
**CZECH AIRCRAFT WORKS
CZAW CH601XL ZODIAC****EINBAU UND FESTIGKEITSNACHWEIS
GESAMT-RETTUNGSSYSTEM GALAXY GRS6-600**



Erstellt von:	Martin Pohl eidg. dipl. Masch.-Ing. ETH	Erstellt am:	14. September 2009
Adresse:	Feldmoosstrasse 7 8853 Lachen SZ Schweiz	Version:	1.0
Kontakt:	Email: mpohl@pohltec.ch Web: www.pohltec.ch/ZodiacXL Tel: +41 (0)76 343 28 16		

1 Inhaltsverzeichnis

2	<u>DEFINITIONEN</u>	3
2.1	GESAMT-RETTUNGSSYSTEM GALAXY GRS6-600	3
2.2	VORSCHRIFTEN FÜR GESAMT-RETTUNGSSYSTEME	4
3	<u>INSTALLATION DES GRS6-600</u>	5
3.1	INSTALLATION IM FLUGZEUG	5
3.2	ZEICHNUNGEN / STÜCKLISTE	5
4	<u>FESTIGKEITSNACHWEIS</u>	6
4.1	ALUMINIUMKLAMMER FÜR KEVLAR-TRAGELEINE	6
4.2	BEFESTIGUNGSBOLZEN DER KLAMMER	7
4.3	AUSREISSEN DER AN4-BOLZEN AUS L-PROFIL	7
4.4	BEFESTIGUNG VERSTÄRKUNGSPROFIL AN LÄNGSHOLM	8
5	<u>ZUSAMMENFASSUNG</u>	9
6	<u>REVISIONEN</u>	9
7	<u>ANHANG</u>	9

2 Definitionen

Im Zodiac „HB-YNA“ wird ein Gesamtrettungssystem Galaxy GRS6-600 (im weiteren Text GRS6) eingebaut. Die Einbauanordnung erfolgt in Anlehnung an den von Zenith Aircraft empfohlenen Einbauplan von BRS Parachutes USA (siehe Anhang).

2.1 Gesamt-Rettungssystem Galaxy GRS6-600

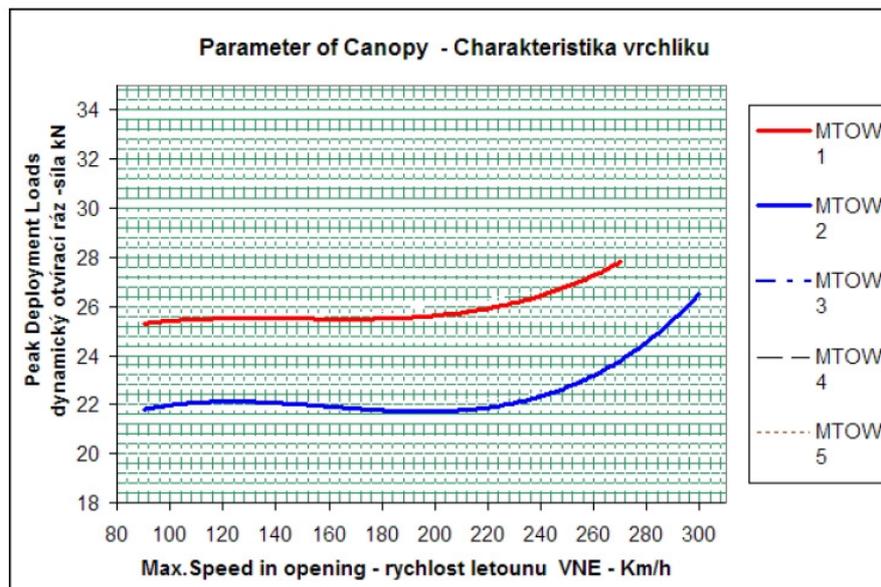
Beim GRS6 wird die Fallschirmkappe als komplette Einheit von der Rakete aus dem Flugzeug gezogen. Dadurch wird vermieden, dass die Kappe durch den Windstrom gebogen und deformiert wird. Der Fallschirm entfaltet sich erst nach dem Strecken der Leinen in einer Entfernung von ca. 17m vom Flugzeug (nach ca. 0,7 s).

Im Zodiac wird die Ausführung GRS6-600 „SD“ (Softpack ohne Container) verwendet.

