

S-WUE/220172

Würzburg, 28.09.2022
0931 4196-131
Un / Ha / sd

Bericht über die experimentelle Ermittlung der Auszugstragfähigkeit von Schrauben M6 x L mm im Blechstreifen # 15 x 2 mm mit Fließgewinde am Rahmenüberschlag eines Blendrahmens aus Kunststoff mit Aluminiumdeckschale. Außerdem gewindefurchende Schrauben Ø 5,5 x L mm im Stahleinschiebling eines Blendrahmens aus Kunststoff mit und ohne Aluminiumdeckschale

Auftraggeber: OnLevel GmbH
Budberger Straße 5
46446 Emmerich am Rhein

Auftrag vom: Auftragsbestätigung der LGA vom 16.05.2022

Anlagen:

- 1 Fotodokumentation der Versuche
- 2 Last-Verformungskurven
- 3 Zeichnung 16903601120 Fa. OnLevel
- 4 Statistische Auswertung der Versuche
- 5 Auszugstragfähigkeit der Schrauben
- 6 Materialuntersuchungen / Prüfzeugnisse [11 bis 14]

Der Bearbeiter



B.Eng. Unrau

Der Prüfstellenleiter



Dipl.-Ing. Katz

Das Gutachten umfasst 23 Textseiten und 6 Anlagen.

G:\DATAD\SWUE\PB\2022\220172_Zugversuche_Finstral_SkyforceSlim\Gutachten\220172_Versuchsbericht_Auszugstragfähigkeit_Fliessgewinde_Einschiebling_OnLevel_Nr_2.docx

LGA · Zweigstelle Würzburg · Dreikronenstraße 31 · 97082 Würzburg
Telefon (0931) 4196-113 · Telefax (0931) 4196-200
E-Mail: wuerzburg@lga.de · Internet: www.lga.de

LGA® Landesgewerbeanstalt Bayern
Körperschaft des öffentlichen Rechts
Sitz und Registergericht Nürnberg HRA14622
Vorstand: Hans-Peter Trinkl
Vors. d. Aufsichtsrates: Bernd Grossmann

Gliederung:

- 1 Unterlagen
- 2 Vorgang
- 3 Beschreibung und Bewertung der Versuche
- 4 Zusammenfassung

1 Unterlagen

- [1] DIN 18008 – Glas im Bauwesen – Bemessungs- und Konstruktionsregeln
 - Teil 1 – Begriffe und allgemeine Grundlagen
 - Teil 2 – Linienförmig gelagerte Verglasungen
 - Teil 3 – Punktförmig gelagerte Verglasungen
 - Teil 4 – Zusatzanforderungen an absturzsichernde Verglasungen
 - Teil 5 – Zusatzanforderungen an begehbare Verglasungen
 - Teil 6 – Zusatzanforderungen an zu Instandhaltungsmaßnahmen betretbare Verglasungen und an durchsturzsichere Verglasungenund die darin zitierten normativen Verweisungen
- [2] DIN EN 1993 / Eurocode 3 – Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten
- [3] Bayerische Technische Baubestimmungen (BayTB) – Juni 2022
- [4] Tragende Kunststoffbauteile – Entwurf, Bemessung, Konstruktion herausgegeben von Bau-Überwachungsverein (BÜV e. V.), Kurfürstenstraße 129, 10785 Berlin / Juli 2014
- [5] Gutachterliche Stellungnahme S-WUE/200275 des Materialprüfungsamtes – Glasprüfstelle an der Zweigstelle Würzburg vom 07.10.2020 zur Stoßsicherheit von französischen Balkonen im Profil Skyforce Slim der OnLevel GmbH
- [6] Allgemeines bauaufsichtliches Prüfzeugnis P-209914-LGA vom 07.10.2020 für Absturzsichernde Verglasung der Kat. A nach DIN 18008-4, zweiseitig in Aluminiumprofilen Skyforce Slim liniengelagerte Brüstungsverglasungen (französischer Balkon)
- [7] DIN EN 10346 Kontinuierlich schmelztauchveredelte Flacherzeugnisse aus Stahl zum Kaltumformen – Technische Lieferbedingungen / Okt. 2015
- [8] DIN EN 1991 Bemessung und Konstruktion von Aluminiumtragwerken
- [9] Statische Auszugstragfähigkeit gewindeformender Schrauben in Metallkonstruktionen – an der Fakultät für Bauingenieur, Geo- und Umweltwissenschaften der Universität Friedericiana zu Karlsruhe (TH) genehmigte Dissertation von Dipl.-Ing. Roderich Hettmann / 2006
- [10] DIN EN 10088-3 Nichtrostende Stähle – Technische Lieferbedingungen für Halbzeug, Stäbe, Walzdraht, gezogenen Draht, Profile und Blankstahlerzeugnisse aus korrosionsbeständigen Stählen für allgemeine Verwendung
- [11] Materialprüfzertifikat vom 23.11.2021 von Metal Center S.R.L für EN AW 1050A 4 H24, $R_m = 127,4 \text{ N/mm}^2$, $R_{p,0.2} = 119,10 \text{ N/mm}^2$
- [12] Materialprüfzertifikat vom 15.07.2021 von Metal Trade Comax, a.s. für FeZn Z140 DX51D, 1,38 x 1250 mm, $R_m = 390 \text{ N/mm}^2$, $R_{p,0.2} = 351 \text{ N/mm}^2$
- [13] Materialprüfzertifikat vom 19.07.2022 von Metal Trade Comax, a.s. für FeZn S220GD Z140, 2,5 x 1250 mm, $R_m = 402 \text{ N/mm}^2$, $R_{p,0.2} = 303 \text{ N/mm}^2$
- [14] Materialprüfzertifikat vom 15.07.2021 von Metal Trade Comax, a.s. für FeZn S220GD Z140, 1,4 x 1250 mm $R_m = 346 \text{ N/mm}^2$, $R_{p,0.2} = 330 \text{ N/mm}^2$

2 Vorgang

Das Materialprüfungsamt – Glasprüfstelle an der LGA Zweigstelle Würzburg, wurde von der On-Level GmbH beauftragt experimentelle Untersuchungen zu den Auszugstragfähigkeiten von Schrauben aus nichtrostendem Stahl M6 x L mm durchzuführen. Als Verankerungsgrund für die Schrauben soll ein Blechstreifen # 15.2 mm aus nichtrostendem Stahl mit der MNR. 1.4301 nach [2] – Teil 4 / Tab. 2.1 verwendet werden, der mit dem Fließbohrverfahren bearbeitet wird. Als Anwendungsfall für die mit [6] zugelassene Bauart Skyforce Slim der Fa. OnLevel GmbH, ist beabsichtigt, die Skyforceprofile am Rahmenüberschlag eines Blendrahmens aus Kunststoff zu befestigen. Die folgenden Abbildungen 2.1 und 2.2 zeigen die untersuchten Anwendungsfälle.

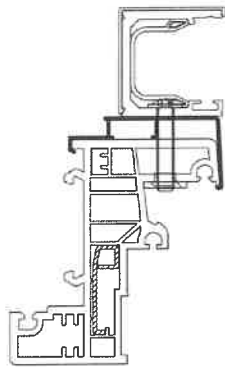


Abbildung 2.1: Finstral 964
mit Aluminiumdeckschale

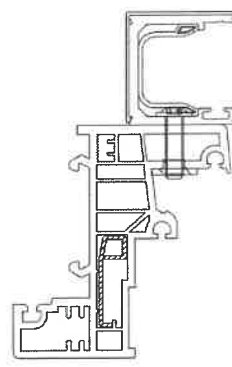


Abbildung 2.2: Finstral 964

Außerdem sollen die Auszugstragfähigkeiten der gewindefurchenden Schrauben $\varnothing 5.5 \times L$ mm SFS des Typs SPC4 in Kunststoffrahmen mit und ohne Aluminiumdeckschale experimentell ermittelt werden. Der Einschiebling besteht aus einem Rechteckrohr mit der Werkstoffnummer 1.0917 (Profiltyp 961) und 1.0241 (Profiltyp 969). Die folgenden Abbildungen 2.3 – 2.6 zeigen die untersuchten Anwendungsfälle.

