wurden die Zugfestigkeiten der Einschieblinge der Serien 01 bis 10 von der TÜV Rheinland Industrie Service GmbH, Tillystrasse 2, 90431 Nürnberg an Normzugproben gemäß DIN 50125 Form H ermittelt. Die Normzugproben wurden aus den bei den Versuchen verwendeten Einschieblingen herausgearbeitet, da eine unmittelbare Zuordnung der Einschieblinge zu den vorliegenden 3.1B-Zeugnissen nicht möglich war. Gleichzeitig wurde die Bruchdehnung  $A_{80}$  [%] bei den Versuchen bestimmt. Die Zusammenfassung dieser Untersuchungen sind in den Anlagen beigefügt.



a: Probendicke  
b: Probenbreite  
B: Kopfbreite ( $\approx 1,2b + 3 \text{ mm}$ )  
h: Kopfhöhe ( $\approx 2b + 10 \text{ mm}$ )  
 $L_0$ : Anfangsmesslänge  
 $L_c$ : Versuchslänge ( $L_c \geq L_0 + 1,5 \sqrt{S_0}$ )  
 $L_t$ : Gesamtlänge

| a 0 | b 0 | L0 | B  | r  | Lc  | h      | Lt      |
|-----|-----|----|----|----|-----|--------|---------|
| -   | 20  | 80 | 30 | 20 | 120 | Min.50 | Min.250 |

Bild 3.12 Normzugproben zur Bestimmung der Zugfestigkeit des einschiebling-Werkstoffes  
Stahl DX51D

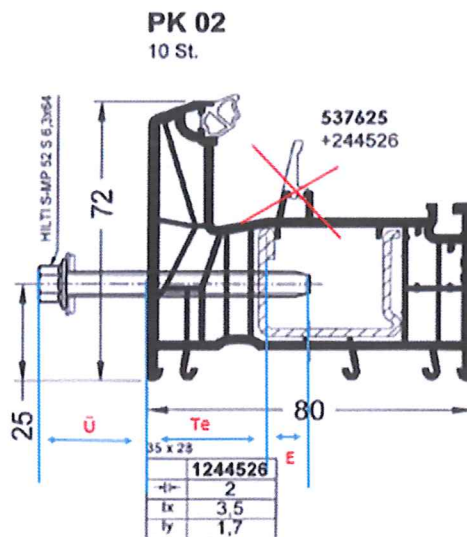


#### 4 Bewertung der Versuchsergebnisse – Ausarbeitung von Bemessungsdiagrammen für die Auszugstragfähigkeit der Hilti S-MP 52 S 6,3 x 64 mm gewindefurchenden Schrauben in Einschieblingen aus Stahl DX51D nach DIN EN 10346.

##### 4.1 Zugversuche unter zentrischem Zug – PK01 bis PK10

Die Protokolle der Versuche sind in den Anlagen enthalten. Exemplarisch wird das Protokoll zur Serie PK02 mit  $t_{\text{Einsiebl.}} = 2 \text{ mm}$  wiedergegeben:

Auszugstragfähigkeiten von HILTI S-MP 52 S 6.3x64 unter zentrischem Zug in Kunststoffprofilen mit Stahleinsiebling der REHAU AG+Co



Serie **PK02**

Datum 18.09.2019

E Schraube = 64-Ü-Te

L Schraube 64

Länge Probekörper = 300 mm

Probekörper ohne Innenanschlag  
→ Profil Nummer 537005

$dF / dt = 0.025 \text{ kN/sec}$

$\phi \text{ Ring1} = 265 \text{ mm}$

$\phi \text{ Ring2} = 235 \text{ mm}$

Stützweite Probekörper = 250 mm

| Versuch<br>Nr. | $\bar{U}_{\text{Schraube}}$<br>[mm] | $T_e$<br>[mm] | $E_{\text{Schraube}}$<br>[mm] | Randabst.<br>[mm] | $P_{\text{Traq}}$<br>[kN] | $\bar{U}_{\text{Ende}}$<br>[mm] | $t_{\text{II Bloch}}$<br>[mm] | Bemerkung            |
|----------------|-------------------------------------|---------------|-------------------------------|-------------------|---------------------------|---------------------------------|-------------------------------|----------------------|
| Z-01           | 25.2                                | 29.7          | 9.1                           | 25.0              | 5.62                      | 34.2                            | 2.06                          | Schraube ausgeknöpft |
| Z-02           | 25.8                                | 29.6          | 8.6                           | 25.0              | 6.09                      | 35.0                            | 2.04                          | Schraube ausgeknöpft |
| Z-03           | 25.8                                | 29.7          | 8.5                           | 25.0              | 5.29                      | 34.5                            | 2.04                          | Schraube ausgeknöpft |
| Z-04           | 25.5                                | 29.6          | 8.9                           | 25.0              | 6.18                      | 34.3                            | 2.04                          | Schraube ausgeknöpft |
| Z-05           | 24.5                                | 29.6          | 9.9                           | 25.0              | 6.16                      | 33.6                            | 2.04                          | Schraube ausgeknöpft |
| Z-06           | 25.3                                | 29.6          | 9.1                           | 25.0              | 5.87                      | 34.1                            | 2.02                          | Schraube ausgeknöpft |
| Z-07           | 25.8                                | 29.7          | 8.5                           | 25.0              | 5.61                      | 34.4                            | 2.02                          | Schraube ausgeknöpft |
| Z-08           | 26.1                                | 29.7          | 8.2                           | 25.0              | 5.98                      | 34.7                            | 2.03                          | Schraube ausgeknöpft |
| Z-09           | 25.3                                | 29.7          | 9.0                           | 25.0              | 6.22                      | 34.1                            | 2.02                          | Schraube ausgeknöpft |
| Z-10           | 25.9                                | 29.6          | 8.5                           | 25.0              | 5.97                      | 34.4                            | 2.03                          | Schraube ausgeknöpft |

$\bar{U}_{\text{Ende}}$  Überstand der Schraube [mm] bei Versuchsende

$t_{\text{II Bloch}}$  Kernblechdicke des Einsieblings [mm] / Abzug für Verzinkung  $150 \text{ g/m}^2 = 0.02 \text{ mm}$

$d_{\text{Loch}}$  Durchmesser Vorbohrung [mm] 5.3 gemäß ETA-13/0179

Bild 4.1 Versuchsprotokoll der Serie PK02 / Zentrischer Zug



Bei allen Versuchen der Serien PK01 bis PK10 wurde ein Ausknöpfen der Schraube aus dem Einschiebling erreicht. Die Protokolle zeigen die meßtechnisch erfassten Werte. Insbesondere die Kernblechdicke ist für die rechnerische Bestimmung der Auszugstragfähigkeit von Belang. Für die Ermittlung der Kernblechdicke wurden vom gemessenen Wert 0,02 mm für die Verzinkung von 140 g/m<sup>2</sup> abgezogen.

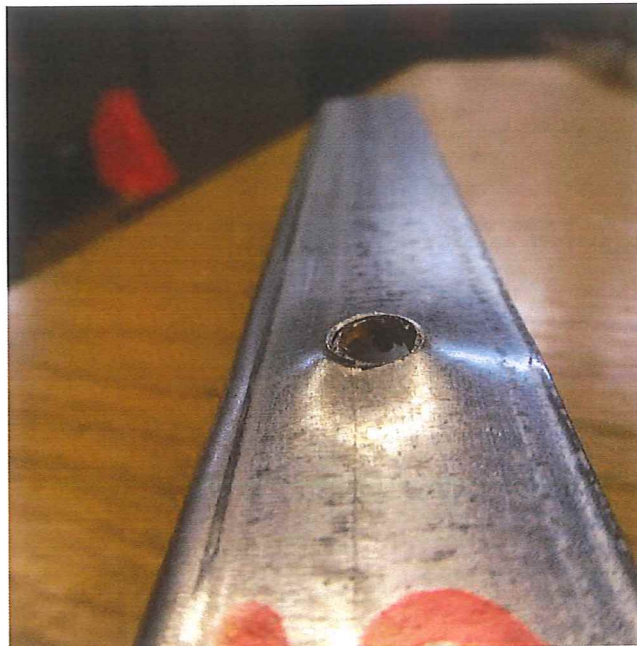


Bild 4.2 Einschiebling  $t = 2$  mm aus der Serie PK01-01 nach Versuchsende  
 $P_{\text{Trag}} = 4,19$  kN – Schraube ausgeknöpft / Foto exemplarisch

Bild 4.2 zeigt den typischen Zustand der Einschieblinge bei Versuchsende nach Erreichen der Auszugstragfähigkeit der Hilti-Schrauben: plastisches Beulen im unmittelbaren Bereich der Schraube und abgesichertes Muttergewinde. Die Schrauben wiesen gleichfalls ein einheitliches Bild bei Versuchsende und erfolgter Demontage des Probekörpers auf. Im Bereich der Einschraubtiefe waren die unteren 2 bis 3 Gewindegänge durch das Gewindefurchen abgeflacht. Ein Abscheren des Schraubengewindes trat bei keinem der Versuche der Serien PK01 bis PK10 auf.

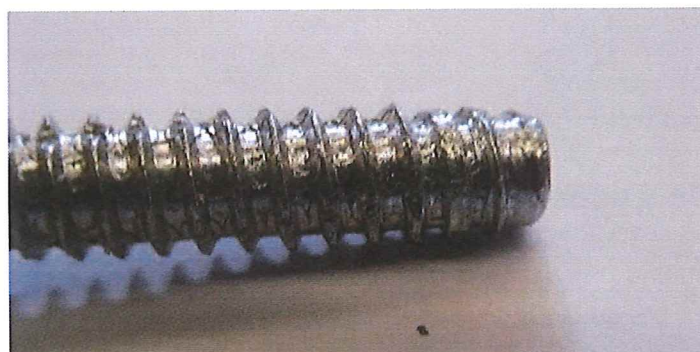


Bild 4.3 Zustand der Hilti-Schraube nach erfolgtem Ausknöpfen  
Hier Serie PK02-08 / untere Gewindegänge abgeflacht durch die gewindefurchende Eigenschaft der Schrauben / Kein Abscheren des Schraubengewindes / Foto exemplarisch

Die statistische Auswertung der Versuchsergebnisse wurde nach der Leitlinie zur Beurteilung von Baustoffen, Bauteilen und Bauarten des Deutschen Institutes für Bautechnik (DIBt), Berlin vorgenommen. Die Ermittlung der 5% Quantilen bei 75% Aussagewahrscheinlichkeit wurde stets logarithmisch-normalverteilt durchgeführt.

» RH

### Statistische Auswertung von Daten

Nach der Leitlinie des DIBt / Fassung Mai 1986

| Messwerte | Messreihe 1 | Messreihe 2 |
|-----------|-------------|-------------|
| 1         | 4.19        | 1.58        |
| 2         | 4.26        | 1.49        |
| 3         | 4.66        | 1.53        |
| 4         | 4.55        | 1.54        |
| 5         | 4.26        | 1.53        |
| 6         | 4.20        | 1.43        |
| 7         | 4.71        | 1.42        |
| 8         | 4.58        | 1.43        |
| 9         | 4.47        | 1.42        |
| 10        |             |             |
| 11        |             |             |
| 12        |             |             |
| 13        |             |             |
| 14        |             |             |
| 15        |             |             |
| 16        |             |             |
| 17        |             |             |
| 18        |             |             |
| 19        |             |             |
| 20        |             |             |
| 21        |             |             |
| 22        |             |             |
| 23        |             |             |
| 24        |             |             |
| 25        |             |             |
| 26        |             |             |
| 27        |             |             |
| 28        |             |             |
| 29        |             |             |
| 30        |             |             |
| 31        |             |             |
| 32        |             |             |
| 33        |             |             |
| 34        |             |             |
| 35        |             |             |
| 36        |             |             |
| 37        |             |             |
| 38        |             |             |
| 39        |             |             |
| 40        |             |             |
| 41        |             |             |
| 42        |             |             |
| 43        |             |             |
| 44        |             |             |
| 45        |             |             |
| 46        |             |             |
| 47        |             |             |
| 48        |             |             |
| 49        |             |             |
| 50        |             |             |
| 51        |             |             |
| 52        |             |             |
| 53        |             |             |
| 54        |             |             |
| 55        |             |             |

Ermittelt werden die 5 % - Quantilen  
bei einer Aussagewahrscheinlichkeit

von  $s = 75\%$

(möglich sind 75 %, 90 % und 95 %)

Hier:

Auszugstragfähigkeiten der Hilti S-MP 52 S 6.3 x  
64 mm gewindeschneidende Schraube

Reihe 1 - Tragfähigkeiten Serie PK01

Reihe 2 - Kernblechdicken Serie PK01

### 1. Normalverteilung

Mittelwert Messreihe 1 4.431  
Standardabweichung Reihe 1 0.206  
Variationskoeffizient delta - Reihe 1 0.046

Mittelwert Messreihe 2 1.486  
Standardabweichung Reihe 2 0.062  
Variationskoeffizient delta - Reihe 2 0.042

delta < 0,10 -> Messreihe 1 Normalverteilt auswerten

delta < 0,10 -> Messreihe 2 Normalverteilt auswerten

5 % Quantile Messreihe 1 3.99  
5 % Quantile Messreihe 2 1.35  
Aussagewahrscheinlichkeit  $s = 75\%$

### 2. logarithmische Normalverteilung

log. Mittelwert Messreihe 1 1.4877  
log. Standardabweichung Reihe 1 0.046

log. Mittelwert Messreihe 2 0.3950  
log. Standardabweichung Reihe 2 0.042

5 % Quantile Messreihe 1 4.01  
5 % Quantile Messreihe 2 1.36  
Aussagewahrscheinlichkeit  $s = 75\%$

### 3. Zulässige Beanspruchung

Sicherheitsbeiwert  $\gamma [-]$

keine Angabe -> Feld löschen

Normalverteilung

zulässig aus Messreihe 1

zulässig aus Messreihe 2

Log. Verteilung

zulässig aus Messreihe 1

zulässig aus Messreihe 2

Bild 4.4 Statistische Auswertung der Versuchsergebnisse der Serie PK01

Auf die Wiedergabe der weiteren statistischen Auswertungen wird verzichtet. Folgend werden die maßgeblichen Ergebnisse dargestellt.



Bei dem Versuch der Serie PK03-03 war der Einschiebling mit  $t = 2 \times 2 \text{ mm}$  fehlerhaft in den Blendrahmenquerschnitt eingebaut worden.

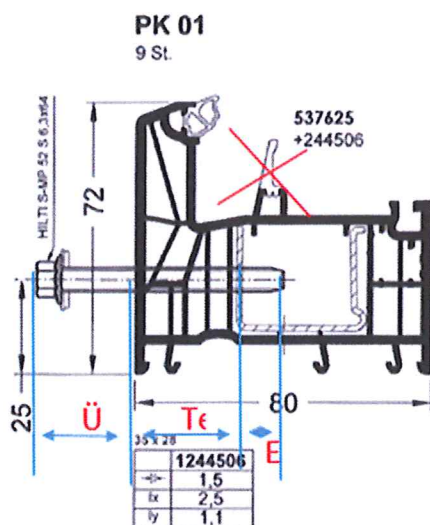


Bild 4.5 Fehlerhaft eingebauter Einschiebling bei dem Versuch PK03-03

Die Versuchsergebnisse dieses Versuchs wurden bei der statistischen Auswertung nicht berücksichtigt.

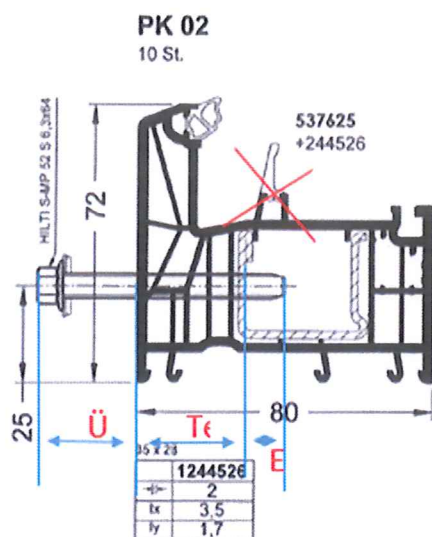
Ab der Serie PK03-03 wurde die Anzahl der Probekörper von 10 auf 5 reduziert, da aufgrund der bisher erzielten Ergebnisse davon ausgegangen werden konnte, dass die Versagensmechanismen (Ausknöpfen / Versagen des Muttergewindes) auch bei den anstehenden Serien auftreten würden. Dies wurde im Verlauf der weiteren Versuche bestätigt.