Technische Parameter Galaxy GRS6-600

Fläche Rettungsschirms:	115 m ²
Anzahl Fallschirmleinen:	26
Gesamtgewicht mit Aufhängegurt:	12,3 kg
Dimensionen Softpack:	490 x 250 x 190 mm
Dimensionen Rakete:	390 x 115 x 92 mm
Max. geprüfte Gebrauchsgeschwindigkeit:	300 km/h (162 kts)
Max. Anhängelast:	600 kg (1'350 lbs)
Öffnungszeit (ISA):	5,0 – 6,3 s (abhängig von Fluggeschwindigkeit)
Max. Öffnungsstoss bei 250 km/h ($\approx v_{NE}$):	22'200 N (3,8 g)
Sinkgeschwindigkeit bei 600 kg:	6,9 m/s (1'360 ft/min)
Inspektions-Zyklus:	6 Jahre
Max. Lebensdauer:	30 Jahre

Der auftretende maximale Entfaltungsstoss bei unterschiedlichen Fluggeschwindigkeiten ist in der nachfolgenden Grafik (Abb. 1) dargestellt.



GRS 6/600 SD Evropa

	90	150	250	270	speed km/h	1. Test
curve1	25,3	25,5	26,8	27,8	power kN	640 Kg
						max.
curve 2	90	150	250	300	speed km/h	Test
	21,8	22	22,7	26,5	power kN	2. 600 Kg

Abb. 1: Maximaler Entfaltungsstoss des Galaxy GRS6-600.

2.2 Vorschriften für Gesamt-Rettungssysteme

Der GRS6-600 ist als Rettungssystem für LSA-Flugzeuge (Light Sport Aircraft) vorgesehen. Die FAA und andere Luftfahrtämter haben dafür entsprechende Vorschriften erlassen, welche der GRS6 erfüllt.

Den Einbau des Rettungssystems im Flugzeug hingegen überlässt die FAA (und andere Luftfahrtämter wie z.B. die CAA) weitgehend den Flugzeugherstellern. Das deutsche Luftfahrt-Bundesamt (LBA) gibt hierzu entsprechende Vorgaben.

Einbauvorschrift Luftfahrt-Bundesamt (LBA)

In Anhang 1 (Absatz 2 und 3) der „Lufttüchtigkeitsforderungen für aerodynamisch gesteuerte Ultraleichtflugzeuge“ wird der Einbau eines Rettungsgerätes definiert:

2. Belastung durch das Rettungssystem

1. Der Festigkeitsverband zwischen den Anschlusspunkten der Tragseile des Rettungssystems und den Sitzen und Anschnallgurten muss so bemessen sein, dass er im Falle einer Betätigung des Rettungssystems innerhalb des zugelassenen Betriebsbereiches des ULs den max. zu erwartenden Entfaltungsstoß ertragen kann.
2. Wenn die Tragseile an mehreren Punkten des Festigkeitsverbandes angreifen, dann muss jeder einzelne Anschlusspunkt eine Last sicher tragen können, die dem Entfaltungsstoß mal dem Faktor 1,3 entspricht.

Anmerkung:

Der betroffene Festigkeitsverband schließt die Anschlusspunkte, Sitze und Befestigungspunkte der Anschnallgurte ein.

3. Es muss angenommen werden, dass der Entfaltungsstoß in der für den Festigkeitsverband ungünstigsten möglichen Richtung wirkt.

3. Einbau des Rettungssystem

1. Die Befestigung des Rettungssystems muss für die max. Lastvielfachen bemessen sein, die den festgelegten Flug- und Bodenlastbedingungen, einschließlich der beschriebenen Notlandebedingungen entsprechen.
2. Es muss sicher gestellt sein, dass ein Kappen der Tragseile durch den Propeller oder andere Teile des ULs verhindert wird.
3. Im Falle der Betätigung des Rettungssystems muss die Lagerung und die umgebende Struktur in der Lage sein, eine möglicherweise auftretende Rückstoßkraft aufzunehmen.
4. Die Betätigungseinrichtung muss so angebracht sein, dass sie vom Flugzeugführer, auch unter Beschleunigungsbedingungen, ungehindert erreichbar und leicht zu betätigen ist.
5. Es muss sichergestellt sein, dass das Rettungsgerät bei der Auslösung nicht behindert oder beschädigt wird.
6. Austrittsöffnungen für pyrotechnische Systeme müssen von außen deutlich sichtbar in geeigneter Weise markiert sein.