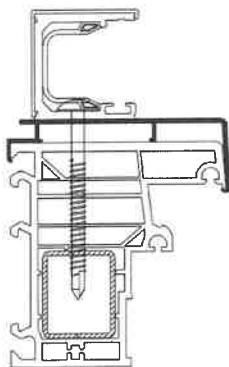


Abbildung 2.3: Finstral 961
mit Aluminiumdeckschale

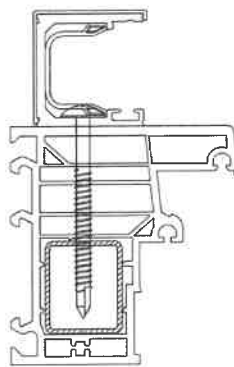


Abbildung 2.4: Finstral 961

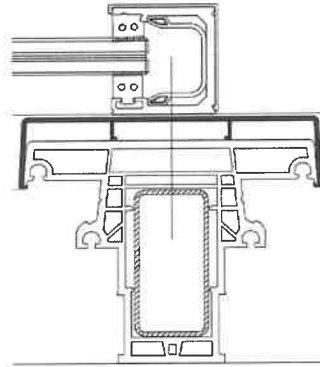


Abbildung 2.5: Finstral 969
mit Aluminiumdeckschale

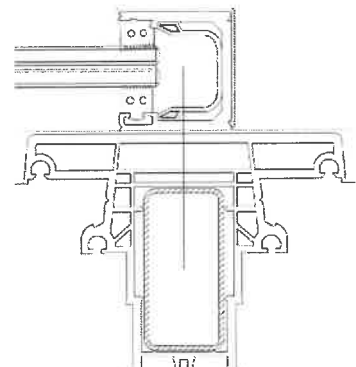


Abbildung 2.6: Finstral 969

Auch sollen die Auszugstragfähigkeiten des oben genannten Schraubentyps Ø 5.5 x L mm SFS des Typs SPC4 in Kunststoffrahmen mit Aluminiumdeckschale experimentell ermittelt werden. Hier besteht der Einschiebling für den Rahmentyp A1Z aus gefaltetem Blech mit der WNR. 1.0241 und für den Rahmentyp A2Y aus einem Aluminium Blechstreifen mit der Bezeichnung EN AW-1050A 4 H24. Die folgenden Abbildungen 2.7 und 2.8 zeigen die untersuchten Anwendungsfälle.

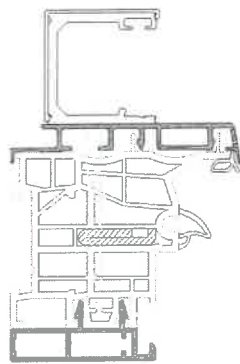


Abbildung 2.7: Finstral A1Z
mit Aluminiumdeckschale

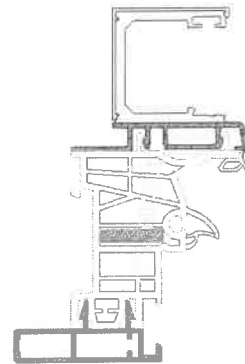


Abbildung 2.8: Finstral A2Y
mit Aluminiumdeckschale

Wie in Abbildung 2.9 zu sehen besteht das Profil aus einer Hybridbauweise aus Aluminium und Kunststoff. Hier wird die Auszugstragfähigkeit der Schraubentypen Ø 5,5 x L mm -A2 (Hilti S-MD03PS) ohne Einschiebling experimentell ermittelt. Die Schraube wird in 2 x 1,6 mm und 1 x 1,0 mm starkem Flanschbereich, im Aluminium mit der Legierung EN AW 6060 T5, befestigt.

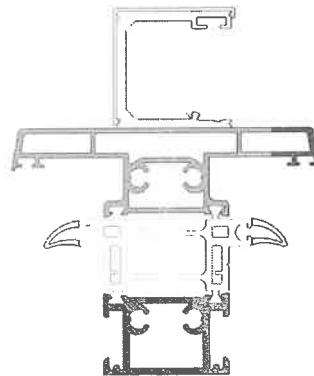
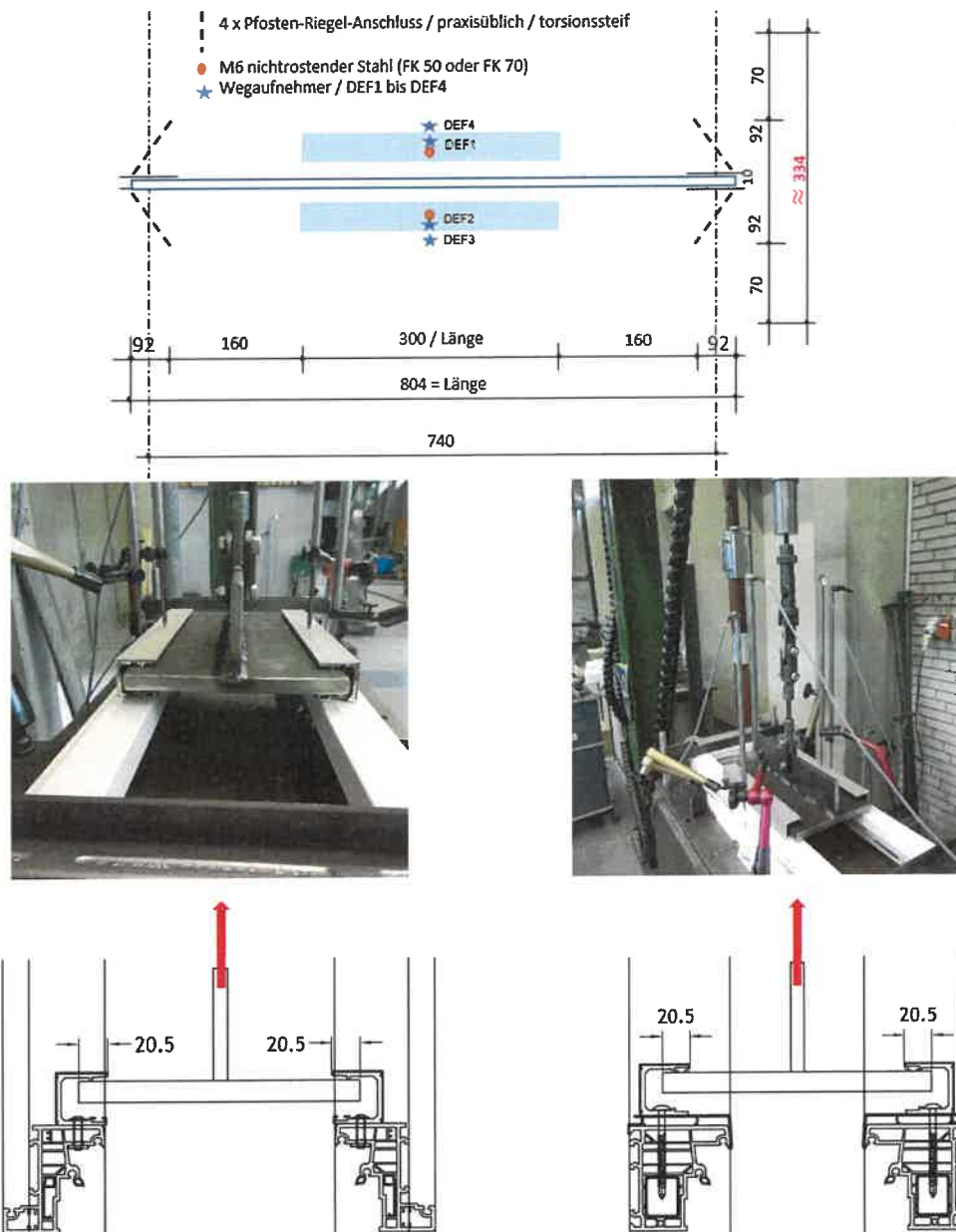


Abbildung 2.9: Finstral 739
Kunststoff/Aluminiumprofil

Die Versuche fanden am 18.05.2022 in der Prüfhalle der LGA Zweigstelle Würzburg statt.

3 Beschreibung und Bewertung der Versuche

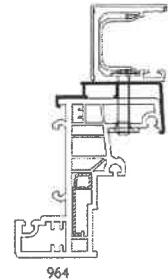


Vorstehendes Bild zeigt die Versuchsanordnung. Die Probekörper werden zur Vermeidung von exzentrischer Lasteinwirkung paarweise durch eine Zugkraft beansprucht. Um die Steifigkeit der Blendrahmen, die im Bauwerk eingebaut werden näherungsweise zu berücksichtigen, sind vier Pfosten-Riegel-Anschlüsse ausgeführt. Die Rahmenprofile werden an den Enden mittels U-Profilen an das Stahlwiederlager angeschlossen. Gemessen werden die vertikalen Verformungen der Riegelprofile und der Profilschienen. Die Belastungsgeschwindigkeit der in Kategorie I nach DIN EN ISO 7500-1 eingestuft, kalibrierten Prüfmaschine betrug $dF/dt = 0,030 \text{ kN/s}$ bis $0,055 \text{ kN/s}$, je nach Material und Blechdicke des Einschieblings.