Folgend werden die Versuchsergebnisse nach Serie zusammengefasst dargestellt. Mit UEW wird der **Untere Erwartungswert** (5% Quantile bei  $s = 75 \%$ ) bezeichnet.

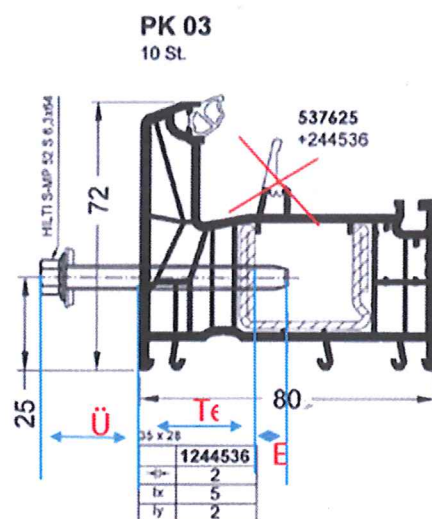


|                               |            |
|-------------------------------|------------|
| Traglast UEW [kN]             | 4.01       |
| mittlere Kernblechdicke [mm]  | 1.49       |
| Versagensart [-]              | Ausknöpfen |
| Blechdicke Einschiebling [mm] | 1.5        |

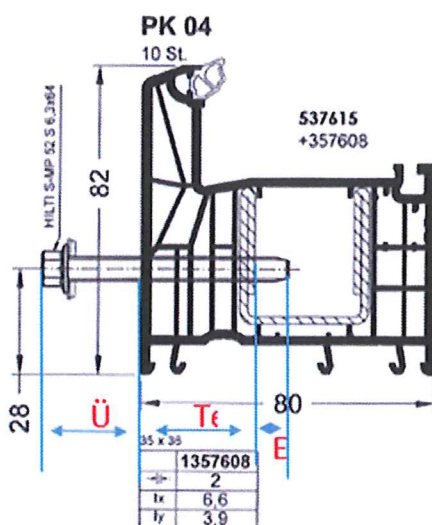




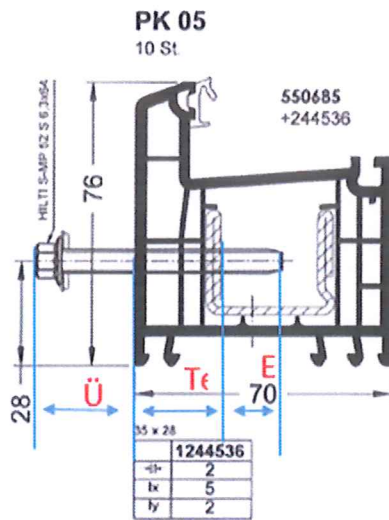
|                               |            |
|-------------------------------|------------|
| Traglast UEW [kN]             | 5.27       |
| mittlere Kernblechdicke [mm]  | 2.03       |
| Versagensart [-]              | Ausknöpfen |
| Blechdicke Einschiebling [mm] | 2          |



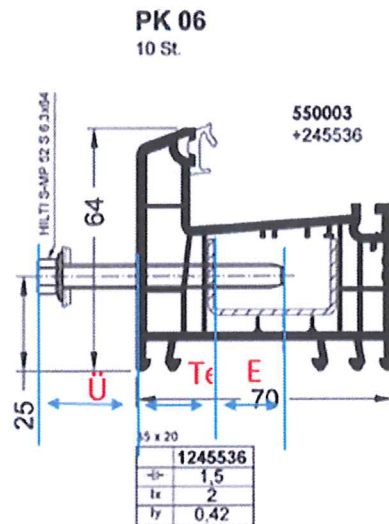
|                               |            |
|-------------------------------|------------|
| Traglast UEW [kN]             | 9.59       |
| mittlere Kernblechdicke [mm]  | 4.17       |
| Versagensart [-]              | Ausknöpfen |
| Blechdicke Einschiebling [mm] | 2 x 2      |



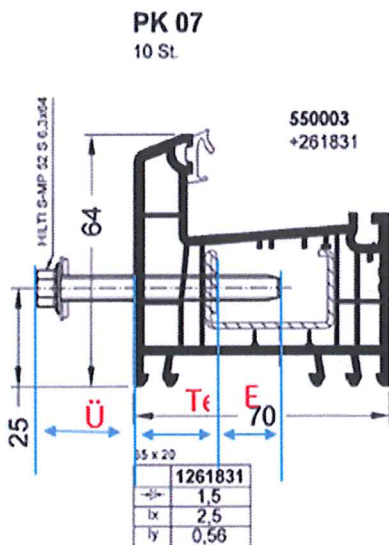
|                               |            |
|-------------------------------|------------|
| Traglast UEW [kN]             | 8.94       |
| mittlere Kernblechdicke [mm]  | 4.09       |
| Versagensart [-]              | Ausknöpfen |
| Blechdicke Einschiebling [mm] | 2 x 2      |



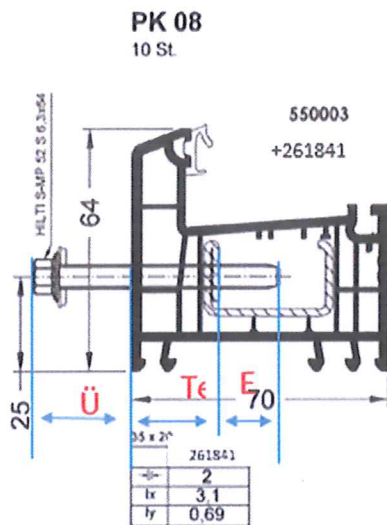
|                               |            |
|-------------------------------|------------|
| Traglast UEW [kN]             | 9.69       |
| mittlere Kernblechdicke [mm]  | 4.16       |
| Versagensart [-]              | Ausknöpfen |
| Blechdicke Einschiebling [mm] | 2 x 2      |



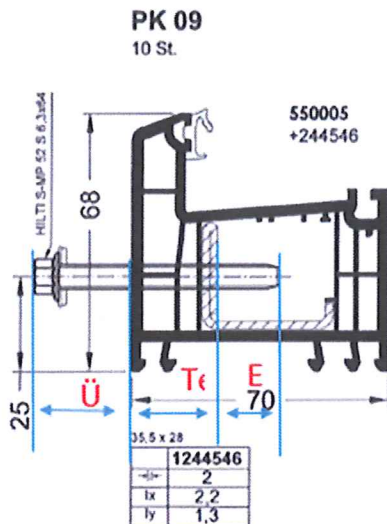
|                               |            |
|-------------------------------|------------|
| Traglast UEW [kN]             | 3.88       |
| mittlere Kernblechdicke [mm]  | 1.45       |
| Versagensart [-]              | Ausknöpfen |
| Blechdicke Einschiebling [mm] | 1.5        |



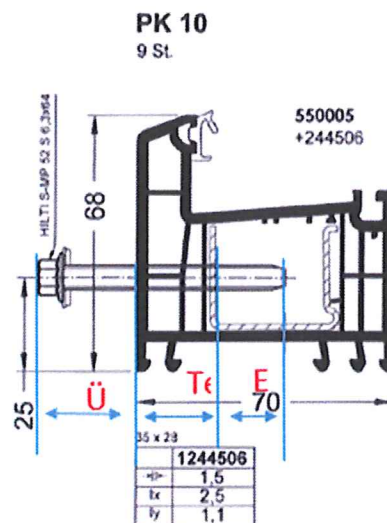
|                               |            |
|-------------------------------|------------|
| Traglast UEW [kN]             | 6.03       |
| mittlere Kernblechdicke [mm]  | 2.99       |
| Versagensart [-]              | Ausknöpfen |
| Blechdicke Einschiebling [mm] | 2 x 1.5    |



|                               |            |
|-------------------------------|------------|
| Traglast UEW [kN]             | 8.96       |
| mittlere Kernblechdicke [mm]  | 4.17       |
| Versagensart [-]              | Ausknöpfen |
| Blechdicke Einschiebling [mm] | 2 x 2      |



|                               |            |
|-------------------------------|------------|
| Traglast UEW [kN]             | 8.38       |
| mittlere Kernblechdicke [mm]  | 3.90       |
| Versagensart [-]              | Ausknöpfen |
| Blechdicke Einschiebling [mm] | 2 x 2      |



|                               |            |
|-------------------------------|------------|
| Traglast UEW [kN]             | 3.82       |
| mittlere Kernblechdicke [mm]  | 1.4        |
| Versagensart [-]              | Ausknöpfen |
| Blechdicke Einschiebling [mm] | 1.5        |



Die Versuche bestätigen, dass die Auszugstragfähigkeiten der Schrauben im Wesentlichen von der durchgeschraubten Blechdicke und den Eigenschaften der Schraube (Durchmesser, Gewindegeometrie, Zugfestigkeit) bestimmt werden. Der Einfluß der Steifigkeit  $E \times I$  der Einschieblinge auf die Auszugstragfähigkeit ist vernachlässigbar. Die Geometrien der Einschieblinge und die Lagerbedingungen des durchgeschraubten Bleches belegen dies.

Somit können die Versuchsergebnisse in Abhängigkeit der durchgeschraubten Blechdicken wie in der folgenden Tabelle dargestellt zusammengefasst werden. Hierzu wurden alle zu einer Blechdicke zugehörigen Versuchsergebnisse als Gesamtheit erneut statistisch ausgewertet.

| Gruppiert nach Blechdicke          |            |            |            |            |
|------------------------------------|------------|------------|------------|------------|
| Traglast UEW [kN]                  | 3.95       | 5.27       | 6.03       | 8.9        |
| mittlere Kernblechdicke [mm]       | 1.45       | 2.03       | 2.99       | 3.92       |
| Versagensart [-]                   | Ausknöpfen | Ausknöpfen | Ausknöpfen | Ausknöpfen |
| Nenn-Blechdicke Einschiebling [mm] | 1.5        | 2          | 2 x 1.5    | 2 x 2      |

Bild 4.6 Auszugstragfähigkeiten UEW [kN] nach durchgeschraubten Blechdicken

Die in den Anlagen zur jeweiligen Serie beigefügten Last-Verformungskurven zeigen einen qualitativ ähnlichen Verlauf. Aufgezeichnet wurde der Kolbenhub der Prüfmaschine, daher sollten die Verformungen nur zur Beurteilung des Versuchsablaufs, nicht aber für die Bestimmung von Dehnungszuständen o.Ä. herangezogen werden. Aus den für derartige Versuche typischen Kurven ist sehr gut ersichtlich, bei welcher Laststufe in dem Stahlquerschnitt des Einschieblings die Fließgrenze des Stahls überschritten wurde. Exemplarisch werden die zusammengefassten Kurven der Serie PK03 dargestellt.

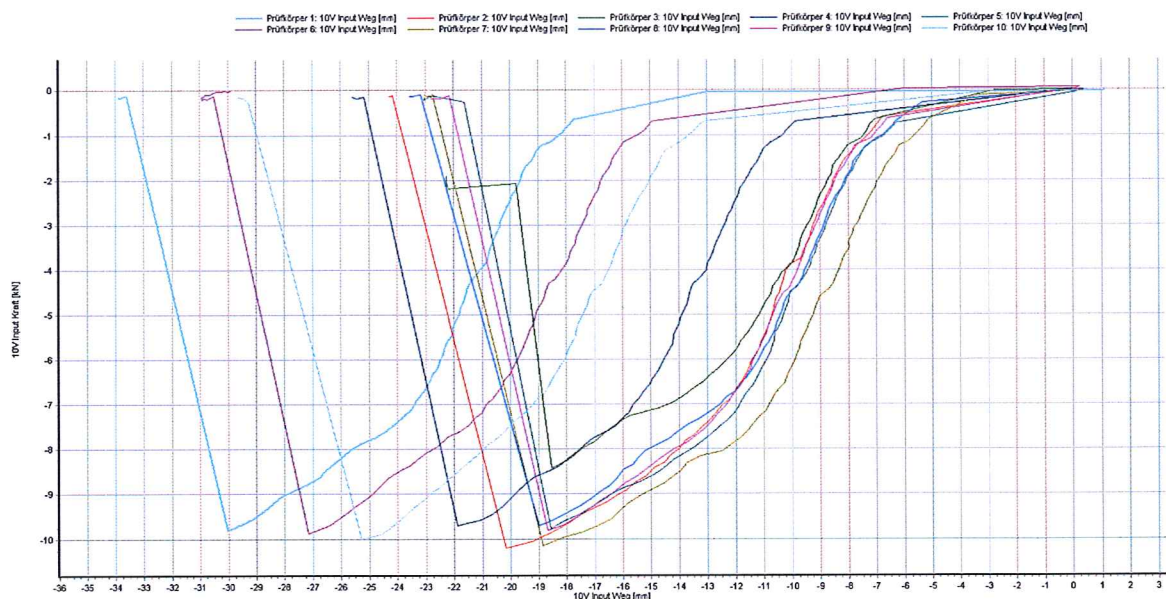


Bild 4.7 Last-Verformungskurven der Versuchsserie PK03 unter zentrischem Zug.  
Weitere Kurven s. jeweilige Anlage

#### 4.2 Zugversuche unter exzentrischem Zug – Systeme PK02, PK06, PK07 und PK09

Die Versuche an den Probekörpern aus den Serien: PK02 –  $t_{\text{Einschiebling}} = 2 \text{ mm}$ , PK06 –  $t_{\text{Einschiebling}} = 1,5 \text{ mm}$ , PK07 –  $t_{\text{Einschiebling}} = 2 \times 1,5 \text{ mm}$  ergaben stets ein Ausknöpfen der HiltiS-MP 52 S 6,3 x 64 mm gewindeformenden Schraube.

Versuchsaufbau und ausführliche Fotodokumentationen zu den einzelnen Versuchen enthalten die Anlagen.

Bei Laststeigerung hob der Probekörper (Blendrahmenprofil und Skyforce-Profil) von dem Aufspannbock des Versuchsaufbaus ab. Aufgrund der relativ hohen Lasten, die das System aufnehmen kann, plastizierte der Einschiebling und der Probekörper lag bei Versuchsende nicht mehr vollständig auf dem Aufspannbock auf – vgl. Bild 4.8.

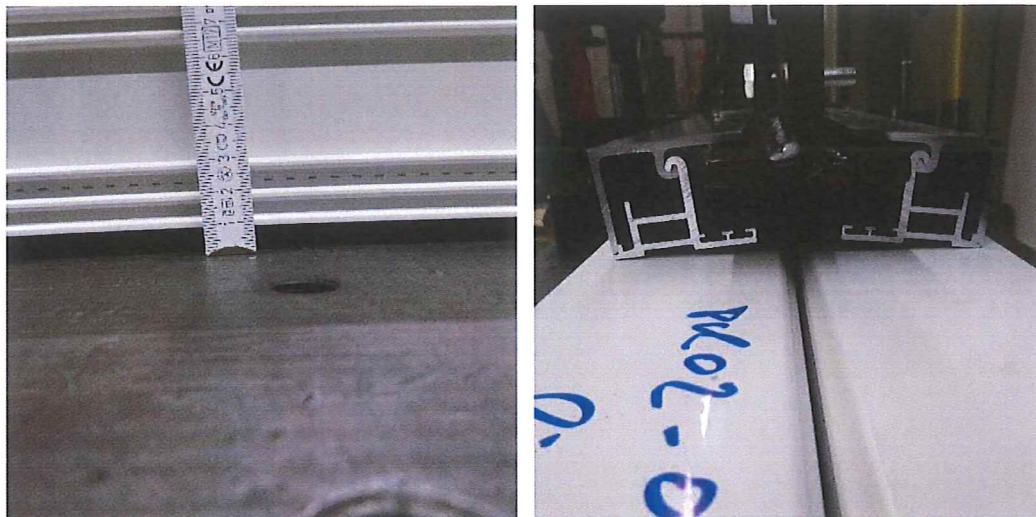


Bild 4.8 Links: Verformter Probekörper bei Laststeigerung während des Versuchs  
Hier am Beispiel PK07-03 / bei Versuchsende bleibende Verformung.  
Rechts: Verkantung des Skyforceprofils / Hier am Beispiel PK02-03

Überlagert wurde die Verformung des Blendrahmens durch die aus der exzentrischen Lasteinleitung in das Skyforceprofil entstehenden Verkantung des Skyforceprofils, wie in Bild 4.8 rechts dargestellt. Bei hohen Laststufen kam es durch die Schrägstellung des Gurtes vereinzelt zu einem geringen Durchrutschen des Lasteinleitungsprofils. Dies wird in den Last-Verformungskurven durch Sprünge im Kurvenverlauf kenntlich.

Die mit den vier benutzten Meßfühlern (s. Versuchsprotokolle) aufgezeichneten Meßwerte, erlauben das Ausarbeiten von Last-Verformungskurven die die Gesamtverformung, die Verformung des Rahmenprofils und die Verformung des Skyforceprofils darstellen. Die Verformung des Skyforceprofils ist im Wesentlichen das plastische Beulen des Einschraubbereichs des Einschieblings. An den Skyforce-Profilen wurde nach Versuchsende keine bleibenden Verformungen festgestellt.

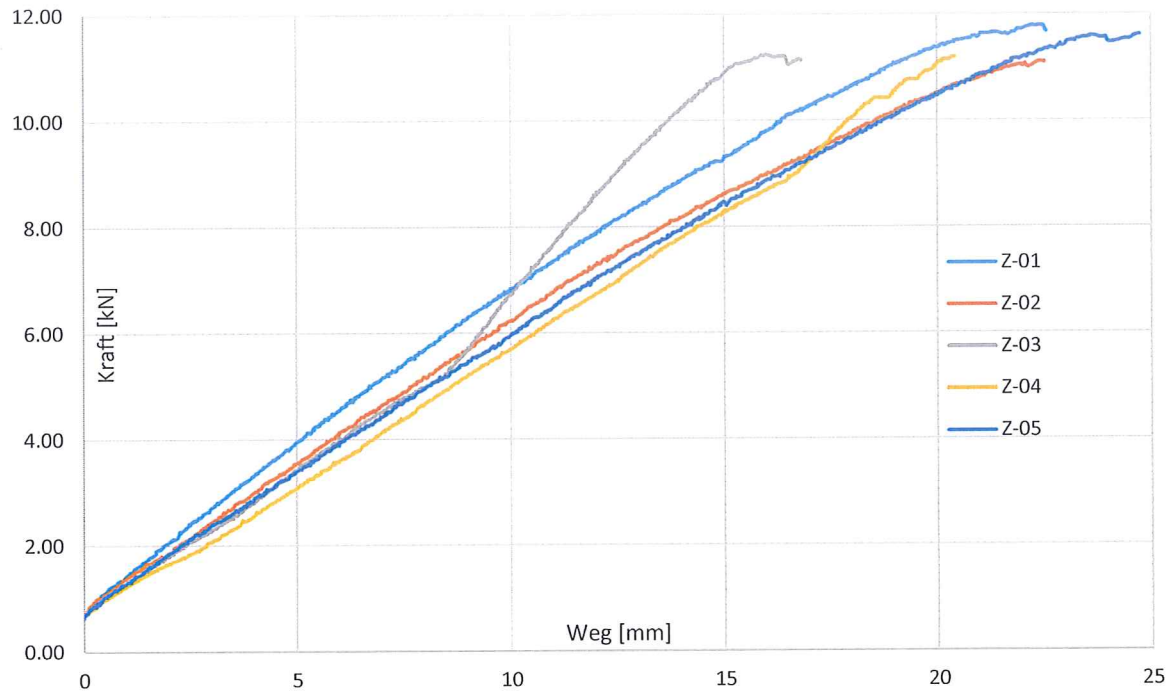
Die in den Anlagen beigegefügt Last-Verformungskurven zeigen qualitativ einheitliche, gleichmäßige Verläufe aus denen die einzelnen Bestandteile der Bauart und deren Tagverhalten abgeleitet werden kann.

Folgend werden beispielhaft die Last-Verformungskurven für die Versuchsserie PK07 dargestellt. Die angetragenen Kurven gelten für beide Probekörper als Gesamtsystem.



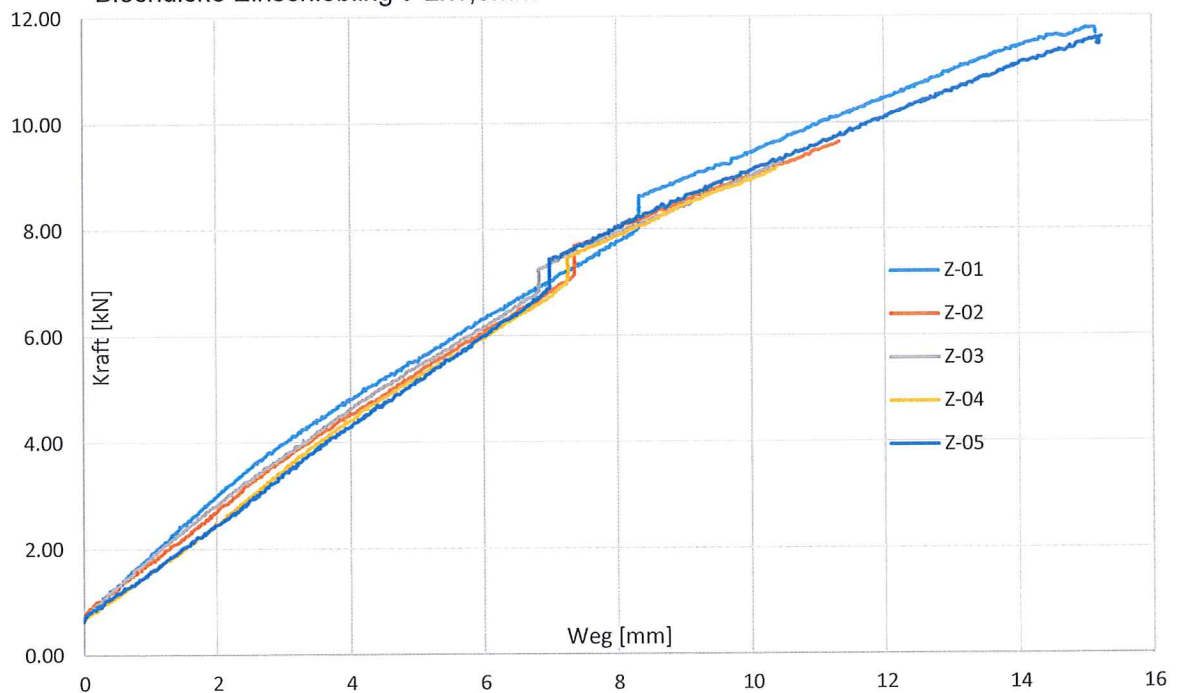
PK07 System Lastverformungskurve **gesamt**

Blechdicke Einschiebling  $t=2 \times 1,5 \text{ mm}$



PK07 System Lastverformungskurve **Blendrahmen**

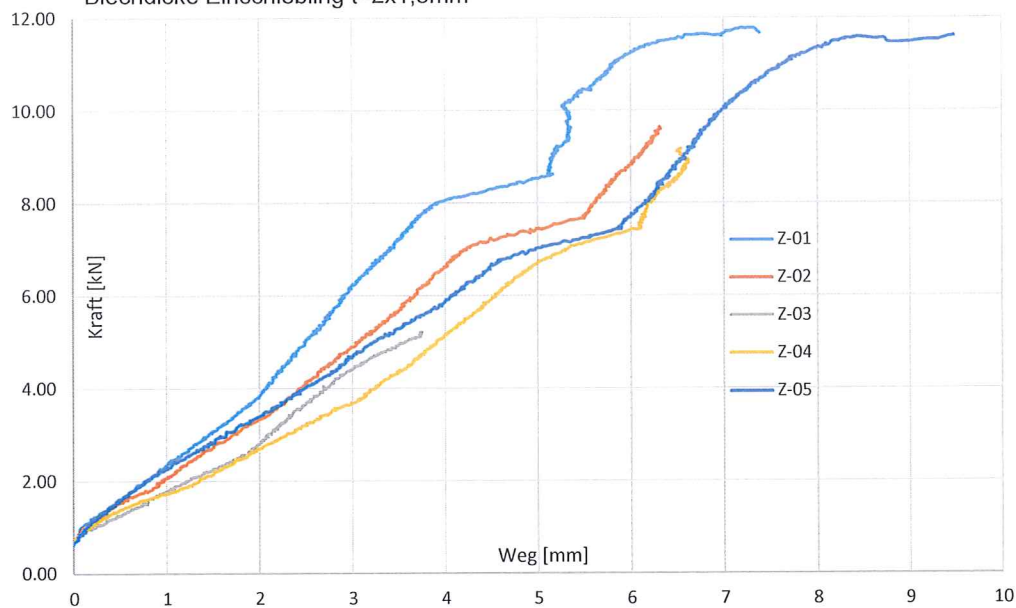
Blechdicke Einschiebling  $t=2 \times 1,5 \text{ mm}$





PK07 System Lastverformungskurve Aluprofil Skyforce

Blechdicke Einschiebling  $t=2 \times 1,5 \text{ mm}$



Bilder 4.9

Last-Verformungskurven der Prüfsérie System PK07

Bei den Versuchen am **System PK09** –  $t_{\text{Einschiebling}} = 2 \times 2 \text{ mm}$  – versagte jeweils das Skyforceprofil. Der Schraubenkopf der Hilti S-MP 52 S 6,3x64 mm gewindefurchenden Schraube knöpfte in das Grundprofil ein bzw. durch. Daher sind die erreichten System-Traglasten geringer als die reinen Auszugstragfähigkeiten und stellen die Traglast des Skyforce-Profiles in Kombination mit der Hilti S-MP 52 S 6,3x64 mm gewindefurchenden Schraube unter axialem Zug dar. Bei den Versuchen mit zentrischem Zug war ein UEW von  $P_{\text{Trag}} = 8,90 \text{ kN}$  für die Blechdicke  $2 \times 2 \text{ mm}$  ermittelt worden. Die Versagenslasten bei den Systemversuchen PK09 lagen in der Größenordnung  $6,60 - 7,27 \text{ kN}$ . Der UEW aus diessen Versuchen wurde zu  $P_{\text{Trag}} = 6,15 \text{ kN}$  ermittelt. Dies sind rund 70% der Auszugstragfähigkeit bei zentrischem Zug.

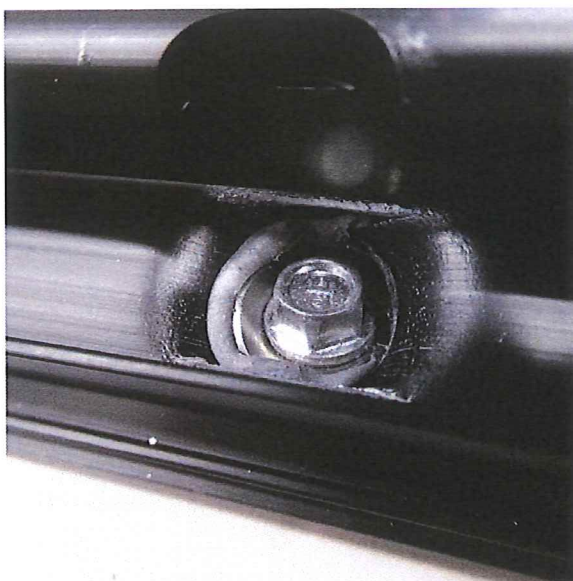


Bild 4.10 Probekörper System PK09-03 bei Versuchsende  
 $P_{\text{Trag}} = 7,27 \text{ kN}$ .  
Schraubenkopf und Scheibe in das Grundprofil des Skyforceprofils eingeknöpft-

Die statistische Auswertung - Ermittlung der UEW und Zusammenstellung nach durchgeschau-  
bten Blechstärken ergibt folgende Werte:

| Zusammenfassung der Versuche unter exzentrischem Zug |                          |      |      |          |
|------------------------------------------------------|--------------------------|------|------|----------|
| Nr./System                                           | Traglast $F_{Trag}$ [kN] |      |      |          |
|                                                      | PK02                     | PK06 | PK07 | PK09     |
| 01                                                   | 5.05                     | 3.83 | 5.89 | 6.64     |
| 02                                                   | 5.42                     | 3.66 | 5.54 | 6.78     |
| 03                                                   | 5.20                     | 3.53 | 5.60 | 7.27     |
| 04                                                   | 4.60                     | 3.29 | 5.58 | 7.22     |
| 05                                                   | 5.16                     | 3.57 | 5.80 | 6.60     |
| UEW                                                  | 4.37                     | 3.11 | 5.32 | 6.15 (*) |

| Gruppiert nach Blechdicke |                                   |      |         |              |
|---------------------------|-----------------------------------|------|---------|--------------|
| Nenn-Blechdicke [mm]      | 1.5                               | 2    | 2 x 1.5 | 2 x 2        |
| Traglast UEW [kN]         | 3.11                              | 4.37 | 5.32    | 6.15         |
| Versagensart [-]          | Ausknöpfen Schraube-Einschiebling |      |         | Skyforce (*) |

(\*) Einknöpfen des Schraubenkopfes in das Skyforce-Grundprofil

Bild 4.11

Auswertung und Zusammenstellung der Versuchsergebnisse  
Exzentrischer Zug an den Systemen – PK02, PK06, PK07 und PK09

Aus den bisherigen Ergebnissen können folgende Auszugstragfähigkeiten für das System:  
OnLevel Skyforce Profil + Rehau Kunststoffrahmen mit Stahleinschiebling + Hilti S-MP 52 S  
6,3 x 64 mm, angegeben werden:

| Auszugstragfähigkeiten - Gruppiert nach Blechdicke |      |      |         |       |
|----------------------------------------------------|------|------|---------|-------|
| Nenn-Blechdicke [mm]                               | 1.5  | 2    | 2 x 1.5 | 2 x 2 |
| Traglast UEW [kN]                                  | 3.11 | 4.37 | 5.32    | 6.15  |

Bild 4.12

Vorläufige Auszugstragfähigkeiten  
Skyforce + Rehau-Blendrahmen + Hilti gewindefurchende Schraube

Die vorstehenden Werte gelten nur in Verbindung mit den für die Einschieblinge ermittelten  
Zugfestigkeiten.

Für die Festlegung allgemeingültiger Auszugstragfähigkeiten des Systems in Abhängigkeit  
der Zugfestigkeit der in den Kunststoffprofilen eingebauten Einschieblingen aus Stahl  
DX51D, sind rechnerische Kontrollen bzw. Nachweise erforderlich.



#### 4.3 Rechnerische Untersuchung der Auszugstragfähigkeiten.

Da eine direkte Zuordnung der gelieferten Stahlcoils zu den in den Rahmen verbauten Einschieblingen nicht möglich war, wurden die Normproben für die Ermittlung der Zugfestigkeit aus den Einschieblingen der Probekörper mittels Wasserstrahlschneiden herausgearbeitet.