3.1 Kurzbeschreibung der Versuchsergebnisse

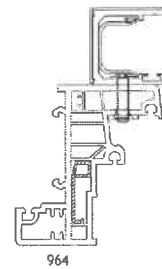
Kunststoffrahmen 964 mit Aluminiumdeckschale
M6x30mm-A2-70 (DIN EN ISO 7380-2), $t_{\text{Fließgew.}} \approx 4 \text{ mm}$

Versuch [Nr]	F_{Trag} [kN]	Bemerkungen [-]
V01	6.39	Kombiniertes Versagen - Muttergewinde + Schraube abgesichert
V02	6.31	Kombiniertes Versagen - Muttergewinde + Schraube abgesichert
V03	6.40	Kombiniertes Versagen - Muttergewinde + Schraube abgesichert
V04	6.70	Kombiniertes Versagen - Muttergewinde + Schraube abgesichert
V05	6.27	Kombiniertes Versagen - Muttergewinde + Schraube abgesichert



Kunststoffrahmen 964
M6x20mm-A2-70 (DIN EN ISO 7380-2), $t_{\text{Fließgew.}} \approx 4 \text{ mm}$

Versuch [Nr]	F_{Trag} [kN]	Bemerkungen [-]
V06	6.72	Kombiniertes Versagen - Muttergewinde + Schraube abgesichert
V07	6.21	Kombiniertes Versagen - Muttergewinde + Schraube abgesichert
V08	6.34	Kombiniertes Versagen - Muttergewinde + Schraube abgesichert
V09	6.04	Kombiniertes Versagen - Muttergewinde + Schraube abgesichert
V10	6.51	Kombiniertes Versagen - Muttergewinde + Schraube abgesichert



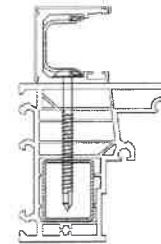
Die Versagensart bei den oben gezeigten Versuchen war einheitlich ein kombiniertes Versagen bestehend aus Abscheren des Muttergewindes und des Schraubengewindes. Exemplarisch zeigen dies die folgenden Fotografien.



Kunststoffrahmen 961 mit Stahleinschiebling

Ø5.5x65mm (SFS des Typs SPC4), $t_{\text{Rohr}} \approx 1,4 \text{ mm}$

Versuch [Nr]	F_{Trag} [kN]	Bemerkungen [-]
V11	6.58	Muttergewinde versagt / Schraube o. erkennbare Schäden
V12	6.65	Muttergewinde versagt / Schraube o. erkennbare Schäden
V13	6.71	Muttergewinde versagt / Schraube o. erkennbare Schäden
V14	6.65	Muttergewinde versagt / Schraube o. erkennbare Schäden
V15	7.58	Muttergewinde versagt / Schraube o. erkennbare Schäden

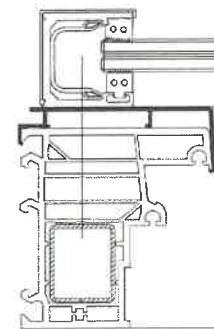


961

Kunststoffrahmen 961 mit Aluminiumdeckschale und Stahleinschiebling

Ø5.5x75mm (SFS des Typs SPC4), $t_{\text{Rohr}} \approx 1,4 \text{ mm}$

Versuch [Nr]	F_{Trag} [kN]	Bemerkungen [-]
V16	6.87	Muttergewinde versagt / Schraube o. erkennbare Schäden
V17	6.74	Muttergewinde versagt / Schraube o. erkennbare Schäden
V18	6.69	Muttergewinde versagt / Schraube o. erkennbare Schäden
V19	7.03	Muttergewinde versagt / Schraube o. erkennbare Schäden
V20	7.16	Muttergewinde versagt / Schraube o. erkennbare Schäden

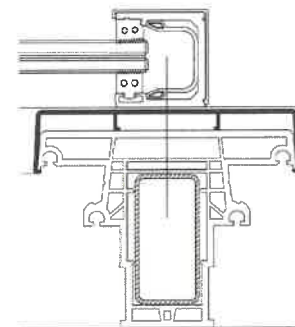


961

Kunststoffrahmen 969 mit Aluminiumdeckschale Stahleinschiebling

Ø5.5x55mm (SFS des Typs SPC4), $t_{\text{Blech}} \approx 1,4 \text{ mm}$

Versuch [Nr]	F_{Trag} [kN]	Bemerkungen [-]
V36	6.56	Muttergewinde versagt / Schraube o. erkennbare Schäden
V37	5.76	Muttergewinde versagt / Schraube o. erkennbare Schäden
V38	6.47	Muttergewinde versagt / Schraube o. erkennbare Schäden
V39	6.52	Muttergewinde versagt / Schraube o. erkennbare Schäden
V40	6.59	Muttergewinde versagt / Schraube o. erkennbare Schäden

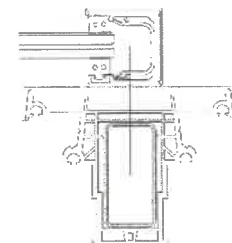


969

Kunststoffrahmen 969 mit Stahleinschiebling

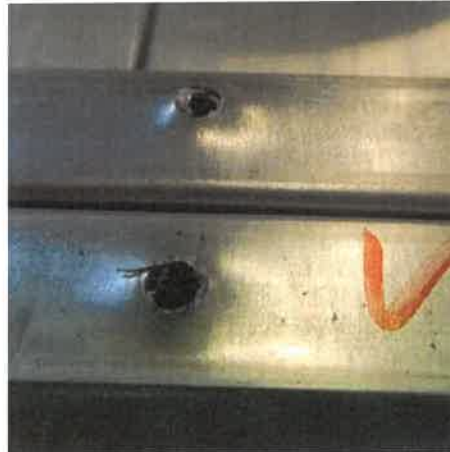
Ø5.5x45mm (SFS des Typs SPC4), $t_{\text{Blech}} \approx 1,4 \text{ mm}$

Versuch [Nr]	F_{Trag} [kN]	Bemerkungen [-]
V41	4.56	Muttergewinde versagt / Schraube o. erkennbare Schäden
V42	5.10	Muttergewinde versagt / Schraube o. erkennbare Schäden
V43	5.03	Muttergewinde versagt / Schraube o. erkennbare Schäden
V44	5.89	Muttergewinde versagt / Schraube o. erkennbare Schäden
V45	6.10	Muttergewinde versagt / Schraube o. erkennbare Schäden



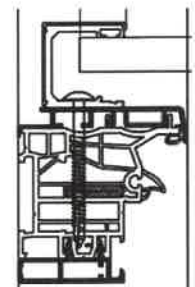
969

Die Versagensart bei den oben gezeigten Versuchen war einheitlich: Abscheren des Muttergewindes im Stahleinschiebling.

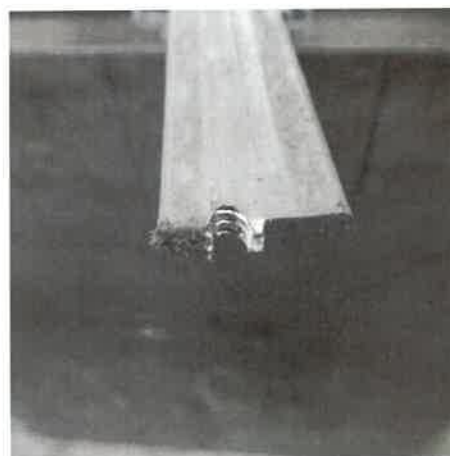
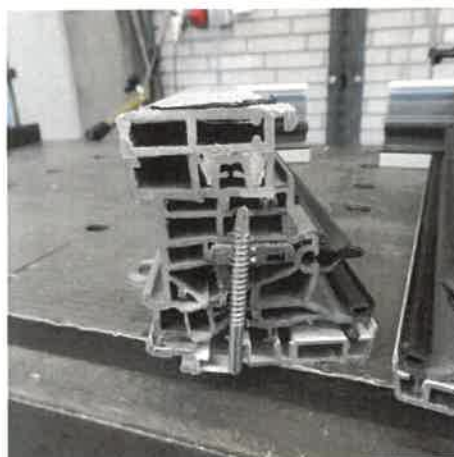


Kunststoffrahmen A1Z mit Stahleinschiebling
 $\varnothing 5.5 \times 55 \text{ mm}$ (SFS des Typs SPC4), $t_{\text{blech}} \approx 2 \times 2,5 \text{ mm}$

Versuch [Nr]	F_{Trag} [kN]	Bemerkungen [-]
V21	14.40	Schraubenkopf versagt
V22	13.54	Schraubenkopf versagt / Schraube werkseitig um 20 mm aussermittig verschr.
V23	13.31	Schraubenkopf versagt / Schraube werkseitig um 20 mm aussermittig verschr.
V24	14.93	Schraubenkopf versagt
V25	14.34	Schraubenkopf versagt

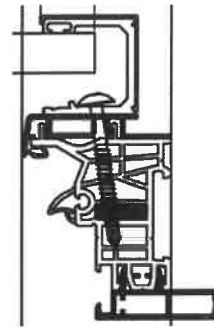


Auch hier zeigten die Kunststoffrahmen mit Stahleinschieblingen einheitliches Versagensbild. Nach der plastischen Verformung des Einschieblings, riss der Schraubenkopf schlagartig vom Schraubenschaft ab.



Kunststoffrahmen A2Y mit Stahleinschiebling
Ø5.5x55mm (SFS des Typs SPC4), $t_{\text{Alu-Blech}} \approx 4 \text{ mm}$

Versuch [Nr]	F_{Trag} [kN]	Bemerkungen [-]
V26	8.63	Muttergewinde versagt / Schraube o. erkennbare Schäden
V27	6.30	Muttergewinde versagt / Schraube o. erkennbare Schäden
V28	8.14	Muttergewinde versagt / Schraube o. erkennbare Schäden
V29	7.75	Muttergewinde versagt / Schraube o. erkennbare Schäden
V30	7.84	Muttergewinde versagt / Schraube o. erkennbare Schäden

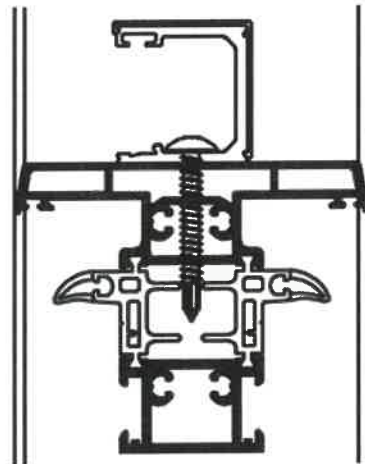


Der Kunststoffrahmen A2Y ist mit einem Alu-Einschiebling bestückt $t \approx 4 \text{ mm}$. Hier ist ein einheitliches Versagensbild zu erkennen. Abscheren des Muttergewindes. Es war kein Gewinde mehr im Aluminiumprofil vorhanden.

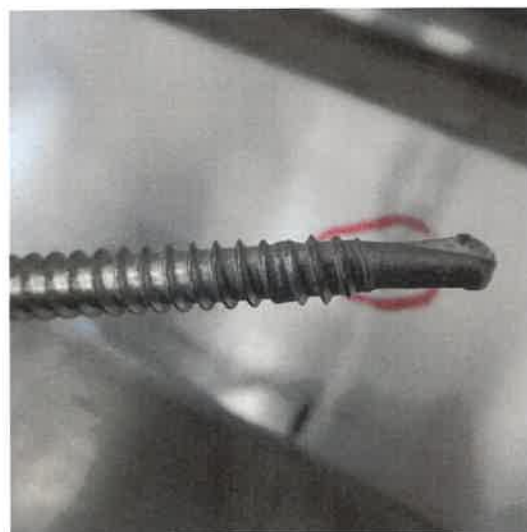


Aluminium-Verbund-Blendrahmen (thermisch entkoppeltes Profil)
 Ø5,5x50mm -A2(Hilti S-MD03PS), 2 x Profilflansch t ≈ 1,6 mm, 1 x t ≈ 1,0 mm

Versuch [Nr]	F _{Trag} [kN]	Bemerkungen [-]
V31	6.68	Muttergewinde versagt / Schraube o. erkennbare Schäden
V32	6.72	Muttergewinde versagt / Schraube o. erkennbare Schäden
V33	6.50	Muttergewinde versagt / Schraube o. erkennbare Schäden
V34	6.82	Muttergewinde versagt / Schraube o. erkennbare Schäden
V35	6.92	Muttergewinde versagt / Schraube o. erkennbare Schäden



Der hier gezeigte Versuch verhält sich ähnlich wie die Versuche zu A2Y, Ausknöpfen der Schraube - das Muttergewinde ist nach dem Versuch nicht mehr zu erkennen.



3.1.1 Sonstige Schlussfolgerungen aus den Versuchsergebnissen

Für die Versuche V01-V10 ist die Traglast kleiner als die Bruchlast. Wie im untenstehenden Diagramm zu sehen, nehmen die Verformungen quasi stetig bis zum ersten Riss in dem Kunststoffprofil bei ca. 6 [kN] zu. Bei weiterer Laststeigerung wird der Blechstreifen in das sich verformende Kunststoffprofil gezogen, es entstehen konzentrierte Kräfte im Kunststoffprofil bis die Bruchlast erreicht wird. Hier nachfolgend exemplarisch für den Versuch V03 dargestellt.

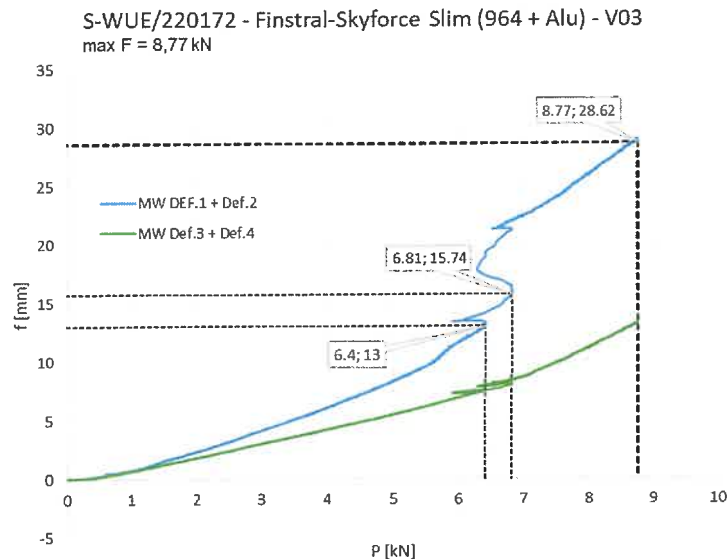


Diagramm 1: Last-Verformungskurve / Versuch V03



Bild 3.3: Verformungen des Kunststoffs im Bereich der Lasteinleitung

Es ist ein Einfluss der Aluminiumdeckschale zu erkennen. Welche Auswirkung diese hat ist allerdings systemabhängig. Im Vergleich zu den Profilen ohne Deckschale haben sich die Kunststoffprofile 961 und 969 mit Aluminiumdeckschale, in Verbindung mit den Einschieblingen, als tragfähiger erwiesen (siehe Diagramme 1 bis 3). Es ergaben sich in der Gesamtbetrachtung höhere Auszugswerte. Das kann mit der erhöhten Steifigkeit des Gesamtsystems zusammenhängen. Der Einfluss kann jedoch nur abgeschätzt und im Rahmen dieses Gutachtens nicht quantifiziert werden. Für weitere Rückschlüsse aus der Kombination des Kunststoffprofils mit der Aludeckschale benötigt es weitere Untersuchungen.