Bild 4.13 Mit Wasserstrahlschneiden aus den Einschieblingen der Probekörper hergestellte Normproben

Anhand der auf den Einschieblingen vorhandenen Prägungen war ersichtlich, dass für die Serien PK01 und PK10 sowie für die Serien PK03 und PK05 die Einschieblinge aus dem gleichen Material hergestellt worden waren.

|                                    |                                     |                                    |                                 |                                    |
|------------------------------------|-------------------------------------|------------------------------------|---------------------------------|------------------------------------|
| S-01 REHAU 1244506<br>12 L 06 / 19 | S-02 REHAU 1244526<br>111 L 02 / 19 | S-03 REHAU<br>1244536111 L 10 / 18 | S-04 REHAU<br>1357608 A 10 / 17 | S-05 REHAU<br>1244536111 L 10 / 18 |
|                                    |                                     |                                    |                                 |                                    |
| 35x28x1,5mm                        | 35x28x2mm                           | 35x28x2mm                          | 35x36x2mm                       | 35x28x2mm                          |

|                                 |                                 |                                 |                                   |                                     |
|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------------|
| S-06 REHAU 1245536 B<br>01 / 18 | S-07 REHAU<br>1261831 B 12 / 17 | S-08 REHAU 1261841 P<br>02 2015 | S-09 REHAU<br>1244546 P 02 / 2019 | S-10 REHAU<br>12445061112 L 06 / 19 |
|                                 |                                 |                                 |                                   |                                     |
| 35x20x1,5mm                     | 35x20x1,5mm                     | 35x20x2mm                       | 35,5x28x2mm                       | 35x28x1,5mm                         |

Bild 4.14 Prägungen der Einschieblinge



Die Ermittlung der Zugfestigkeiten der Einschieblinge wurde von der TÜV Rheinland Industrie Service GmbH in der Zeit vom 19.11.2019 bis zum 16.12.2019 vorgenommen. Die Versuchsergebnisse sind in den Anlagen enthalten. Stellvertretend wird folgend das Ergebnis für die Serie PK10 dargestellt.

| Serie: S-10 Rehau 1244506 1112 L 06 / 19 |            |                               |                          |                              |
|------------------------------------------|------------|-------------------------------|--------------------------|------------------------------|
| Versuch                                  | Probe      | Zugfestigkeit<br>$R_m$<br>MPa | Bruchdehnung<br>$A$<br>% | Prägung<br>im<br>Prüfbereich |
| 1                                        | 1          | 455                           | 11,4                     | Ja                           |
| 2                                        | 2          | 445                           | 9,8                      | Ja                           |
| 3                                        | 3          | 445                           | 9,9                      | Ja                           |
| 4                                        | 4          | 452                           | 9,9                      | Ja                           |
| 5                                        | 5          | 458                           | 14,6                     | Ja 1/2                       |
|                                          | Mittelwert | 451                           | 11                       |                              |

Bild 4.15 Ermittlung der Zugfestigkeit und der Bruchdehnung für den DX51D der in den Kunststoffrahmen eingebauten Einschieblingen.

Die Serien PK01, PK04 und PK10 erfüllen nicht die Anforderung der DIN EN 10346 an die Bruchdehnung eines DX51D von mindestens 22%. Die ermittelten Zugfestigkeiten liegen in dem von der DIN EN 10346 geforderten Bereich.

Die Ermittlung der 5% Quantilen für die Zugfestigkeiten ergibt:

| Zugfestigkeit $R_m$ |                                  |                                         |                 |
|---------------------|----------------------------------|-----------------------------------------|-----------------|
| Serie<br>[Nr]       | $R_{UM}$<br>[N/mm <sup>2</sup> ] | $R_{UEW - 5\%}$<br>[N/mm <sup>2</sup> ] | $A_{80}$<br>[%] |
| PK01                | 459                              | 456                                     | 17              |
| PK02                | 397                              | 392                                     | 32              |
| PK03                | 471                              | 468                                     | 23              |
| PK04                | 484                              | 416                                     | 15              |
| PK05                | 471                              | 468                                     | 23              |
| PK06                | 439                              | 434                                     | 24              |
| PK07                | 423                              | 411                                     | 29              |
| PK08                | 375                              | 373                                     | 34              |
| PK09                | 423                              | 386                                     | 29              |
| PK10                | 451                              | 437                                     | 11              |

$R_{UM}$  Mittelwert

$R_{UEW - 5\%}$  5% Quantile mit  $s=75\%$

Bild 4.16 Ermittlung der 5% Quantilen der Zugfestigkeiten der eingebauten Einschieblinge aus DX51D

Mit dem in [8] erarbeiteten Berechnungsverfahren kann auf der Grundlage der Zugfestigkeiten des Muttergewindes und den Kennwerten der Schraube eine rechnerische Ermittlung der Auszugstragfähigkeit gewindefurchender Schrauben vorgenommen werden.

Die für die Berechnung benötigten Angaben sind:

$d_g$  = Gewindeaussendurchmesser [mm]

$P$  = Gewindesteigung [mm]

$d_k$  = Kerndurchmesser [mm]

$\alpha$  = Flankenwinkel =  $60^\circ$  ?

$c$  = Abflachung des Gewindeprofiles  $\rightarrow$  meistens im Bereich 0.1 bis 0.15 mm (DIN EN ISO 1478)

$b$  = Basis des Gewindeprofiles =  $((d_g - d_k) \cdot \tan(\alpha/2)) + c$  / mit  $\alpha = 60$  meistens

$d_L$  = Kernlochdurchmesser des Muttergewindes [mm] - bei gewindefurchenden Schrauben  $\phi$  Vorbohrung

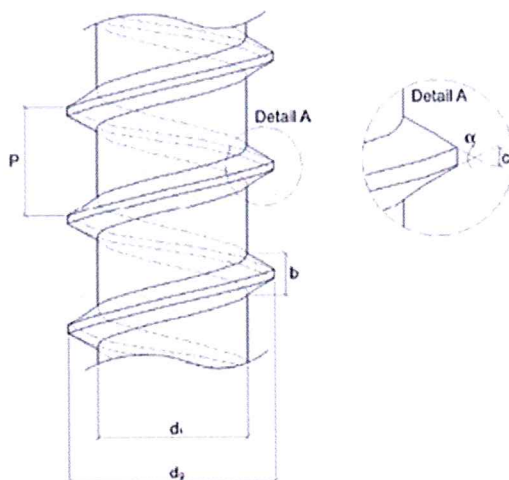
$R_{m,SG}$  = Zugfestigkeit des Schraubenwerkstoffes [N/mm<sup>2</sup>]

$R_{m,min}$  = garantierte Mindestzugfestigkeit des Werkstoffes des Muttergewindes [N/mm<sup>2</sup>]

$t$  = garantierte Mindestkernblechdicke Muttergewinde

©RH

### Ermittlung der Auszugstragfähigkeit gewindefurchender Schrauben [Dissertation Roderich Hettmann / 2006 TH Karlsruhe]



#### Angaben zur Schraube

hier: HILTI S-MP 52 S 6.3x64

|                                 |      |
|---------------------------------|------|
| $d_g$ [mm]                      | 6.3  |
| $P$ [mm]                        | 1.8  |
| $d_k$ [mm]                      | 4.55 |
| $\alpha$ [°]                    | 60   |
| $c$ [mm]                        | 0.1  |
| $R_{m,SG}$ [N/mm <sup>2</sup> ] | 500  |

#### Angaben zum Muttergewinde / Verankerungsgrund

|                                  |      |                       |
|----------------------------------|------|-----------------------|
| $d_L$ [mm]                       | 5    |                       |
| $R_{m,min}$ [N/mm <sup>2</sup> ] | 434  | Mindestzugfestigkeit  |
| $t$ [mm]                         | 1.45 | Mindestkernblechdicke |

Bild 4.17 Eingabewerte für die Ermittlung der Auszugstragfähigkeit der gewindefurchenden Schraube Hilti S-MP 52 S 6,3 x 64 mm

Die Zugfestigkeit des Schraubenwerkstoffes wurde Fa. Rehau von der Hilti AG auf Nachfrage mitgeteilt. Schrauben- und Gewindegeometrie sind in [7] dokumentiert. Der Flankenwinkel wurde zu  $60^\circ$  angenommen, da nach [8] der überwiegende Teil der Schraubengewinde gewindefurchender Schrauben mit diesem Winkel ausgeführt werden.

Die Berechnung der in Bild 4.17 angegebenen Eingabewerten ergibt:

Tragfähigkeit des Schraubengewindes

|                                    |                      |                                         |       |   |
|------------------------------------|----------------------|-----------------------------------------|-------|---|
| $\tau_{m,SG}$ [N/mm <sup>2</sup> ] | 288.7                | $\alpha$ [rad]                          | 1.047 |   |
| $\alpha_{s,SG}$ [-]                | 0.58                 | von Mises                               |       | 1 |
|                                    | 0.70                 | NiRo Schrauben nach Diss Hettmann       |       | 2 |
|                                    | 0.61                 | Schrauben aus Kohlestoffstahl nach Diss |       | 3 |
| Schraubenparameter                 | $\varphi_{EA}$ [rad] | 1.347                                   |       |   |
|                                    | $\varphi_c$ [rad]    | 0.359                                   |       |   |
| Kriterium wählen                   | 2                    | $F_{A,SG}$ [N]                          | 6070  |   |

Tragfähigkeit des Muttergewindes

|                                    |       |                           |                  |       |
|------------------------------------|-------|---------------------------|------------------|-------|
| $t_1$ [mm]                         | 0.60  | $t_2$ [mm]                | 5.00             |       |
| $\tau_{m,MG}$ [N/mm <sup>2</sup> ] | 250.6 |                           |                  |       |
| $\alpha_{s,SG}$ [-]                | 0.58  | von Mises                 |                  | 4     |
|                                    | 0.60  | Dissertation Hettmann     |                  | 5     |
| Faktor 1 für $t \leq t_1$          | 18.04 | Faktor 2 für $t \geq t_2$ | 17.87            |       |
| Faktor 1 für $t = t_1$             | 4.58  | Faktor 2 für $t = t_2$    | 84.12            |       |
| $F^*_{A,SG}$ [N]                   | 4699  | für $t \leq t_1$          | $F^*_{A,SG}$ [N] | 1193  |
| $F^*_{A,SG}$ [N]                   | 4653  | für $t \geq t_2$          | $F^*_{A,SG}$ [N] | 21904 |
| Faktor a                           | 2314  | Faktor b                  | 1.397            |       |
|                                    |       | $F^*_{A,SG}$ [N]          | n. maßg.         |       |
| Kriterium wählen                   | 5     | $F_{A,SG}$ [N]            | 3888             |       |

Abminderung zur Berücksichtigung des kombinierten Versagens

|                            |      |                    |      |
|----------------------------|------|--------------------|------|
| $V_{MG,SG}$ [-]            | 0.64 | $R(V_{MG,SG})$ [-] | 1.10 |
| Kombinierte Beanspruchung? | 1    |                    |      |

Auszugtragfähigkeit

|               |      |
|---------------|------|
| $F_{AZV}$ [N] | 3533 |
|---------------|------|

Zugbruchtragfähigkeit der Schraube

|              |      |
|--------------|------|
| $F_{ZB}$ [N] | 8130 |
|--------------|------|

Charakteristischer Wert der Beanspruchbarkeit

Empfehlung nach Hettmann

|                    |      |
|--------------------|------|
| $\Gamma_{t,k}$ [N] | 3003 |
|--------------------|------|

Bild 4.18 Rechnerische Ermittlung der Auszugtragfähigkeit für die Serie PK06 nach [8]



**S-WUE / 190351**

Am Beispiel der Ergebnisse für die Serie PK06 werden in Bild 4.18 die Ergebnisse der rechnerischen Ermittlung der charakteristischen Auszugstragfähigkeit für die Hilti S-MP 52 S 6,3 x 64 mm in einem Blech aus DX51D mit  $t_{\text{Nenn}} = 1,5 \text{ mm}$  /  $t_{\text{Kern}} = 1,45 \text{ mm}$  angezeigt.

Die Berechnung der Versuche, unter Beibehaltung der in Bild 4.17 abgebildeten Angaben zur Schraube, ergibt:

| Eingabedaten für die Berechnungen |                  |            |                         |                        |                         |
|-----------------------------------|------------------|------------|-------------------------|------------------------|-------------------------|
| Serie<br>[Bez.]                   | Rm,5%<br>[N/mm²] | tk<br>[mm] | F <sub>AZV</sub><br>[N] | F <sub>ZB</sub><br>[N] | F <sub>A,k</sub><br>[N] |
| PK06                              | 434              | 1.45       | 3533                    | 8130                   | 3003                    |
| PK10                              | 437              | 1.4        | 3488                    | 8130                   | 2998                    |
| PK01                              | 456              | 1.49       | 3788                    | 8130                   | 3220                    |
| PK02                              | 392              | 2.03       | 4784                    | 8130                   | 4067                    |
| PK07                              | 411              | 2.99       | 6614                    | 8130                   | 5622                    |
| PK08                              | 373              | 4.17       | 9016                    | 8130                   | 7664                    |
| PK09                              | 386              | 3.9        | 9266                    | 8130                   | 7856                    |
| PK04                              | 416              | 4.09       | 9820                    | 8130                   | 8346                    |
| PK05                              | 468              | 4.16       | 10410                   | 8130                   | 8848                    |
| PK03                              | 468              | 4.17       | 10410                   | 8130                   | 8848                    |

Vorstehende Ergebnisse stimmen erwartungsgemäß gut mit den Versuchsergebnissen überein (vgl. Bild 4.12). Hierbei ist zu beachten, dass bei den Systemversuchen mit 2 x 2,0 mm starken Einschieblingen (Serie PK09), nicht die Auszugstragfähigkeit der Schrauben sondern Einknöpfen der Schrauben in das Skyforce Profil die Versagensursache war. Konservativ wird der aus den Versuchen ermittelte UEW von 6150 [N] für die anschließenden Berechnungen mit dem Faktor 0,90 beaufschlagt.

Die im Folgenden abgebildeten Tabellen bzw. Bemessungsdiagramme zeigen die Auszugstragfähigkeiten der gewindefurchenden Schrauben Hilti S-MP 52 S 6,3 x 64 mm gemäß [7] in Einschieblingen aus Stahl der Wanddicke  $t_{\text{Nenn}}$  [mm] mit der Bezeichnung DX51D nach DIN EN 10346 in Abhängigkeit der Zugfestigkeit des DX51D. Die Einschraubtiefe – Überstand der Schraube in die Innenseite des Einschieblings - muss hierbei mindestens:

Einschraubtiefe  $\geq \phi_{\text{Schraube}} = 6,3 \text{ mm}$  betragen.

Weiter sind in den Tabellen die zulässigen Abstände der Befestigungsschrauben für Lagerkonstruktionen von absturzsichernden Verglasungen gemäß DIN 18008-4 / D.1 angegeben. Diese Abstände sind mindestens einzuhalten.