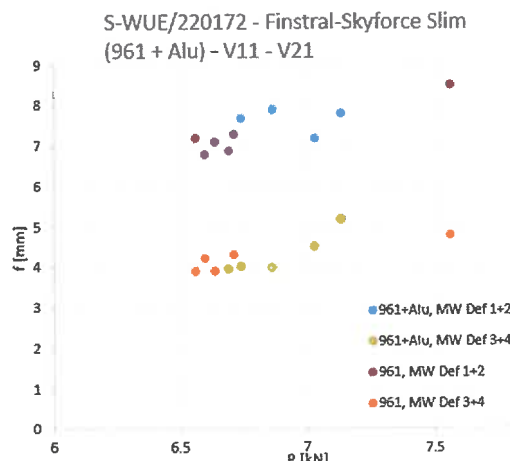


Diagramm 2: Fensterprofil 961

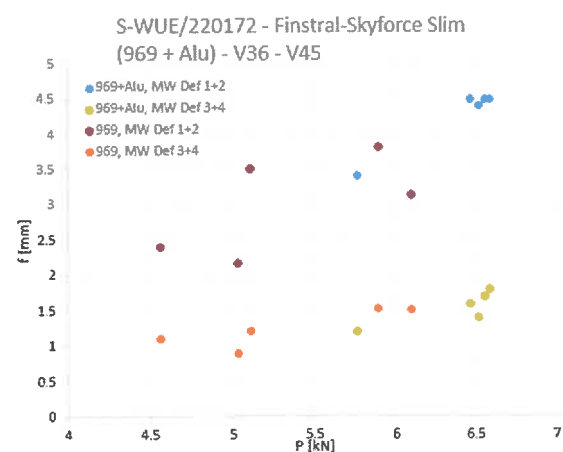


Diagramm 3: Fensterprofil 969

Zu beachten ist die Einbausituation des Stahleinschieblings von A1Z, dieser war laut Plan gegenüber den im Versuch getesteten Profilen um 180° gedreht. Es ist darauf zu achten, dass die selbstschneidende Schraube in voller Dicke des Einschieblings verankert wird.

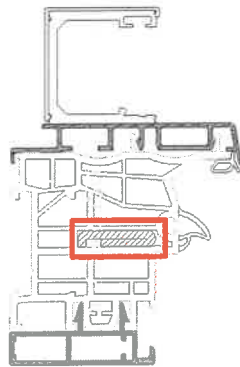


Abbildung 3.1: A1Z Laut Plan

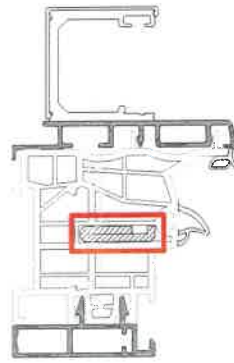
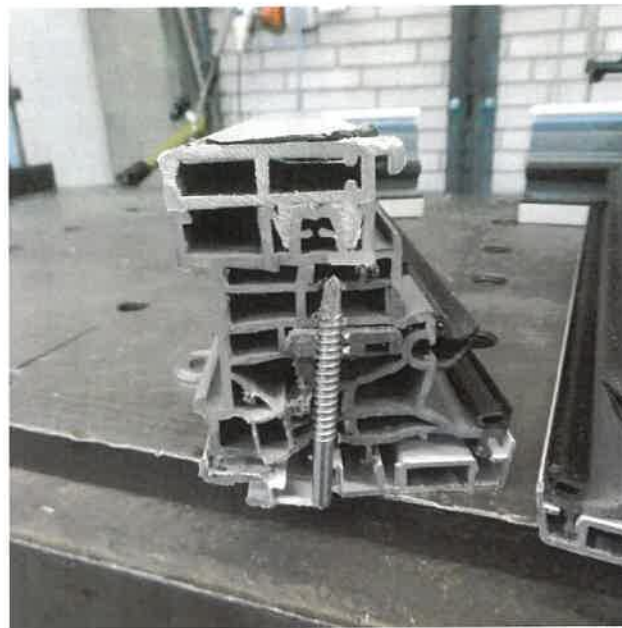


Abbildung 3.2: A1Z Im Versuch



Vorstehendes Bild zeigt den im Bereich der Schraube aufgetrennten Probekörper aus V21 bei Versuchsende. Die Dicke des Muttergewindes beträgt $2 \times 2,5 = 5,0$ mm.

Tabellarische Zusammenfassung

Versuch [Nr]	Typ [-]	F _{Taq} [kN]	t _{Blech} [mm]	Schrauben [-]	Stahlsorte	
					Kurzname	Werkstoffnr.
V01 V02 V03 V04 V05	964+Alu	6.39 6.31 6.40 6.70 6.27	≈ 2 mm	M6x30mm- A2-70 (DIN EN ISO 7380- 2)	X5CrNi18-10	1.4301
V06 V07 V08 V09 V10	964	6.72 6.21 6.34 6.04 6.51	≈ 2 mm	M6x20mm- A2-70 (DIN EN ISO 7380- 2)	X5CrNi18-10	1.4301
V11 V12 V13 V14 V15	961	6.58 6.65 6.71 6.65 7.58	Rohrwandun- g ≈ 1.4 mm	Ø5.5x65mm (SFS des Typs SPC4)	S220 GD	1.0241
V16 V17 V18 V19 V20	961+Alu	6.87 6.74 6.69 7.03 7.16	Rohrwandun- g ≈ 1.4 mm	Ø5.5x75mm (SFS des Typs SPC4)	S220 GD	1.0241
V21 V22 V23 V24 V25	A1Z	14.40 13.54 13.31 14.93 14.34	Stahlblech gefaltet ≈ 2x2.5 mm	Ø5.5x55mm (SFS des Typs SPC4)	S220 GD	1.0241
V26 V27 V28 V29 V30	A2Y	8.63 6.30 8.14 7.75 7.84	Aluminium- blechstreifen ≈ 4 mm	Ø5.5x55mm (SFS des Typs SPC4)	EN AW- 1050A	-
V31 V32 V33 V34 V35	739	6.68 6.72 6.50 6.82 6.92	Aluminium Fensterprofil ≈ 2x 1.6 + 1.25 mm	Ø5.5x50mm A2(Hilti S- MD03PS)	EN AW 6060 T5	-
V36 V37 V38 V39 V40	969+Alu	6.56 5.76 6.47 6.52 6.59	Rohrwandun- g ≈ 1.4 mm	Ø5.5x55mm (SFS des Typs SPC4)	DX51D	1.0917
V41 V42 V43 V44 V45	969	4.56 5.10 5.03 5.89 6.10	Rohrwandun- g ≈ 1.4 mm	Ø5.5x45mm (SFS des Typs SPC4)	DX51D	1.0917

Die Versagensart war bezogen auf die Versuchsreihen einheitlich. Für die Versuche 964+Alu und 964 kam es zu einem kombinierten Versagen bestehend aus Abscheren des Muttergewindes im Stahleinschiebling und Abscheren des Schraubengewindes. Bis auf A1Z kam es bei den restlichen Profilen von 961, 961 + Alu, A2Y, 969 + Alu, 969 und 739 zum Abscheren des Muttergewindes. Bei den Versuchen mit dem Profil A1Z ist aufgrund des massiven Einschieblings der Schraubenkopf abgerissen.

3.2 Auswertung der Versuchsergebnisse

Die Auszugstragfähigkeit sowohl bei den Kunststoffprofilen mit oder ohne Aluminiumdeckschale als auch das Hybridprofil aus Kunststoff und Aluminium, hängt von der Zugfestigkeit des Muttergewindes ab.

3.2.1 Profil 964 und 964 KAB

Befestigung der Stahlleiste # 15.2 mm (MNR 1.4301 mit Fließgewinde) im Rahmenüberschlag / Schrauben M 6 x L [mm] aus nichtrostendem Stahl A2-70.

Laut Tabelle 8 der DIN EN 10088 wird für die Werkstoffnummer 1.4301 eine Zugfestigkeit von $500 \text{ N/mm}^2 \leq f_u \leq 700 \text{ N/mm}^2$ gefordert.

Eine rechnerische Untersuchung nach [9] zur Bestimmung eines unteren Wertes für die Auszugstragfähigkeit der M6 x L mm-A2-70 (DIN EN ISO 7380-2) im Einschiebling aus austenitischem Stahl X5CrNi18-10 mit einer Zugfestigkeit von $f_u = 500 \text{ N/mm}^2$ ergibt:

Für eine Dicke des Muttergewindes $t = 2,0 \text{ mm}$, eine rechnerische Auszugstragfähigkeit von $F_{Rk} = 7784 \text{ [N]}$.

Der Wert aus der rechnerischen Untersuchung ist nicht vergleichbar mit dem Wert aus der experimentell ermittelten 5 %-Quantile mit $F_{Rk} = 2870 \text{ [N]}$, da hier das Versagen des Kunststoffs ein Versagen des Muttergewindes durch Abscheren auslöst. Hierbei war zu erkennen, dass eine Aufweitung des Fließgewindes durch die große Verformung das Abscheren der Gewindegänge begünstigt.

Versagenskriterium bei den Versuchen V01 bis V10 war der Bruch des Kunststoffs im Rahmenüberschlag (siehe LV-Kurven).