Die Auszugstragfähigkeiten wurden für die verschiedenen Blechdicken in Abhängigkeit der Zugfestigkeit des Muttergewindes berechnet, grafisch dargestellt und mittels einer logarithmischen bzw. polynomischen Funktion angenähert. Auf der Grundlage dieser Funktion wurde der rechnerische Auszugswert  $f(R_{m,5\%})$  nach [8] für die Systeme „exzentrischer Zug“ (Serien PK02, PK06, PK07 und PK08) bestimmt und mit dem UEW der experimentellen Untersuchungen nach Bild 4.12 ins Verhältnis gesetzt. Damit werden die Werte für zentrischen Zug näherungsweise in Systemtragfähigkeiten umgewandelt. Der sich aus dem Verhältnis ergebende Abminderungsfaktor wurde auf die berechneten Auszugstragfähigkeiten  $F_{z,k}$  bei den jeweiligen Zugfestigkeiten angewendet und die Tragfähigkeiten  $F_{z,k,\text{System}}$  in einer Kurve mit der Bezeichnung **Log.  $F_{z,k,\text{syst}}$**  bzw. **Poly.  $F_{z,k,\text{syst}}$**  aufgetragen. Die Bestimmungsgleichungen der jeweiligen Kurven wird in den Diagrammen angegeben und kann für die Berechnung der charakteristischen Auszugstragfähigkeit herangezogen werden.

| Berechnung der char. Auszugstragfähigkeit nach [8]    |                  |                 |                  |                                 |               |
|-------------------------------------------------------|------------------|-----------------|------------------|---------------------------------|---------------|
| Nennblechdicke $t = 1,5 \text{ mm}$                   |                  |                 |                  |                                 |               |
| mittlere Kernblechdicke $t_k \approx 1,46 \text{ mm}$ |                  |                 |                  |                                 |               |
| $R_{m,5\%}$<br>[N/mm <sup>2</sup> ]                   | $F_{AZV}$<br>[N] | $F_{ZB}$<br>[N] | $F_{Z,k}$<br>[N] | $F_{Z,k, \text{System}}$<br>[N] | max e<br>[mm] |
| 270                                                   | 2403             | 8130            | 2403             | 2096                            | 210           |
| 300                                                   | 2644             | 8130            | 2644             | 2306                            | 231           |
| 350                                                   | 3018             | 8130            | 3018             | 2632                            | 263           |
| 400                                                   | 3355             | 8130            | 3355             | 2926                            | 293           |
| 450                                                   | 3657             | 8130            | 3657             | 3190                            | 300           |
| 500                                                   | 3928             | 8130            | 3928             | 3426                            | 300           |
| Zugfestigkeit Serie PK06 mit $R_{m,5\%}$              |                  |                 | 434              | [N/mm <sup>2</sup> ]            |               |
| $f(R_{m,5\%} = 434 \text{ [N/mm}^2\text{)})$          |                  |                 | 3566             | [N]                             |               |
| $F_{Z,k, \text{System}}$ aus Versuchen (Bild 4.12)    |                  |                 | 3110             | [N]                             |               |
| Abminderungsfaktor                                    |                  |                 | 0.872            | [-]                             |               |

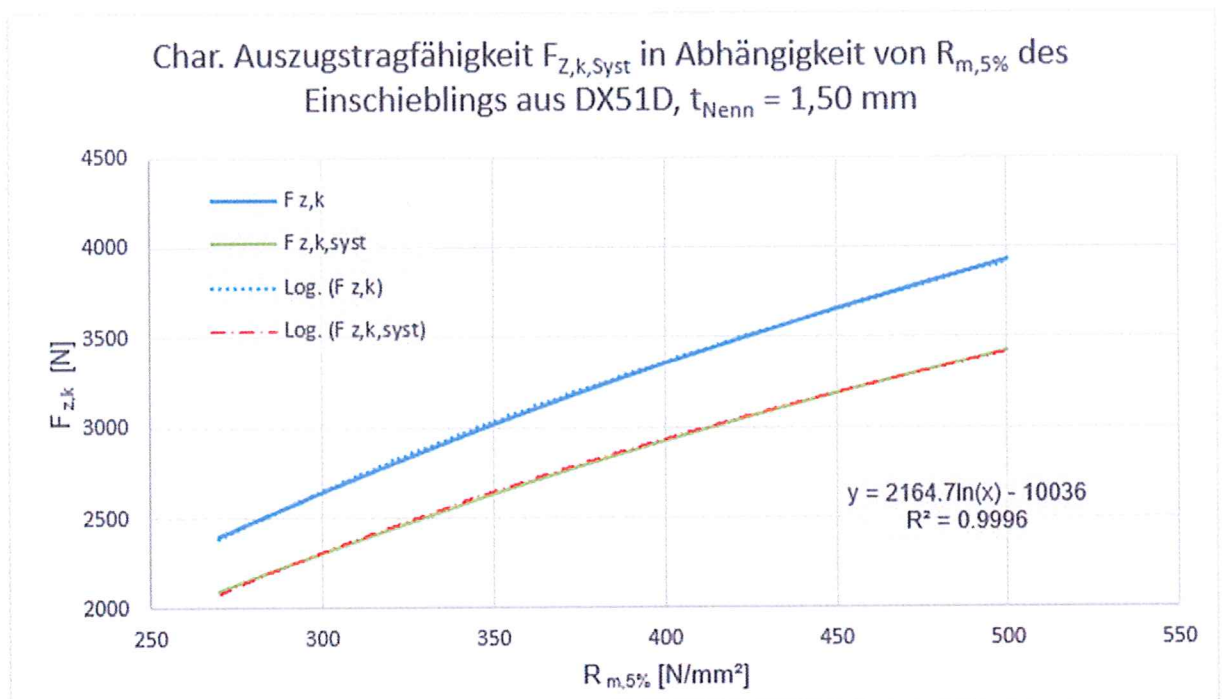


Bild 4.19 Charakteristische Auszugstragfähigkeit  $F_{Z,k}$  [N] von Hilti S-MP 52 S 6,3 x 64 mm ge-  
windefurchenden Schrauben, die in Kunststoffrahmen mit Stahleinschieblingen aus  
Stahl mit der Bezeichnung DX51D für die Befestigung von Skyforce-Profilen der  
Fa. OnLevel eingesetzt werden.

Hier: Nennblechdicke  $t_{\text{Nenn}} = 1,50 \text{ mm}$  / Einschraubtiefe  $\geq \phi_{\text{Schraube}} = 6,3 \text{ mm}$



| Berechnung der char. Auszugstragfähigkeit nach [8] |                  |                 |                  |                                 |               |
|----------------------------------------------------|------------------|-----------------|------------------|---------------------------------|---------------|
| Nennblechdicke $t = 2 \text{ mm}$                  |                  |                 |                  |                                 |               |
| mittlere Kernblechdicke $t_k = 1,96 \text{ mm}$    |                  |                 |                  |                                 |               |
| $R_{m,5\%}$<br>[N/mm <sup>2</sup> ]                | $F_{AZV}$<br>[N] | $F_{ZB}$<br>[N] | $F_{Z,k}$<br>[N] | $F_{Z,k, \text{System}}$<br>[N] | max e<br>[mm] |
| 270                                                | 3302             | 8130            | 3302             | 3149                            | 300           |
| 300                                                | 3638             | 8130            | 3638             | 3470                            | 300           |
| 350                                                | 4162             | 8130            | 4162             | 3970                            | 300           |
| 400                                                | 4638             | 8130            | 4638             | 4424                            | 300           |
| 450                                                | 5066             | 8130            | 5066             | 4832                            | 300           |
| 500                                                | 5452             | 8130            | 5452             | 5200                            | 300           |
| Zugfestigkeit Serie PK02 mit $R_{m,5\%}$           |                  |                 | 392              | [N/mm <sup>2</sup> ]            |               |
| $f(R_{m,5\%} = 392 \text{ [N/mm}^2\text{)})$       |                  |                 | 4582             | [N]                             |               |
| $F_{Z,k, \text{System}}$ aus Versuchen (Bild 4.12) |                  |                 | 4370             | [N]                             |               |
| Abminderungsfaktor                                 |                  |                 | 0.954            | [-]                             |               |

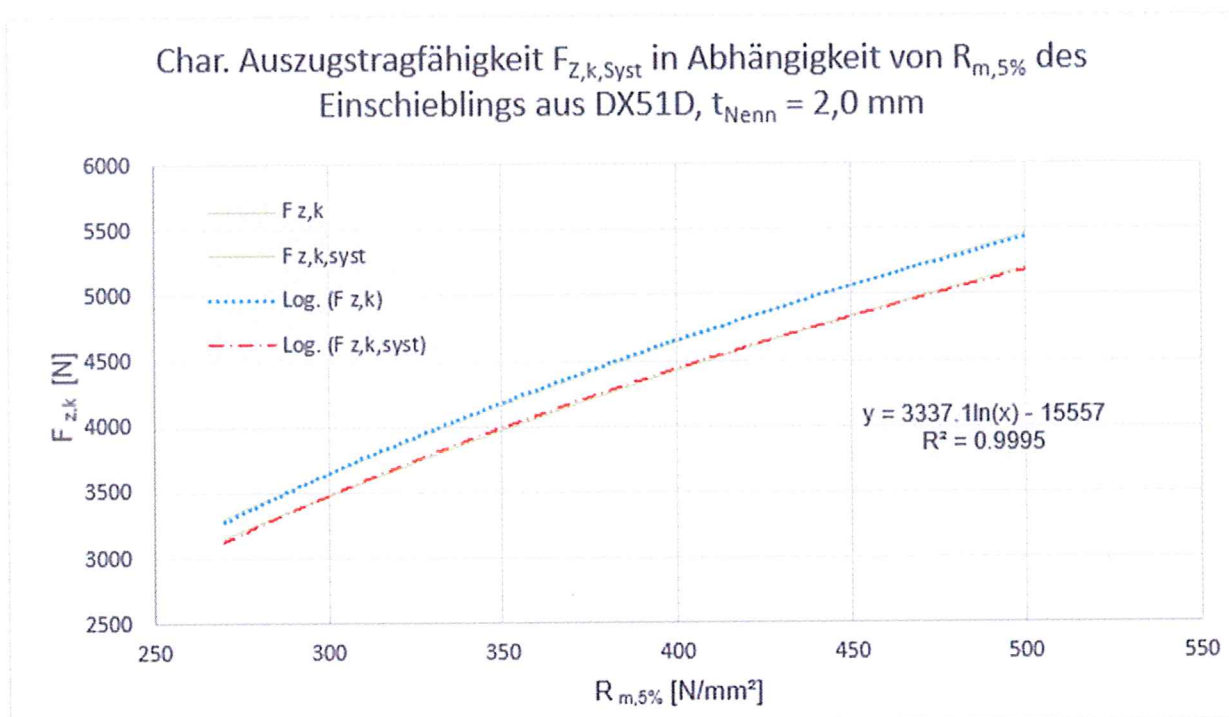


Bild 4.20 Charakteristische Auszugstragfähigkeit  $F_{Z,k}$  [N] von Hilti S-MP 52 S 6,3 x 64 mm ge-  
windefurchenden Schrauben, die in Kunststoffrahmen mit Stahleinschieblings aus  
Stahl mit der Bezeichnung DX51D für die Befestigung von Skyforce-Profilen der  
Fa. OnLevel eingesetzt werden.

Hier: Nennblechdicke  $t_{\text{Nenn}} = 2,0 \text{ mm}$  / Einschraubtiefe  $\geq \phi_{\text{Schraube}} = 6,3 \text{ mm}$



| Berechnung der char. Auszugstragfähigkeit nach [8]             |                         |                        |                         |                                |               |
|----------------------------------------------------------------|-------------------------|------------------------|-------------------------|--------------------------------|---------------|
| Nennblechdicke $t = 2 \times 1,5 \text{ mm}$                   |                         |                        |                         |                                |               |
| mittlere Kernblechdicke $t_k \approx 2 \times 1,46 \text{ mm}$ |                         |                        |                         |                                |               |
| R <sub>m,5%</sub><br>[N/mm <sup>2</sup> ]                      | F <sub>AZV</sub><br>[N] | F <sub>ZB</sub><br>[N] | F <sub>Z,k</sub><br>[N] | F <sub>Z,k,System</sub><br>[N] | max e<br>[mm] |
| 270                                                            | 4806                    | 8130                   | 4806                    | 3727                           | 300           |
| 300                                                            | 5288                    | 8130                   | 5288                    | 4100                           | 300           |
| 350                                                            | 6036                    | 8130                   | 6036                    | 4680                           | 300           |
| 400                                                            | 6710                    | 8130                   | 6710                    | 5203                           | 300           |
| 450                                                            | 7314                    | 8130                   | 7314                    | 5671                           | 300           |
| 500                                                            | 7856                    | 8130                   | 7856                    | 6091                           | 300           |
| Zugfestigkeit Serie PK07 mit R <sub>m,5%</sub>                 |                         |                        | 411                     | [N/mm <sup>2</sup> ]           |               |
| f( R <sub>m,5%</sub> = 411 [N/mm <sup>2</sup> ])               |                         |                        | 6861                    | [N]                            |               |
| F <sub>Z,k,System</sub> aus Versuchen (Bild 4.12)              |                         |                        | 5320                    | [N]                            |               |
| Abminderungsfaktor                                             |                         |                        | 0.775                   | [-]                            |               |

Char. Auszugstragfähigkeit  $F_{Z,k,Syst}$  in Abhängigkeit von  $R_{m,5\%}$  des  
Einschieblings aus DX51D,  $t_{Nenn} = 2 \times 1,50 \text{ mm}$

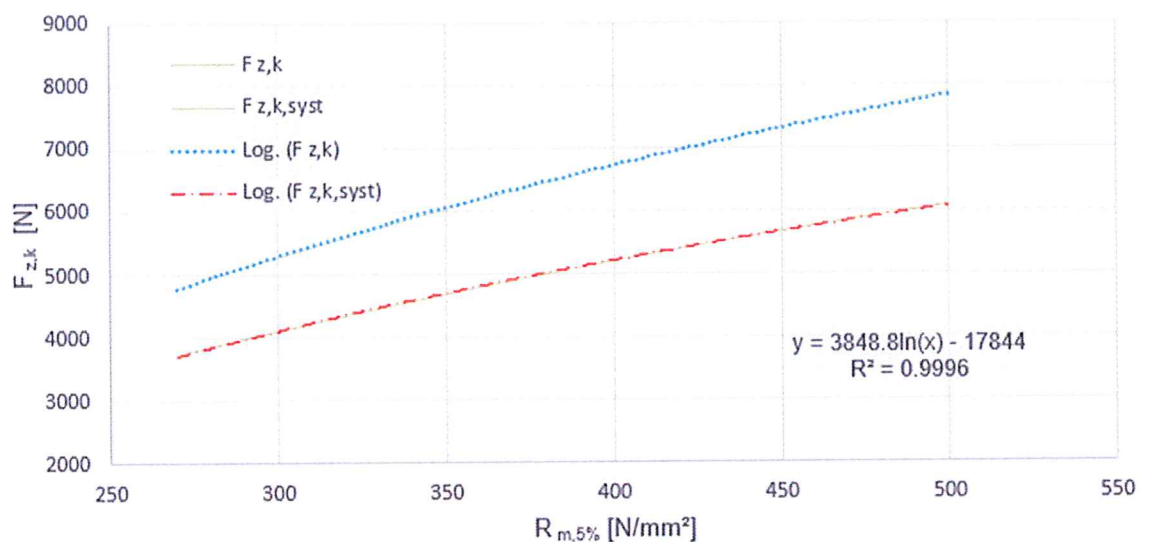


Bild 4.21 Charakteristische Auszugstragfähigkeit  $F_{Z,k}$  [N] von Hilti S-MP 52 S 6,3 x 64 mm ge  
windefurchenden Schrauben, die in Kunststoffrahmen mit Stahleinschieblings aus  
Stahl mit der Bezeichnung DX51D für die Befestigung von Skyforce-Profilen der  
Fa. OnLevel eingesetzt werden.

Hier: Nennblechdicke  $t_{Nenn} = 2 \times 1,50 \text{ mm}$  / Einschraubtiefe  $\geq \phi_{\text{Schraube}} = 6,3 \text{ mm}$

| Berechnung der char. Auszugstragfähigkeit nach [8]       |                  |                 |                  |                         |               |
|----------------------------------------------------------|------------------|-----------------|------------------|-------------------------|---------------|
| Nennblechdicke $t = 2 \times 2 \text{ mm}$               |                  |                 |                  |                         |               |
| mittlere Kernblechdicke $t_k = 2 \times 1,96 \text{ mm}$ |                  |                 |                  |                         |               |
| $R_{m,5\%}$<br>[N/mm <sup>2</sup> ]                      | $F_{AZV}$<br>[N] | $F_{ZB}$<br>[N] | $F_{Z,k}$<br>[N] | $F_{Z,k,System}$<br>[N] | max e<br>[mm] |
| 270                                                      | 6604             | 8130            | 6604             | 4756                    | 300           |
| 300                                                      | 7276             | 8130            | 7276             | 5240                    | 300           |
| 350                                                      | 8324             | 8130            | 8130             | 5855                    | 300           |
| 400                                                      | 9276             | 8130            | 8130             | 5855                    | 300           |
| 450                                                      | 10132            | 8130            | 8130             | 5855                    | 300           |
| 500                                                      | 10904            | 8130            | 8130             | 5855                    | 300           |
| Zugfestigkeit Serie PK09 mit $R_{m,5\%}$                 |                  |                 | 386              | [N/mm <sup>2</sup> ]    |               |
| $f(R_{m,5\%} = 386 \text{ [N/mm}^2\text{)})$             |                  |                 | 7685             | [N]                     |               |
| $F_{Z,k,System}$ aus Versuchen (Bild 4.12)               |                  |                 | 5535             | [N] Faktor 0.90         |               |
| Abminderungsfaktor                                       |                  |                 | 0.720            | [-]                     |               |

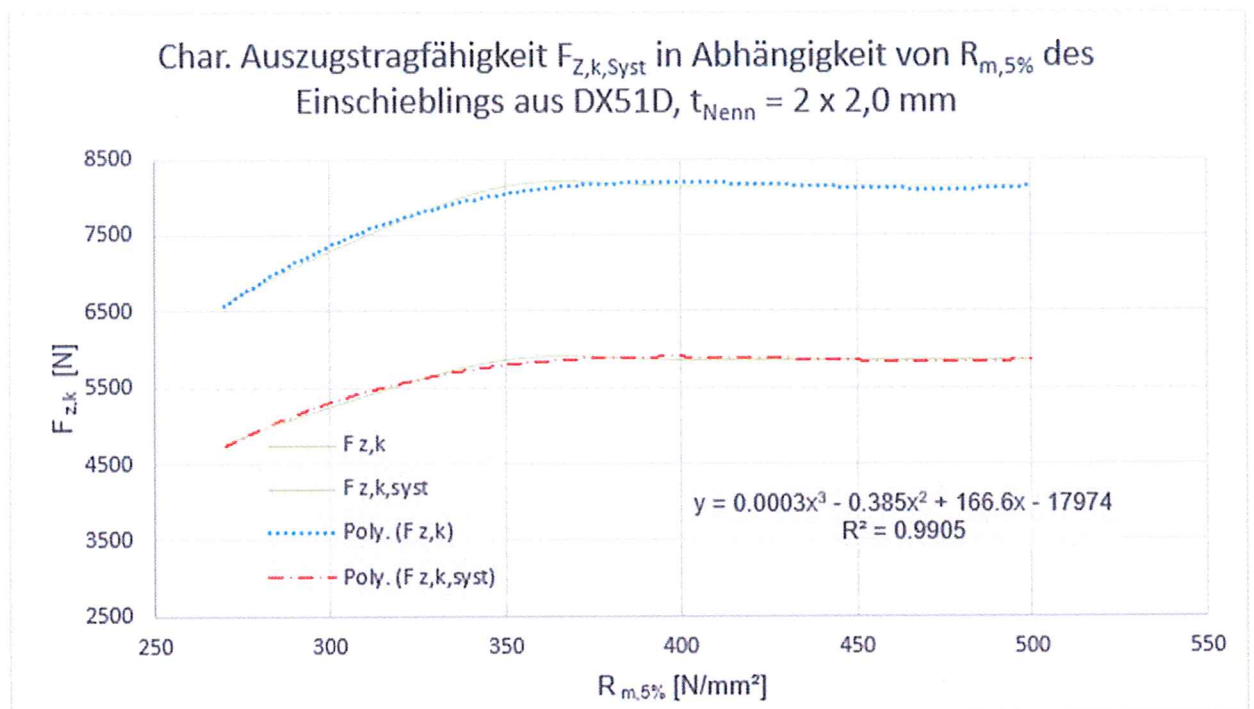
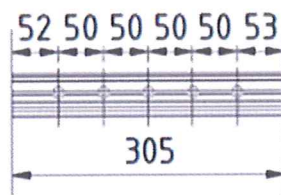


Bild 4.22 Charakteristische Auszugstragfähigkeit  $F_{Z,k}$  [N] von Hilti S-MP 52 S 6,3 x 64 mm ge-  
windefurchenden Schrauben, die in Kunststoffrahmen mit Stahleinschieblingen aus  
Stahl mit der Bezeichnung DX51D für die Befestigung von Skyforce-Profilen der  
Fa. OnLevel eingesetzt werden.

Hier: Nennblechdicke  $t_{Nenn} = 2 \times 2,0 \text{ mm}$  / Einschraubtiefe  $\geq \phi_{Schraube} = 6,3 \text{ mm}$

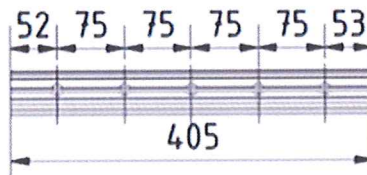
Mit den Diagrammen 4.19 bis 4.22 können die Unternehmen OnLevel und Rehau nunmehr die Tragfähigkeit des Systems Skyforce-Profil + Hilti S-MP 52 S 6,3 x 64 mm gewindefurchende Schrauben + Rehau Kunststoffrahmenprofile mit Stahleinschieblingen aus DX51D in Abhängigkeit von der Zugfestigkeit des Einschiebling-Werkstoffes für durchgeschraubte Blechdicken  $t_{\text{Nenn}} = 1,50 \text{ mm} / 2,0 \text{ mm} / 2 \times 1,50 \text{ mm}$  und  $2 \times 2,0 \text{ mm}$  ermitteln.

Übertragen auf die in [14] in Bild 8 dargestellten Skyforce-Schientypen ergeben sich bezgl. der Schraubenabstände und Schraubenanzahl je Systemhöhe folgende Korrekturen bzw. Anmerkungen:



Schiene mit  $L = 305 \text{ mm}$  / Borhbild wie abgebildet  
→ Keine Beschränkungen hinsichtlich der Anwendung  
bei absturzsichernde Verglasungen

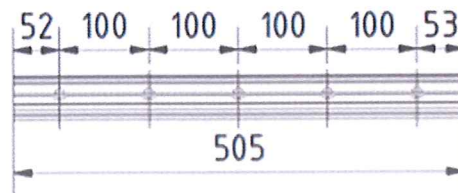
- Schienenlänge [mm]: 305
- Anzahl Schrauben [n]: 5
- Mindestauszugstragfähigkeit je Schraube [N]: 2096
- vorhandene Auszugstragfähigkeit gesamt [N]: 10480
- vorhandene Auszugstragfähigkeit [kN/m]: 34.36
- Mindestschraubenabstände: eingehalten



Schiene mit  $L = 405 \text{ mm}$  / Borhbild wie abgebildet  
→ Keine Beschränkungen hinsichtlich der Anwendung  
bei absturzsichernde Verglasungen

- Schienenlänge [mm]: 405
- Anzahl Schrauben [n]: 5
- Mindestauszugstragfähigkeit je Schraube [N]: 2096
- vorhandene Auszugstragfähigkeit gesamt [N]: 10480
- vorhandene Auszugstragfähigkeit [kN/m]: 25.88
- Mindestschraubenabstände: eingehalten

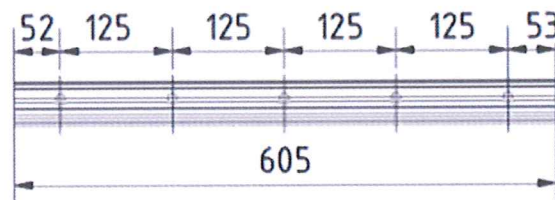




Schiene mit  $L = 505$  mm / Borhbild wie abgebildet

→ Keine Beschränkungen hinsichtlich der Anwendung  
bei absturzsichernde Verglasungen

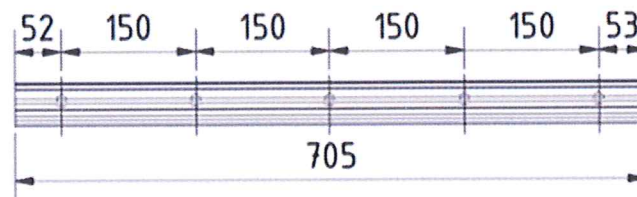
- Schienenlänge [mm]: 505
- Anzahl Schrauben [n]: 5
- Mindestauszugstragfähigkeit je Schraube [N]: 2096
- vorhandene Auszugstragfähigkeit gesamt [N]: 10480
- vorhandene Auszugstragfähigkeit [kN/m]: 20.75
- Mindestschraubenabstände: eingehalten



Schiene mit  $L = 605$  mm / Borhbild wie abgebildet

→ Keine Beschränkungen hinsichtlich der Anwendung  
bei absturzsichernde Verglasungen

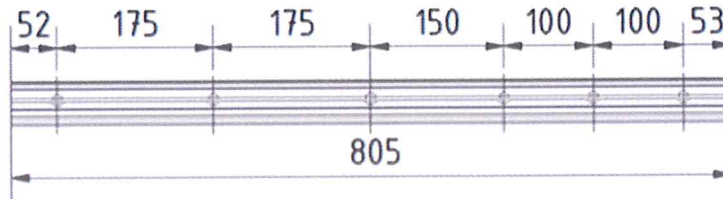
- Schienenlänge [mm]: 605
- Anzahl Schrauben [n]: 5
- Mindestauszugstragfähigkeit je Schraube [N]: 2096
- vorhandene Auszugstragfähigkeit gesamt [N]: 10480
- vorhandene Auszugstragfähigkeit [kN/m]: 17.32
- Mindestschraubenabstände: eingehalten



Schiene mit  $L = 705$  mm / Borhbild wie abgebildet

→ Keine Beschränkungen hinsichtlich der Anwendung  
bei absturzsichernde Verglasungen

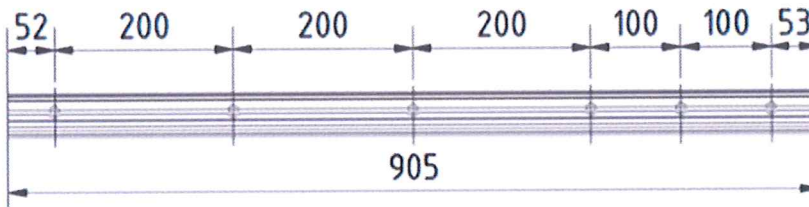
- Schienenlänge [mm]: 705
- Anzahl Schrauben [n]: 5
- Mindestauszugstragfähigkeit je Schraube [N]: 2096
- vorhandene Auszugstragfähigkeit gesamt [N]: 10480
- vorhandene Auszugstragfähigkeit [kN/m]: 14.87
- Mindestschraubenabstände: eingehalten



Schiene mit  $L = 805$  mm / Borhbild wie abgebildet

→ Keine Beschränkungen hinsichtlich der Anwendung  
bei absturzsichernde Verglasungen

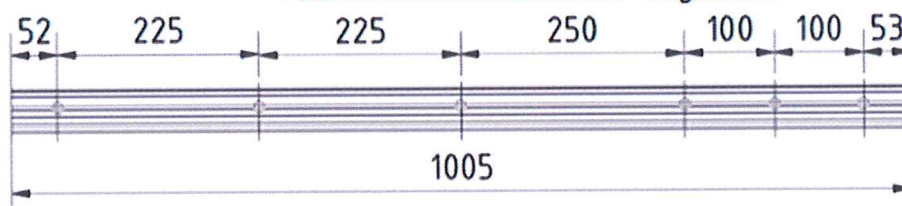
- Schienenlänge [mm]: 805
- Anzahl Schrauben [n]: 6
- Mindestauszugstragfähigkeit je Schraube [N]: 2096
- vorhandene Auszugstragfähigkeit gesamt [N]: 12576
- vorhandene Auszugstragfähigkeit [kN/m]: 15.62
- Mindestschraubenabstände: eingehalten



Schiene mit  $L = 905$  mm / Borhbild wie abgebildet

→ Keine Beschränkungen hinsichtlich der Anwendung  
bei absturzsichernde Verglasungen

- Schienenlänge [mm]: 905
- Anzahl Schrauben [n]: 6
- Mindestauszugstragfähigkeit [N]: 2096
- vorhandene Auszugstragfähigkeit gesamt [N]: 12576
- vorhandene Auszugstragfähigkeit [kN/m]: 13.90
- Mindestschraubenabstände: eingehalten



Schiene mit  $L = 1005$  mm / Borhbild wie abgebildet

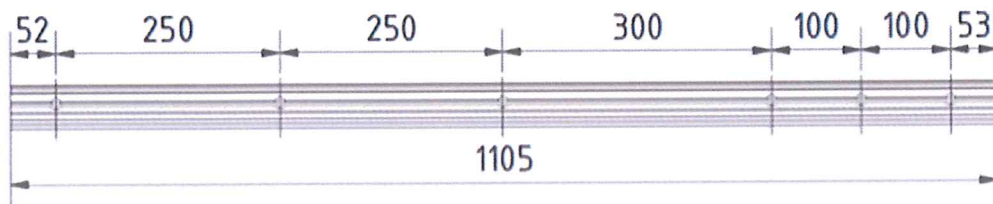
→ Einschiebling  $t_{\text{Nenn}} = 1.5$  mm

→ Die erforderliche Zugfestigkeit des Einschiebling-Werkstoffes  
muss mindestens  $R_{m,5\%} \geq 350 \text{ N/mm}^2$  betragen

→ Einschiebling  $t_{\text{Nenn}} \geq 2.0$  mm

→ Keine Beschränkungen hinsichtlich der Anwendung  
bei absturzsichernde Verglasungen.

- Schienenlänge [mm]: 1005
- Anzahl Schrauben [n]: 6
- Mindestauszugstragfähigkeit je Schraube [N]: 2632
- vorhandene Auszugstragfähigkeit gesamt [N]: 15792
- vorhandene Auszugstragfähigkeit [kN/m]: 15.71
- Mindestschraubenabstände: eingehalten



Schiene mit  $L = 1105$  mm / Bohrbild wie abgebildet

→ Einschiebling  $t_{\text{Nenn}} = 1.5$  mm

→ Die erforderliche Zugfestigkeit des Einschiebling-Werkstoffes muss mindestens  $R_{m,5\%} \geq 415 \text{ N/mm}^2$  betragen

→ Einschiebling  $t_{\text{Nenn}} \geq 2,0$  mm

→ Keine Beschränkungen hinsichtlich der Anwendung bei absturzsichernde Verglasungen.

→ Schienenlänge [mm]: 1105

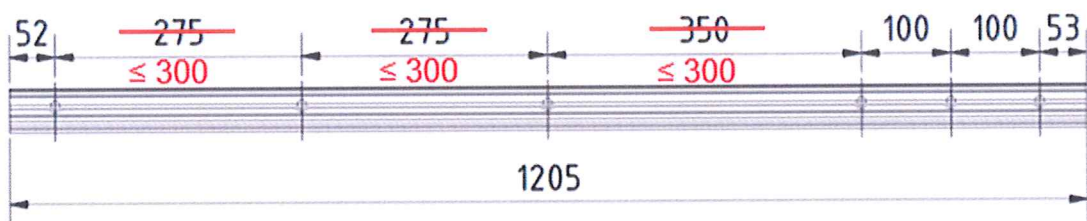
→ Anzahl Schrauben [n]: 6

→ Mindestauszugstragfähigkeit je Schraube [N]: 3000

→ vorhandene Auszugstragfähigkeit gesamt [N]: 18000

→ vorhandene Auszugstragfähigkeit [kN/m]: 16.29

→ Mindestschraubenabstände: eingehalten



Schiene mit  $L = 1205$  mm / Bohrbild wie abgebildet

→ Einschiebling  $t_{\text{Nenn}} = 1.5$  mm

→ Die erforderliche Zugfestigkeit des Einschiebling-Werkstoffes muss mindestens  $R_{m,5\%} \geq 415 \text{ N/mm}^2$  betragen

→ Einschiebling  $t_{\text{Nenn}} \geq 2,0$  mm

→ Keine Beschränkungen hinsichtlich der Anwendung bei absturzsichernde Verglasungen.

→ Schienenlänge [mm]: 1205

→ Anzahl Schrauben [n]: 6

→ Mindestauszugstragfähigkeit [N]: 3000

→ vorhandene Auszugstragfähigkeit [N]: 18000

→ vorhandene Auszugstragfähigkeit [kN/m]: 14.94

→ Mindestschraubenabstände: nicht eingehalten

Bei Anpassung des Bohrbildes mit  $e \leq 300$  mm (s.o.)  
werden die Schraubenabstände nach DIN 180008-4 / D.1  
eingehalten



## 5 Zusammenfassung

Die OnLevel GmbH hat für ihr Halteprofil mit der Bezeichnung Skyforce über die Verrotec GmbH Allgemeine bauaufsichtliche Prüfzeugnisse [12] und [14] erwirkt. Auf der Grundlage dieser Allgemeinen bauaufsichtlichen Prüfzeugnisse darf das Bauprodukt als absturzsicherndes Brüstungssystem gemäß den Kategorien A bzw. C der DIN 18008-4 verwendet werden.