Bei der Festlegung der Materialsicherheit γ_{M1} wird in Anlehnung an [4] folgende Vorgehensweise unter Berücksichtigung der Lasteinwirkungsdauer, des Medieneinflusses und der Umgebungstemperatur für die Rahmen aus Polyvinylchlorid PVC-U gewählt:

1. Versagen bei stoßartiger Belastung:

$$\gamma_{M1} \times A_{\text{mod}} \approx 1,20 \times 1,29 \times 1,0 \times 1,5 \approx 2,32$$

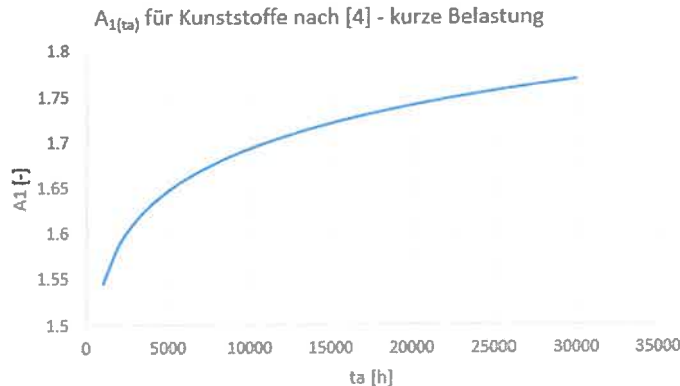
Hierbei wurde der Anteil $A_{1(ta)}$ nach [4] mit den rechnerischen Ansatz $A_{1(ta)} = (A_{1,20a})^T$ ermittelt, wobei $T = 0,253 + 0,142 \lg(t_a)$ und $t_a \leq 10 \text{ h}$ angenommen wurde.



2. Versagen bei kurzer Belastungseinwirkung (Wind, Holmlast):

$$\gamma_{M1} \times A_{\text{mod}} \approx 1,20 \times 1,59 \times 1,0 \times 1,4 \approx 2,67$$

Hierbei wurde der Anteil $A_{1(ta)}$ nach [4] mit den rechnerischen Ansatz $A_{1(ta)} = (A_{1,20a})^T$ ermittelt, wobei $T = 0,253 + 0,142 \lg(t_a)$ und $t_a \leq 2000$ h angenommen wurde.



Diese Abminderungen berücksichtigen näherungsweise das mechanische Langzeitverhalten der für die Traglast maßgebenden Kunststoffprofile. Sofern genauere Werte ermittelt werden sollen, sind umfangreiche Untersuchungen erforderlich [4].

⇒ Damit ergibt sich eine erforderliche Abminderung der statistisch ausgewerteten Tragfähigkeiten von $\gamma_M = 2,32$ bei stoßartigen Einwirkungen und zu $\gamma_M = 2,67$ bei Einwirkungen mit kurzer Einwirkungsdauer (z. B.: Wind, Holmlast)

Aus der statistischen Auswertung der Versuchsergebnisse wurden die 5 % Quantilen ($s = 75$ %) ermittelt (s. Anhang). Damit können folgende Tragfähigkeiten für zentrischen Zug für die Systeme 964 und 964+Alu festgelegt werden:

Stoßartige Einwirkungen

Typ [-]	[-]	R_m [N/mm ²]	$F_{Rk, calc}$ [N]	$F_{Rd, calc}$ [N]	$F_{Rk, Versuch}$ [N]	$F_{Rd, Versuch}$ [N]
964	DIN EN 10088	500	7784	k.A.	2870	1237
964 + Alu	DIN EN 10088	500	7784	k.A.	3010	1297

Einwirkungen mit kurzer Lasteinwirkungsdauer

Typ [-]	[-]	R_m [N/mm ²]	$F_{Rk, calc}$ [N]	$F_{Rd, calc}$ [N]	$F_{Rk, Versuch}$ [N]	$F_{Rd, Versuch}$ [N]
964	DIN EN 10088	500	7784	k.A.	2870	1075
964 + Alu	DIN EN 10088	500	7784	k.A.	3010	1127

Tabelle 3.1 Widerstand F_{Rd} für Profiltyp 964 bzw. 964 + KAB

Die bei dem Fliessbohren hergestellte Gewindetiefe muss mindestens 4,0 mm betragen.

3.2.2 Profil 961 und 961 KAB

Bei den Versuchen V11 bis V20 versagte stets das Muttergewinde im Einschiebling. Der bei Stahlversagen anzusetzende Sicherheitsbeiwert beträgt in Anlehnung an die Bestimmungen des DIBt:

$$\gamma_M = 1,33$$

Versagen der Kunststoffprofile trat nicht auf.

Tabelle 7 der DIN EN 10346 definiert eine Zugfestigkeit $R_m = 300 \text{ N/mm}^2$ für die Stahlsorte S220GD (MNR. 1.0241). Daher können die vorstehenden, experimentell ermittelten Werte für die Kunststoffrahmen mit Stahleinschiebling lediglich als Anhaltswert für die Auszugstragfähigkeit herangezogen werden.

Eine rechnerische Untersuchung nach [9] zur Bestimmung eines unteren Wertes für die Auszugstragfähigkeit der SFS des Typs SPC4 Ø 5.5 x L mm Bohrschraube in Einschieblingen aus S220GD mit einer Zugfestigkeit von $f_u = 300 \text{ N/mm}^2$ ergibt:

Für eine Dicke des Muttergewindes für $t = 1,40 \text{ mm}$ eine Auszugstragfähigkeit von $F_{Rk} = 2091 \text{ [N]}$.

Bei einer rechnerischen Untersuchung nach Mises, mit einer Zugfestigkeit von $f_u = 390 \text{ N/mm}^2$, wie im Prüfzertifikat des Stahleinschieblings bescheinigt, ergibt sich:

Für eine Dicke des Muttergewindes für $t = 1,40 \text{ mm}$, eine Auszugstragfähigkeit von $F_{Rk} = 2412 \text{ [N]}$.

Dieser Wert stimmt gut mit dem vergleichbaren Wert der experimentell ermittelten 5 %-Quantile mit $F_{Rk} = 2940 \text{ [N]}$ aus den Versuchen V11 bis V15 überein.

Daraus ergeben sich folgende Werte:

Typ [-]	[-]	$R_m \text{ [N/mm}^2\text{]}$	$F_{Rk,calc} \text{ [N]}$	$F_{Rd,calc} \text{ [N]}$	$F_{Rk,Versuch} \text{ [N]}$	$F_{Rd,Versuch} \text{ [N]}$
961	Zertifikat	346	2412	1814	2940	2211
	DIN EN 10346	300	2091	1572	-	-
961+Alu	Zertifikat	346	2412	1814	3220	2421
	DIN EN 10346	300	2091	1572	-	-

Tabelle 3.2 Widerstand F_{Rd} für Profiltyp 961 bzw. 961 + KAB

Sofern die mit Prüfzeugnis dokumentierte Zugfestigkeit R_m des Stahls S220GD für den Einschiebling mit $t \geq 1,4 \text{ mm} \geq 346 \text{ N/mm}^2$ beträgt, kann mit einer Beanspruchbarkeit bei zentrischem Zug für die hier untersuchte Schraube von $F_{Rd} = 2211 \text{ [N]}$ für den Profiltyp 961 bzw. mit $F_{Rd} = 2414 \text{ [N]}$ für den Profiltyp 961 + KAB gerechnet werden.

Ist die Zugfestigkeit des Einschieblingmaterials (S220GD) nicht durch Prüfzeugnisse dokumentiert, dürfen maximal $F_{Rd} \leq 1572 \text{ [N]}$ für beide Typen angesetzt werden.

3.2.3 Profil 969 und 969 KAB

Für das Profil 969 gilt das gleiche Prinzip wie für 961, hier ändert sich lediglich die Stahlgüte des Einschieblings, wie in untenstehender Tabelle ersichtlich.

Durch die große Streuung der experimentell ermittelten Werte (Standardabweichung 641 [N]) kommt es zu einer größeren Differenz von F_{Rk} zu $F_{Rk \text{ Versuch}}$.

Typ [-]	[-]	R_m [N/mm ²]	$F_{Rk, calc}$ [N]	$F_{Rd, calc}$ [N]	$F_{Rk \text{ Versuch}}$ [N]	$F_{Rd \text{ Versuch}}$ [N]
969	Zertifikat	390	2719	2044	1970	1481
	DIN EN 10346	270	1882	1415	-	-
969 + Alu	Zertifikat	390	2719	2044	2770	2083
	DIN EN 10346	270	1882	1415	-	-

Tabelle 3.3 Widerstand F_{Rd} für Profiltyp 969 bzw. 969 + KAB

Analog zu den Angaben des Abschnittes 3.2.2 folgt:

Sofern die mit Prüfzeugnis dokumentierte Zugfestigkeit R_m des Stahls DX51D für den Einschiebling mit $t \geq 1,4 \text{ mm} \geq 390 \text{ N/mm}^2$ beträgt, kann mit einer Beanspruchbarkeit bei zentrischem Zug für die hier untersuchte Schraube von $F_{Rd} = 1481 \text{ [N]}$ für den Profiltyp 969 bzw. mit $F_{Rd} = 2083 \text{ [N]}$ für den Profiltyp 969 + KAB gerechnet werden.

Ist die Zugfestigkeit des Einschieblingmaterials (DX51D) nicht durch Prüfzeugnisse dokumentiert, dürfen maximal $F_{Rd} \leq 1415 \text{ [N]}$ für beide Typen angesetzt werden.

3.2.4 Profil A2Y

Der Einschiebling aus Aluminium EN AW-1050A 4 H24 ist durch die DIN EN 755-2 / 2008-06 geregelt. Danach muss der Werkstoff eine Zugfestigkeit von $60 \leq R_m \leq 95 \text{ N/mm}^2$ aufweisen. Die Zugfestigkeit der in den Probekörper angeordneten Einschieblingen wird im Prüfzertifikat mit $R_m = 125 \text{ N/mm}^2$ angegeben. Das in den Probekörper eingebaute Aluminium übersteigt die Anforderungen der DIN deutlich.

Die in den Versuchen aufgetretene große Streuung ($S = 871 \text{ [N]}$) führt zu einer geringen 5 % Quantile ($s = 75 \text{ %}$). Bei größerem Probenumfang liesse sich dieser Wert verbessern. Die experimentell ermittelten Werte weichen bis zu 25 % voneinander ab, dies bedingt die erhebliche Differenz zwischen der rechnerischen und der experimentell ermittelten Beanspruchbarkeit $F_{Rk, calc}$ und $F_{Rk \text{ Versuch}}$.

Typ [-]	[-]	R_m [N/mm ²]	$F_{Rk, calc}$ [N]	$F_{Rd, calc}$ [N]	$F_{Rk \text{ Versuch}}$ [N]	$F_{Rd \text{ Versuch}}$ [N]
A2Y	Zertifikat	125	3989	2999	2870	2158
	DIN EN 755-2	60	1915	1440	-	-

Tabelle 3.4 Widerstand F_{Rd} für Profiltyp A2Y

Analog zu den Angaben des Abschnittes 3.2.2 folgt:

Sofern die mit Prüfzeugnis dokumentierte Zugfestigkeit R_m des Aluminiums EN AW-1050A 4 H24 für den Einschiebling $\geq 125 \text{ N/mm}^2$ beträgt, kann mit einer Beanspruchbarkeit gegen zentrischen Zug für die hier untersuchte Schraube von $F_{Rd} = 2158 \text{ [N]}$ für den Profiltyp gerechnet werden.

Ist die Zugfestigkeit des Einschieblingmaterials (Aluminiums EN AW-1050A 4 H24) nicht durch Prüfzeugnisse dokumentiert, dürfen maximal $F_{Rd} \leq 1440 \text{ [N]}$ dafür angesetzt werden.

3.2.5 Profil A1Z

Durch das Versagen des Schraubenkopfs wird hier auf eine rechnerische Untersuchung verzichtet. Es gelten die experimentellen Versuchsergebnisse, unter der Voraussetzung dass sich der Herstellungsprozess und das Material der gewindefurchenden Schrauben der Firma SFS $\varnothing 5.5 \times L \text{ mm}$ des Typs SPC4 nicht ändern. Die statistische Ermittlung der 5 % Quantile ($s = 75 \%$) ergibt eine Beanspruchbarkeit von: $F_{Rk} = 6270 \text{ [N]}$

Typ [-]	[-]	$R_m \text{ [N/mm}^2\text{]}$	$F_{Rk, calc}$ [N]	$F_{Rd, calc}$ [N]	$F_{Rk, Versuch}$ [N]	$F_{Rd, Versuch}$ [N]
A1Z	Zertifikat DIN EN 10346	400 300	k.A. k.A.	k.A. k.A.	6270 -	4714 -

Tabelle 3.5 Widerstand F_{Rd} für Profiltyp A1Z

Die Beanspruchbarkeit bei zentrischem Zug kann für den Typ A1Z mit $F_{Rd} \leq 4714 \text{ [N]}$ angesetzt werden.

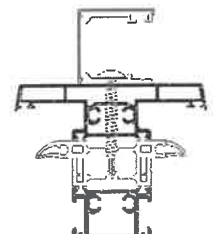
3.2.6 Profil 739

Das Profil wird aus Aluminium der Legierung EN-AW 6060 T5 hergestellt welches eine Mindestzugfestigkeit von $R_m = 160 \text{ N/mm}^2$ aufweisen muss. Die Schraube durchdringt insgesamt 3 Profilmurte mit $t = 2 \times 1,60 \text{ mm} + 1 \times 1,00 \text{ mm}$.

Die rechnerisch und experimentell ermittelten Werte stimmen gut überein. Dies bestätigt sowohl das Rechenverfahren als auch den Versuchsaufbau.

Typ [-]	[-]	$R_m \text{ [N/mm}^2\text{]}$	$F_{Rk, calc}$ [N]	$F_{Rd, calc}$ [N]	$F_{Rk, Versuch}$ [N]	$F_{Rd, Versuch}$ [N]
739	DIN EN 10345	160	2967	2231	3160	2376

Tabelle 3.6 Widerstand F_{Rd} für Profiltyp 739



3.2.7 Zusammenfassung Beanspruchbarkeiten F_{Rd} bei zentrischem Zug

Typ [-]	Zugfestigkeit R_m [-]	R_m [N/mm ²]	$F_{Rk, calc}$ [N]	$F_{Rd, calc}$ [N]	$F_{Rk, Versuch}$ [N]	$F_{Rd, Versuch}$ [N]
964	DIN EN 10088	500	7784	k.A.	2870	1075
964 + Alu	DIN EN 10088	500	7784	k.A.	3010	1127
961	Zertifikat DIN EN 10346	346 300	2412 2091	1814 1572	2940 -	2211 -
961+Alu	Zertifikat DIN EN 10346	346 300	2412 2091	1814 1572	3220 -	2421 -
969	Zertifikat DIN EN 10346	390 270	2719 1882	2044 1415	1970 -	1481 -
969 + Alu	Zertifikat DIN EN 10346	390 270	2719 1882	2044 1415	2770 -	2083 -
A2Y	Zertifikat DIN EN 755-2	125 60	3989 1915	2999 1440	2870 -	2158 -
A1Z	Zertifikat DIN EN 10346	400 300	k.A. k.A.	k.A. k.A.	6270 -	4714 -
739	DIN EN 10345	160	2967	2231	3160	2376

Tabelle 3.7 – Zusammenfassung Tragfähigkeiten F_{Rd} bei zentrischem Zug

In vorstehender Tabelle wurden vereinfachend für die Profile 964 und 964+KAB die Werte für kurze Einwirkungen angegeben, da diese Werte trotz des höheren Sicherheitsbeiwertes (vgl. Tabelle 3.1) die Anforderungen der DIN 18008-4 hinsichtlich der Tragfähigkeit von Halteleisten (linienförmige Lagerungen) bei Stoßeinwirkungen erfüllen.

Im Bedarfsfall kann bei dem Tragfähigkeitsnachweis der Befestigung bei stoßartigen Einwirkungen auf die in Tab. 3.1 höheren Werte zurückgegriffen werden. Hierbei kann eine Beanspruchbarkeit gegen zentrischen Zug für die hier untersuchte Schraube von $F_{Rd} = 1237$ [N] für den Profiltyp 964 bzw. mit $F_{Rd} = 1297$ [N] für den Profiltyp 964 + KAB angesetzt werden.

Für den Tragfähigkeitsnachweis der Verbindung unter statischen Lasten sind die Werte der Tabelle 3.7 anzusetzen.

3.3 Zulässige Befestigungsabstände

Nach DIN EN 18008-4 müssen linienförmige Lagerungskonstruktionen eine charakteristische Tragkraft von mindestens 10 kN/m vorweisen können. Hierbei darf der maximale Schraubenabstand $e = 300$ mm betragen.