Nach den Technischen Regeln für die Verwendung von absturzsichernden Verglasungen ([1] – insbesondere DIN 18008-4) ist die ausreichende Absturzsicherheit von Verglasungen im Geltungsbereich der eingeführten Technischen Regeln durch eine gutachterliche Stellungnahme einer anerkannten Prüfstelle zu beurteilen, wenn die ausreichende Absturzsicherheit nicht unmittelbar durch die Bestimmungen aus [1] oder durch eine allgemeine bauaufsichtliche Zulassung nachgewiesen werden kann. Die gutachterliche Stellungnahme dient als Grundlage zur Erlangung eines Allgemeinen bauaufsichtlichen Prüfzeugnisses.

Aufbauend auf den durch die Verrotec GmbH im Rahmen von [14], [15] und [16] vorgenommenen Versuchen an Skyforce-Profilen die an Kunststoffrahmen mit innenliegender Stahlarmierung der Fa. Rehau befestigt sind, wurde das Prüfamt für Standsicherheit der LGA – Zweigstelle Würzburg beauftragt, die Bauart: Skyforce Halteprofile und gewindefurchende Schrauben (Bezeichnung Hilti S-MP 52 S 6,3 x 64 mm nach [7]) in Kombination mit Rehau Kunststoffrahmen + Stahleinschiebling hinsichtlich der Verwendbarkeit als absturzsichernde Verglasungen im Sinne der eingeführten Technischen Regeln zu bewerten und das Ergebnis im Rahmen einer gutachterlichen Stellungnahme zu dokumentieren.

Zu diesem Zweck fanden im Zeitraum vom 18.09.2019 bis zum 24.09.2019 und vom 16.12.2019 bis zum 18.12.2019 umfangreiche experimentelle Untersuchungen in der Versuchshalle der Prüfhalle der LGA-Zweigstelle Würzburg statt. Ergänzend zu den Versuchen wurden auf der Grundlage von [8] rechnerische Untersuchungen durchgeführt. Das Ergebnis dieser Arbeiten sind Bemessungsdiagramme für Hilti S-MP 52 S 6,3 x 64 mm gewindefurchende Schrauben mit denen Skyforce-Profile an Rehau Kunststoffrahmen mit innenliegendem Stahleinschiebling aus DX51D befestigt werden.

Die vorliegende gutachterliche Stellungnahme bezieht sich ausschließlich auf die durch die eingeführten Technischen Regeln [1] anzusetzenden stoßartigen Beanspruchungen, damit die Verglasung als absturzsichernd eingestuft werden kann.

Die Bauart und die durchgeführten Versuche sind in Abschnitt 3 und in den Anlagen zu dieser gutachterlichen Stellungnahme ausführlich dokumentiert.

Abschnitt 4 behandelt die Bewertung der experimentellen und rechnerischen Untersuchungen.

Die folgend in den Diagrammen angegebenen Auszugstragfähigkeiten für Hilti S-MP 52 S 6,3 x 64 mm gewindefurchende Schrauben mit denen Skyforce-Profile an Rehau Kunststoffrahmen mit innenliegendem Stahleinschiebling aus DX51D befestigt werden, können auf vergleichbare Rahmen- und Einschieblingformen der Fa. Rehau AG übertragen werden. Im Zweifelsfall ist das Prüfamt für Standsicherheit der LGA Zweigstelle Würzburg bei der Beurteilung der Übertragbarkeit hinzuzuziehen.

Voraussetzung für die Anwendung der Diagramme ist die Kenntnis der Zugfestigkeit  $R_m$  des für die Einschieblinge verwendeten Stahls DX51D und die Einhaltung der Mindesteinschraubtiefe der Hilti S-MP 52 S 6,3 x 64 mm gewindefurchende Schrauben in den Stahleinschiebling von  $E \geq \phi_{\text{Schraube}} = 6,3 \text{ mm}$  (Einschraubtiefe = Überstand der Schraube an der Innenseite des Einschieblings). Die Einschieblinge werden gemäß den Bestimmungen von [7] vorgebohrt. Die Schrauben sind möglichst mittig in dem durchgeschraubten Gurt anzuordnen. Die Allgemeinen und Besonderen Bestimmungen der ETA-13/0179 sind einzuhalten. Die Schraube und das zugehörige Muttergewinde im Einschiebling dürfen nur ein Mal verwendet werden.

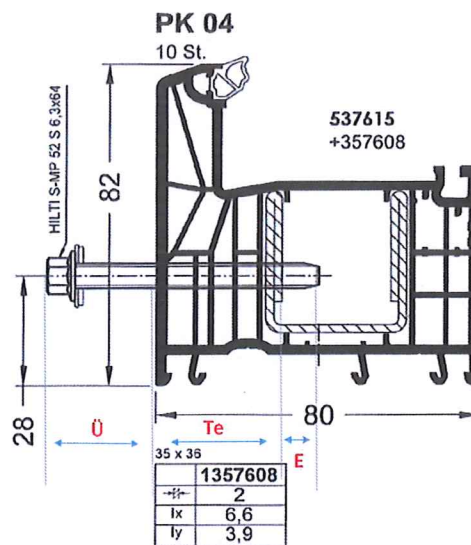


Bild 5.1 Anordnung der Schrauben und der Einschieblinge im Rahmenprofil / exemplarisch für die Serie 04

Für die Befestigung der Skyforce-Profile an Rehau Kunststoffrahmen mit Stahleinschieblingen aus DX51D können auch andere gewindefurchende Schrauben verwendet werden, wenn:

- für diese Schrauben ein baurechtlich gültiger Verwendungsnachweis vorliegt;
- die Geometrie – Gewinde, Aussendurchmesser, Kerndurchmesser - mit der Geometrie der hier verwendeten Hilti S-MP 52 S 6,3 x 64 mm gewindefurchenden Schrauben übereinstimmt;
- die Zugfestigkeit des Schraubenwerkstoffs  $R_{m,SG} \geq 500 \text{ N/mm}^2$  beträgt.

Für die Nachweise absturzsichernder Verglasungen im Grenzzustand der Tragfähigkeit unter statischen Lasten nach DIN 18008-4 / Abs. 6.1 sind die auf der Grundlage der folgenden Bemessungsdiagramme bestimmten Auszuglasten  $F_{z,k,Syst}$  durch einen Sicherheitsbeiwert  $\gamma_M \geq 1,50$  zu dividieren.

Die Nachweise über die Aufnahme und Ableitung der Einwirkungen aus stoßartigen und aus statischen Lasten nach DIN 18008-4 / Abs. 6 durch den Blendrahmen und den anschliessenden Baukörper sind in jedem Anwendungsfall zu führen.



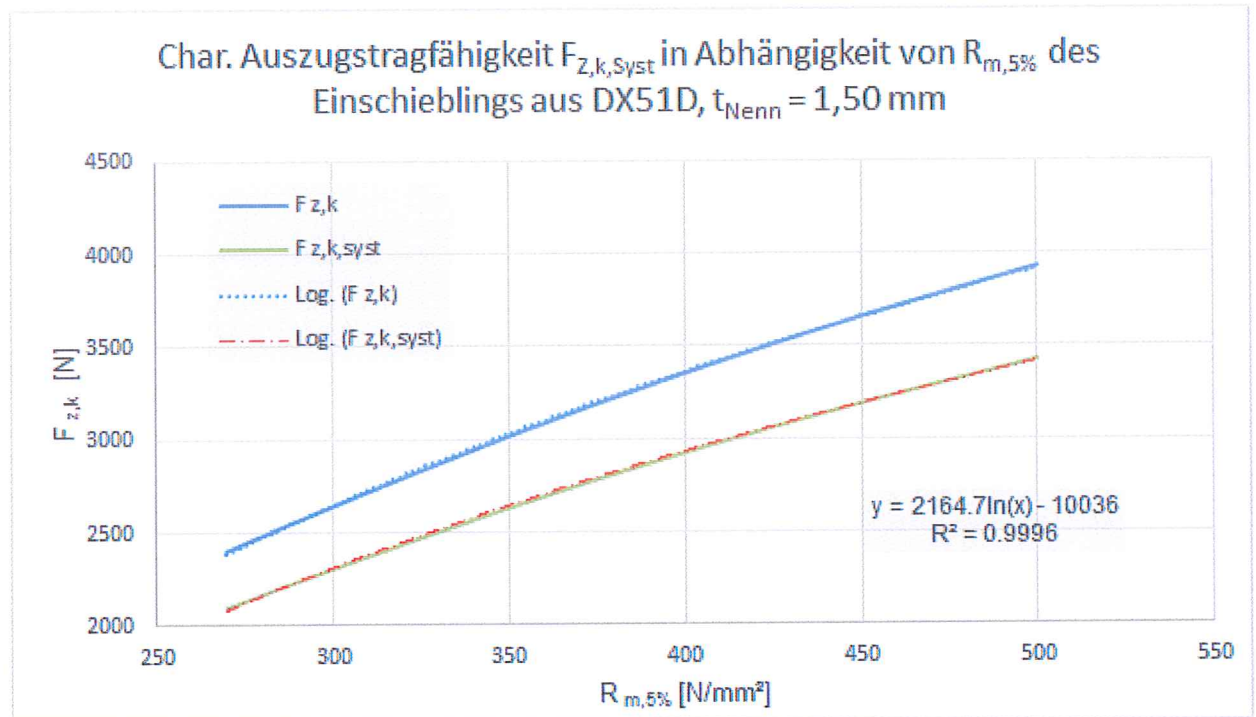


Bild 5.2 Charakteristische Auszugstragfähigkeit  $F_{z,k,syst}$  [N] von Hilti S-MP 52 S 6,3 x 64 mm gewindefurchenden Schrauben, die in Kunststoffrahmen mit Stahleinschieblingen aus Stahl mit der Bezeichnung DX51D für die Befestigung von Skyforce-Profilen der Fa. OnLevel eingesetzt werden.

Hier: Nennblechdicke  $t_{Nenn} = 1,50$  mm / Einschraubtiefe  $\geq \phi_{Schraube} = 6,3$  mm

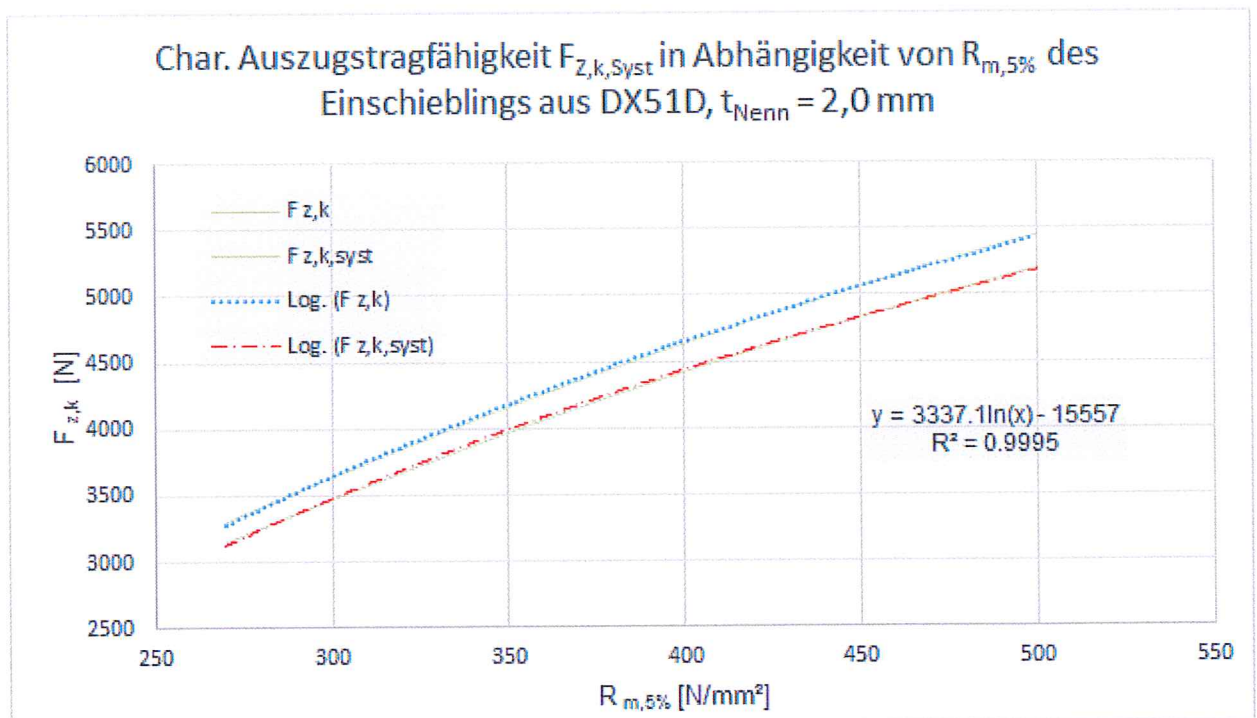


Bild 5.3 Charakteristische Auszugstragfähigkeit  $F_{z,k,syst}$  [N] von Hilti S-MP 52 S 6,3 x 64 mm gewindefurchenden Schrauben, die in Kunststoffrahmen mit Stahleinschieblingen aus Stahl mit der Bezeichnung DX51D für die Befestigung von Skyforce-Profilen der Fa. OnLevel eingesetzt werden.

Hier: Nennblechdicke  $t_{Nenn} = 2,0$  mm / Einschraubtiefe  $\geq \phi_{Schraube} = 6,3$  mm



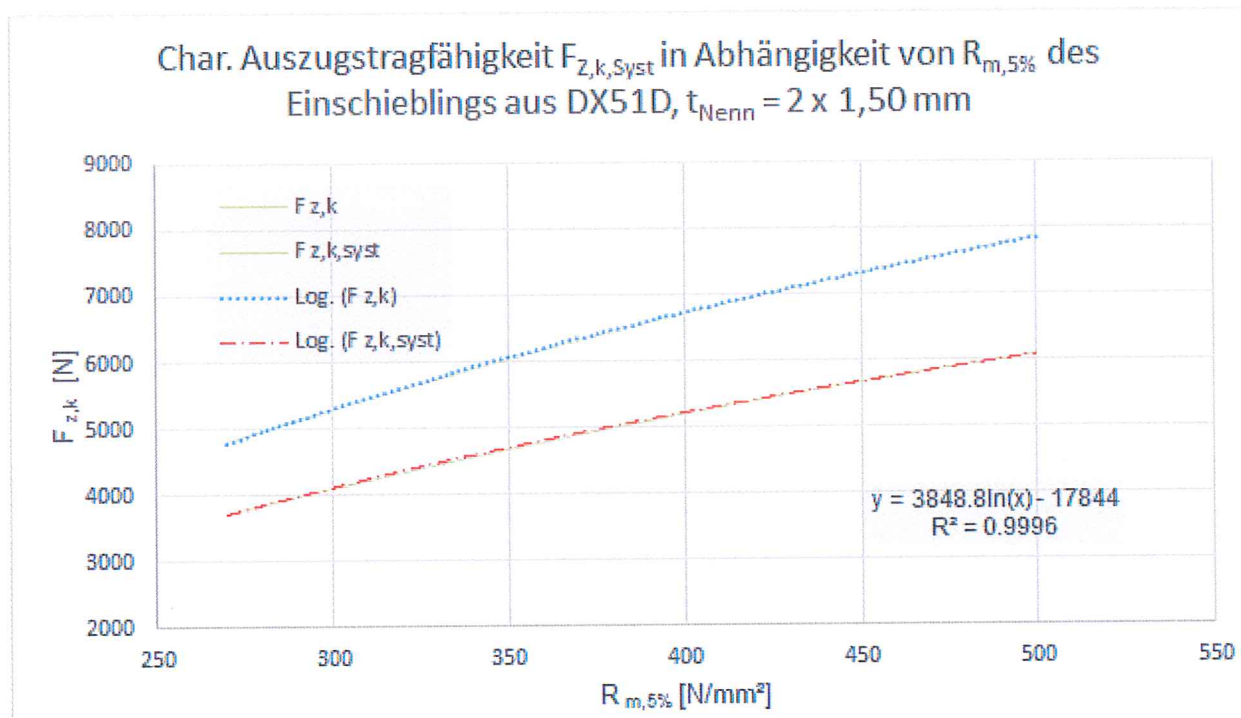


Bild 5.4 Charakteristische Auszugstragfähigkeit  $F_{z,k,Syst}$  [N] von Hilti S-MP 52 S 6,3 x 64 mm gewindefurchenden Schrauben, die in Kunststoffrahmen mit Stahleinschieblingen aus Stahl mit der Bezeichnung DX51D für die Befestigung von Skyforce-Profilen der Fa. OnLevel eingesetzt werden.