Geringere Abstände dürfen verwendet werden, wenn nachweislich die resultierende Auszugskraft der Verschraubung 10 kN/m nicht unterschreitet.

Für die hier untersuchten Kombinationen aus Befestigungen und Blendrahmenprofilen müssen in Verbindung mit den Skyforce Profilen, folgende Mindest-Schraubenabstände eingehalten werden damit die Anforderungen der DIN 18008-4 / D. 1.1 erfüllt sind.

Profiltyp [-]	964	964 + Alu	961	961+Alu	969	969 + Alu	A2Y	A1Z	739
Rm [N/mm ²]	≥ 500	≥ 500	≥ 300	≥ 300	≥ 270	≥ 270	≥ 60	≥ 300	≥ 160
e [mm]	107.5	112.7	157.2	157.2	141.5	141.5	144.0	471.4	223.1

Rm [N/mm ²]	-	-	≥ 346	≥ 346	≥ 390	≥ 390	≥ 125	-	-
e [mm]	-	-	221.1	242.1	148.1	208.3	215.8	-	-

Tabelle 3.8 – Zusammenfassung Mindest-Schraubenabstände bei zentrischem Zug

Bei dem im Skyforce Slim – Profil vorhandenen Schraubenabstand von $e = 100$ mm sind somit die Anforderungen der DIN 18008-4 hinsichtlich der Tragfähigkeit an linienförmige Lagerungskonstruktionen bei stoßartigen Einwirkungen erfüllt.

Es wird empfohlen die Schrauben SFS Ø 5,5 x L Typ SPC4 durch bauaufsichtlich zugelassene Schrauben zu ersetzen.

Das LGA Materialprüfungsamt – Glasprüfstelle an der Zweigstelle Würzburg weist ausdrücklich darauf hin, dass der vorliegende Versuchsbericht keinen baurechtlichen Verwendungsnachweis darstellt.

4. Zusammenfassung

Als Anwendungsfall für die mit [6] zugelassene Bauart Skyforce Slim der Fa. OnLevel GmbH, ist beabsichtigt, die Skyforceprofile am Rahmenüberschlag eines Blendrahmens aus Kunststoff zu befestigen.

Das Materialprüfungsamt – Glasprüfstelle an der LGA Zweigstelle Würzburg, wurde von der OnLevel GmbH beauftragt experimentelle Untersuchungen zur Auszugstragfähigkeit von Schrauben aus nichtrostendem Stahl M6 x L mm / A2-70 bei zentrischem Zug durchzuführen.

Als Verankerungsgrund für die Schrauben soll ein Blechstreifen # 15.2 mm aus nichtrostendem Stahl mit der MNR. 1.4301 nach [2] – Teil 4 / Tab. 2.1] verwendet werden, der mit dem Fließbohrverfahren bearbeitet wird. Das hierbei entstehende Muttergewinde muss eine Tiefe von $t \geq 4$ mm aufweisen.

Weiter sollten die Auszugstragfähigkeiten unter zentrischem Zug von gewindefurchenden Schrauben mit der Bezeichnung: $\varnothing 5.5 \times L$ mm SFS des Typs SPC4 in Kunststoffrahmen mit und ohne Aluminiumdeckschale experimentell ermittelt werden. Hierbei werden Rechteckrohre und Stahlbleche aus Dx51D, S220 GD sowie Aluminiumbleche und Profile aus EN AW 1050 A und EN AW 6060 verwendet.

Beschreibung und Bewertung der Versuche sind ausführlich in Kapitel 3 beschrieben und in den Anlagen dokumentiert.

Die Versagensart war bezogen auf die Versuchsreihen einheitlich. Für die Versuche 964+Alu und 964 kam es zu einem kombinierten Versagen bestehend aus Abscheren des Muttergewindes im Stahleinschiebling und des Schraubengewindes.

Bis auf die Serie mit dem Profil A1Z kam es bei den restlichen Profilen (964, 964+KAB, 961, 961+KAB, 969, 969+KAB, A2Y und 739) jeweils zum Abscheren des Muttergewindes. Das Profil A1Z ergab durch seinen massiven Einschiebling ein Versagen am Schraubenkopf, hier riss der Schraubenkopf schlagartig ab.

Die Auszugstragfähigkeit der Schrauben bei zentrischem Zug, sowohl bei den Kunststoffprofilen mit oder ohne Aluminiumdeckschale als auch bei dem Verbundprofil aus Kunststoff und Aluminium, hängt wesentlich von der Zugfestigkeit des Muttergewindes ab.

Bei der Bestimmung der Tragfähigkeiten wurden daher neben den Auszugstragfähigkeiten der durch Prüfzeugnisse dokumentierten Zugfestigkeiten der Probekörpermaterialien auch die Auszugstragfähigkeiten bei der nach dem jeweiligen Materialregelwerk geforderten Mindestzugfestigkeit ermittelt.

Traglastmindernd wirken bei kleiner Probemenge auch große Streuungen, wie bei den Versuchsreihen A2Y und 969.

Nach DIN EN 18008 - 4 müssen linienförmige Lagerungskonstruktionen eine charakteristische Tragkraft von mindestens 10 kN/m vorweisen können. Hierbei darf der maximale Schraubenabstand $e = 300$ mm betragen. Geringere Abstände dürfen verwendet werden, wenn nachweislich die resultierende Auszugskraft der Verschraubung 10 kN/m nicht unterschreitet.

Querbelastrungen für die Schrauben dürfen nicht auftreten.

Für die hier untersuchten Kombinationen aus Befestigungen und Blendrahmenprofilen müssen in Verbindung mit den Skyforce Profilen, folgende Mindest-Schraubenabstände eingehalten werden damit die Anforderungen der DIN 18008-4 / D.1.1 erfüllt sind.

Profiltyp [-]	964	964 + Alu	961	961+Alu	969	969 + Alu	A2Y	A1Z	739
Rm [N/mm ²]	≥ 500	≥ 500	≥ 300	≥ 300	≥ 270	≥ 270	≥ 60	≥ 300	≥ 160
e [mm]	107.5	112.7	157.2	157.2	141.5	141.5	144.0	471.4	223.1

Rm [N/mm ²]	-	-	≥ 346	≥ 346	≥ 390	≥ 390	≥ 125	-	-
e [mm]	-	-	221.1	242.1	148.1	208.3	215.8	-	-

Tabelle 4.1 – Zusammenfassung Mindest-Schraubenabstände e [mm] bei zentrischem Zug
In Abhängigkeit der Zugfestigkeit der Einschieblinge bzw. der Befestigungsleiste.

Bei dem im Skyforce Slim – Profil vorhandenen Schraubenabstand von $e = 100$ mm sind somit die Anforderungen der DIN 18008-4 hinsichtlich der Tragfähigkeit an linienförmige Lagerungskonstruktionen bei stoßartigen Einwirkungen erfüllt.

Für den Nachweis der Halterungskonstruktionen bei den anzusetzenden statischen Einwirkungen (DIN 18008-4/Abs. 6.1) können für die hier untersuchten Kombinationen aus Befestigungen und Blendrahmenprofilen in Verbindung mit den Skyforce Profilen die in folgender Tabelle angegebenen Auszugstragfähigkeiten für zentrischen Zug angenommen werden:

Profiltyp [-]	964	964 + Alu	961	961+Alu	969	969 + Alu	A2Y	A1Z	739
Rm [N/mm ²]	≥ 500	≥ 500	≥ 300	≥ 300	≥ 270	≥ 270	≥ 60	≥ 300	≥ 160
F_{Rd} [N]	1075	1127	1572	1572	1415	1415	1440	4714	2231

Rm [N/mm ²]	-	-	≥ 346	≥ 346	≥ 390	≥ 390	≥ 125	-	-
F_{Rd} [N]	-	-	2211	2421	1481	2083	2158	-	-

Tabelle 4.2 – Zusammenfassung Auszugstragfähigkeit F_{Rd} [N] bei zentrischem Zug
In Abhängigkeit der Zugfestigkeit der Einschieblinge bzw. der Befestigungsleiste.

Es wird empfohlen die Schrauben SFS Ø 5,5 x L Typ SPC4 durch bauaufsichtlich zugelassene Schrauben zu ersetzen.

Das LGA Materialprüfungsamt – Glasprüfstelle an der Zweigstelle Würzburg weist ausdrücklich darauf hin, dass der vorliegende Versuchsbericht keinen baurechtlichen Verwendungsnachweis darstellt.