Hier: Nennblechdicke  $t_{Nenn} = 2 \times 1,50 \text{ mm}$  / Einschraubtiefe  $\geq \phi_{Schraube} = 6,3 \text{ mm}$

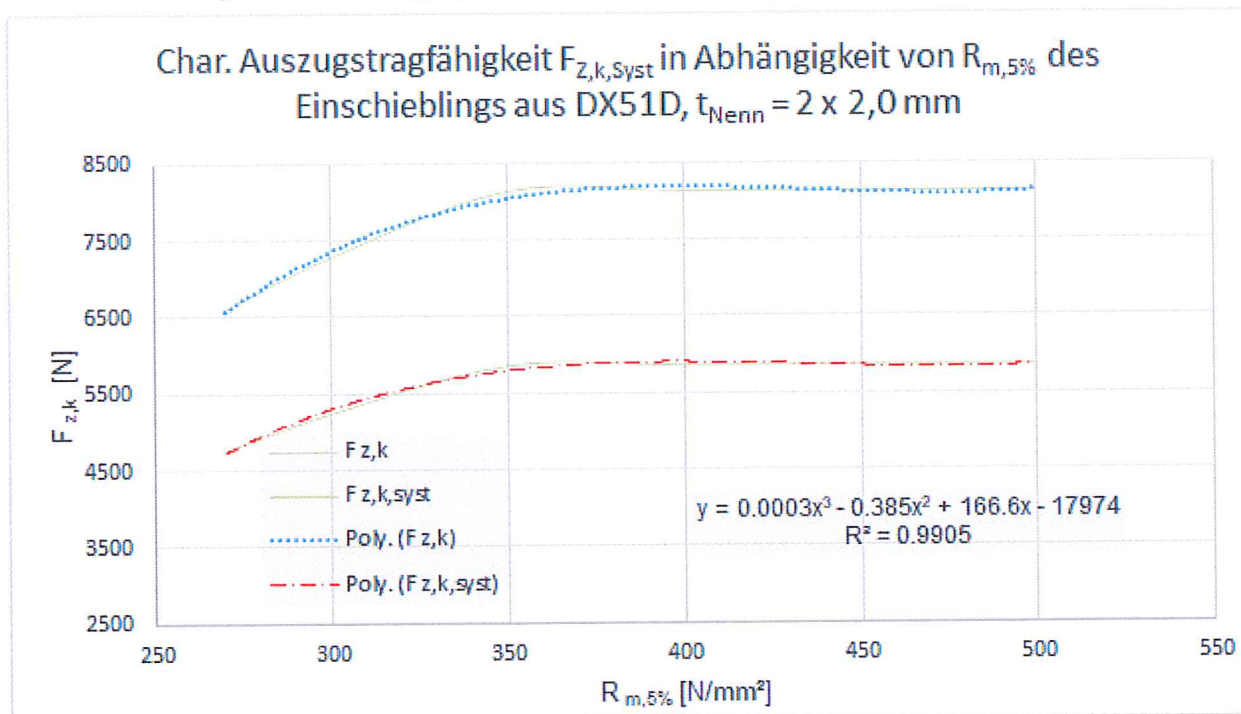
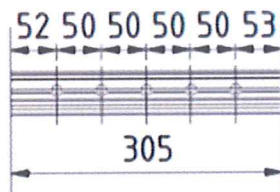


Bild 5.5 Charakteristische Auszugstragfähigkeit  $F_{z,k,Syst}$  [N] von Hilti S-MP 52 S 6,3 x 64 mm gewindefurchenden Schrauben, die in Kunststoffrahmen mit Stahleinschieblingen aus Stahl mit der Bezeichnung DX51D für die Befestigung von Skyforce-Profilen der Fa. OnLevel eingesetzt werden.

Hier: Nennblechdicke  $t_{Nenn} = 2 \times 2,0 \text{ mm}$  / Einschraubtiefe  $\geq \phi_{Schraube} = 6,3 \text{ mm}$

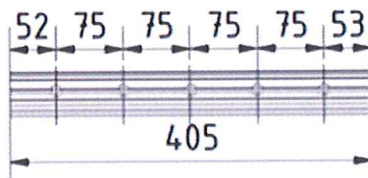
Mit den vorstehenden Diagrammen 5.2 bis 5.5 kann nunmehr die Tragfähigkeit des Systems Skyforce-Profil + Hilti S-MP 52 S 6,3 x 64 mm gewindefurchende Schrauben + Rehau Kunststoffrahmenprofile mit Stahleinschieblingen aus DX51D in Abhängigkeit von der Zugfestigkeit des Einschiebling-Werkstoffes für durchgeschraubte Blechdicken  $t_{\text{Nenn}} = 1,50 \text{ mm} / 2,0 \text{ mm} / 2 \times 1,50 \text{ mm}$  und  $2 \times 2,0 \text{ mm}$  ermittelt werden.

Übertragen auf die in [14] in Bild 8 dargestellten Skyforce-Schiententypen ergeben sich bezgl. der Schraubenabstände und Schraubenanzahl je Systemhöhe folgende Korrekturen bzw. Anmerkungen:



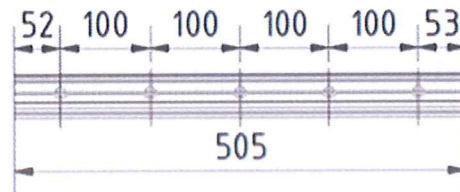
Schiene mit  $L = 305 \text{ mm}$  / Borhbild wie abgebildet  
→ Keine Beschränkungen hinsichtlich der Anwendung  
bei absturzsichernde Verglasungen

- Schienenlänge [mm]: 305
- Anzahl Schrauben [n]: 5
- Mindestauszugstragfähigkeit je Schraube [N]: 2096
- vorhandene Auszugstragfähigkeit gesamt [N]: 10480
- vorhandene Auszugstragfähigkeit [kN/m]: 34.36
- Mindestschraubenabstände: eingehalten



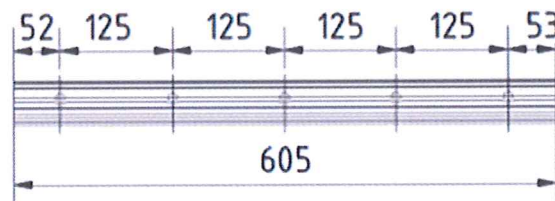
Schiene mit  $L = 405 \text{ mm}$  / Borhbild wie abgebildet  
→ Keine Beschränkungen hinsichtlich der Anwendung  
bei absturzsichernde Verglasungen

- Schienenlänge [mm]: 405
- Anzahl Schrauben [n]: 5
- Mindestauszugstragfähigkeit je Schraube [N]: 2096
- vorhandene Auszugstragfähigkeit gesamt [N]: 10480
- vorhandene Auszugstragfähigkeit [kN/m]: 25.88
- Mindestschraubenabstände: eingehalten



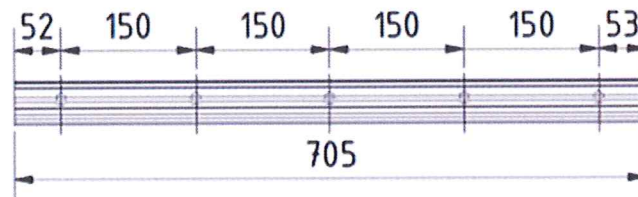
Schiene mit  $L = 505$  mm / Borhbild wie abgebildet  
→ Keine Beschränkungen hinsichtlich der Anwendung  
bei absturzsichernde Verglasungen

- Schienenlänge [mm]: 505
- Anzahl Schrauben [n]: 5
- Mindestauszugstragfähigkeit je Schraube [N]: 2096
- vorhandene Auszugstragfähigkeit gesamt [N]: 10480
- vorhandene Auszugstragfähigkeit [kN/m]: 20.75
- Mindestschraubenabstände: eingehalten



Schiene mit  $L = 605$  mm / Borhbild wie abgebildet  
→ Keine Beschränkungen hinsichtlich der Anwendung  
bei absturzsichernde Verglasungen

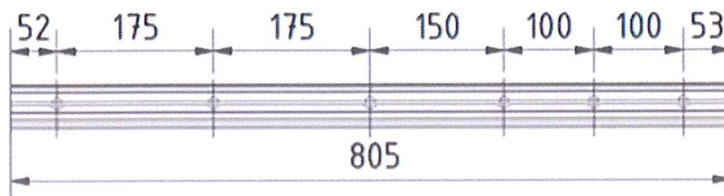
- Schienenlänge [mm]: 605
- Anzahl Schrauben [n]: 5
- Mindestauszugstragfähigkeit je Schraube [N]: 2096
- vorhandene Auszugstragfähigkeit gesamt [N]: 10480
- vorhandene Auszugstragfähigkeit [kN/m]: 17.32
- Mindestschraubenabstände: eingehalten



Schiene mit  $L = 705$  mm / Borhbild wie abgebildet  
→ Keine Beschränkungen hinsichtlich der Anwendung  
bei absturzsichernde Verglasungen

- Schienenlänge [mm]: 705
- Anzahl Schrauben [n]: 5
- Mindestauszugstragfähigkeit je Schraube [N]: 2096
- vorhandene Auszugstragfähigkeit gesamt [N]: 10480
- vorhandene Auszugstragfähigkeit [kN/m]: 14.87
- Mindestschraubenabstände: eingehalten

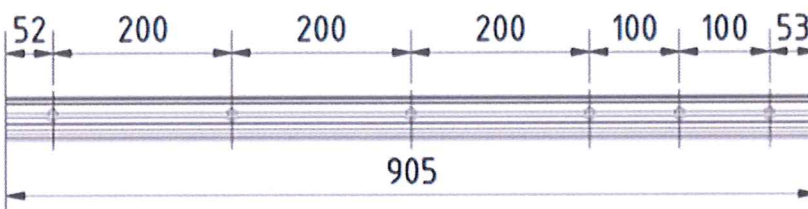




Schiene mit  $L = 805$  mm / Borhbild wie abgebildet

→ Keine Beschränkungen hinsichtlich der Anwendung  
bei absturzsichernde Verglasungen

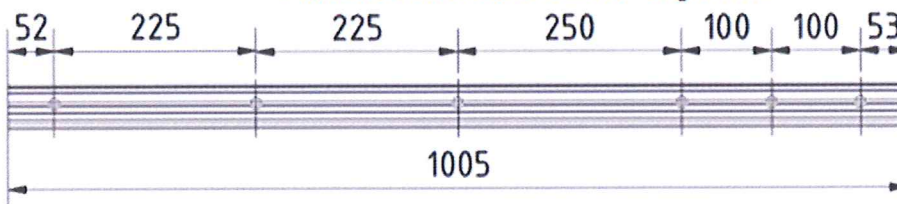
- Schienenlänge [mm]: 805
- Anzahl Schrauben [n]: 6
- Mindestauszugstragfähigkeit je Schraube [N]: 2096
- vorhandene Auszugstragfähigkeit gesamt [N]: 12576
- vorhandene Auszugstragfähigkeit [kN/m]: 15.62
- Mindestschraubenabstände: eingehalten



Schiene mit  $L = 905$  mm / Borhbild wie abgebildet

→ Keine Beschränkungen hinsichtlich der Anwendung  
bei absturzsichernde Verglasungen

- Schienenlänge [mm]: 905
- Anzahl Schrauben [n]: 6
- Mindestauszugstragfähigkeit [N]: 2096
- vorhandene Auszugstragfähigkeit gesamt [N]: 12576
- vorhandene Auszugstragfähigkeit [kN/m]: 13.90
- Mindestschraubenabstände: eingehalten



Schiene mit  $L = 1005$  mm / Borhbild wie abgebildet

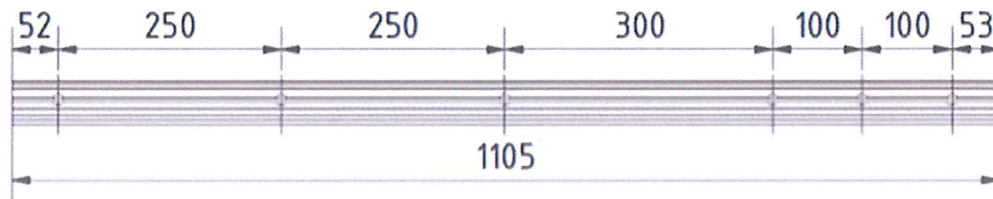
→ Einschiebling  $t_{\text{Nenn}} = 1.5$  mm

→ Die erforderliche Zugfestigkeit des Einschiebling-Werkstoffes  
muss mindestens  $R_{m,5\%} \geq 350$  N/mm<sup>2</sup> betragen

→ Einschiebling  $t_{\text{Nenn}} \geq 2,0$  mm

→ Keine Beschränkungen hinsichtlich der Anwendung  
bei absturzsichernde Verglasungen.

- Schienenlänge [mm]: 1005
- Anzahl Schrauben [n]: 6
- Mindestauszugstragfähigkeit je Schraube [N]: 2632
- vorhandene Auszugstragfähigkeit gesamt [N]: 15792
- vorhandene Auszugstragfähigkeit [kN/m]: 15.71
- Mindestschraubenabstände: eingehalten



Schiene mit L = 1105 mm / Bohrbild wie abgebildet

→ Einschiebling  $t_{\text{Nenn}} = 1.5 \text{ mm}$

→ Die erforderliche Zugfestigkeit des Einschiebling-Werkstoffes muss mindestens  $R_{m,5\%} \geq 415 \text{ N/mm}^2$  betragen

→ Einschiebling  $t_{\text{Nenn}} \geq 2,0 \text{ mm}$

→ Keine Beschränkungen hinsichtlich der Anwendung bei absturzsichernde Verglasungen.

→ Schienenlänge [mm]: 1105

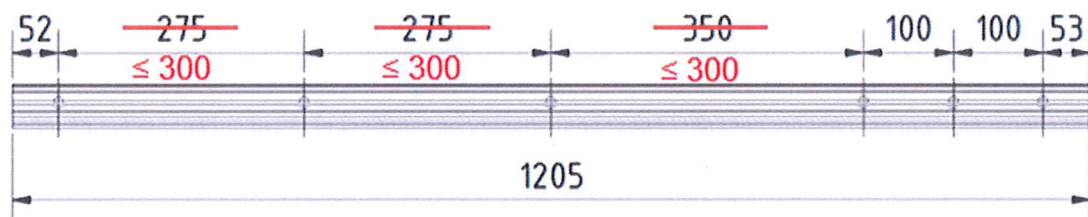
→ Anzahl Schrauben [n]: 6

→ Mindestauszugstragfähigkeit je Schraube [N]: 3000

→ vorhandene Auszugstragfähigkeit gesamt [N]: 18000

→ vorhandene Auszugstragfähigkeit [kN/m]: 16.29

→ Mindestschraubenabstände: eingehalten



Schiene mit L = 1205 mm / Bohrbild wie abgebildet

→ Einschiebling  $t_{\text{Nenn}} = 1.5 \text{ mm}$

→ Die erforderliche Zugfestigkeit des Einschiebling-Werkstoffes muss mindestens  $R_{m,5\%} \geq 415 \text{ N/mm}^2$  betragen

→ Einschiebling  $t_{\text{Nenn}} \geq 2,0 \text{ mm}$

→ Keine Beschränkungen hinsichtlich der Anwendung bei absturzsichernde Verglasungen.

→ Schienenlänge [mm]: 1205

→ Anzahl Schrauben [n]: 6

→ Mindestauszugstragfähigkeit [N]: 3000

→ vorhandene Auszugstragfähigkeit [N]: 18000

→ vorhandene Auszugstragfähigkeit [kN/m]: 14.94

→ Mindestschraubenabstände: nicht eingehalten

Bei Anpassung des Bohrbildes mit  $e \leq 300 \text{ mm}$  (s.o.)  
werden die Schraubenabstände nach DIN 180008-4 / D.1  
eingehalten