Abschnitt 2.2. definiert die beim Zodiac CH601XL in einem Aufhängungspunkt auftretende und nachzuweisende Last:

$$F_{\text{einzel}} = 1.3 \cdot F_{\text{Entfaltungsstoss}} = 1.3 \cdot 22'200N = 28'860N \quad [1]$$

3 Installation des GRS6-600

3.1 Installation im Flugzeug

Der GRS6 wird analog zur Einbauanleitung von BRS Parachutes USA und Zenith Aircraft eingebaut (Abb. 2, Dokument im Internet: <http://www.zenithair.com/zodiac/data/brs-chute-601.pdf>).

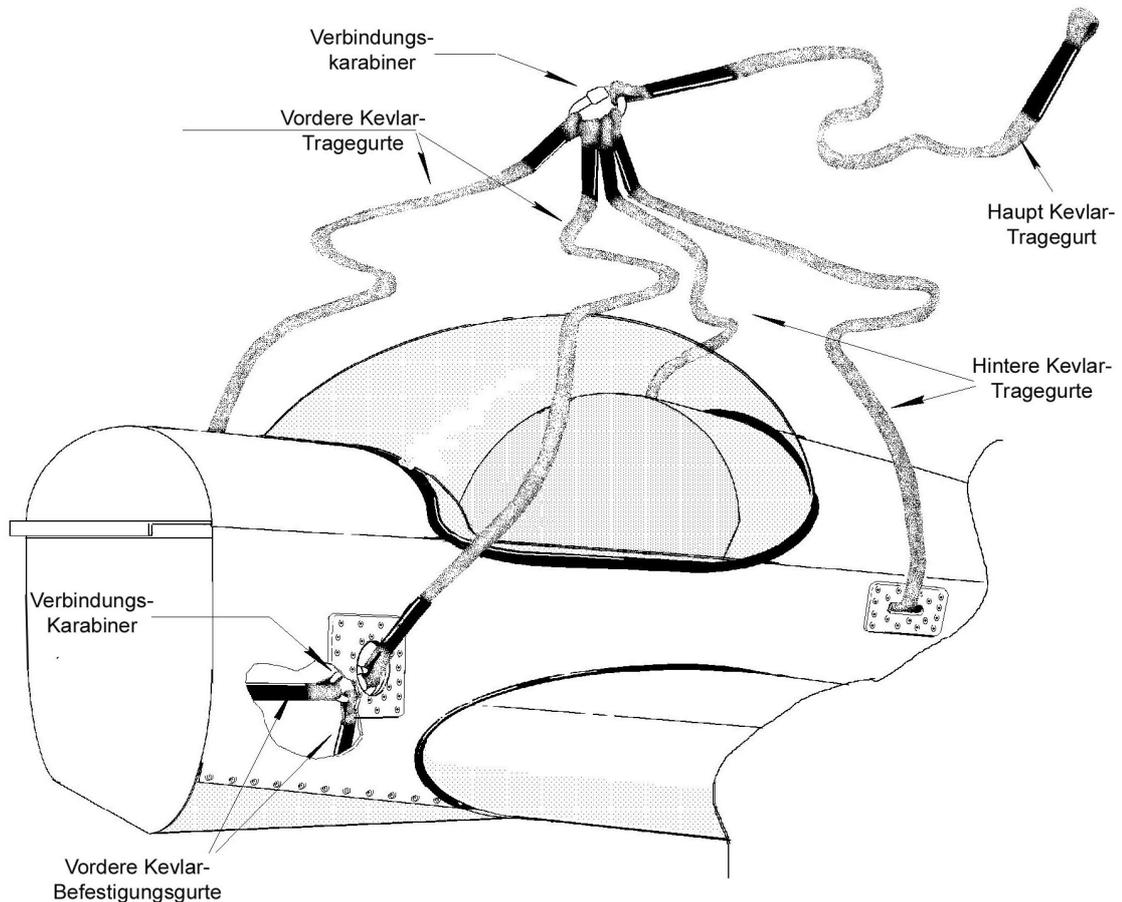


Abb. 2: Einbauanordnung des GRS6-600 im CZAW CH601XL Zodiac.

Fallschirmpaket und Rakete sind im hinteren Gepäckfach installiert. Vom Hauptkarabiner führen 4 Kevlar-Trageleinen (3 m x 30 x 4 mm, 50 kN) zu den Befestigungspunkten am Flugzeug. Die Trageleinen sind auf der Rumpfaussenseite durch Aluminium-Abdeckungen geschützt.

Die vorderen Leinen sind an je zwei Punkten (Firewall und Längsholm Bodenbereich) befestigt und über zwei kurze Kevlar-Trageleinen (25 cm x 30 x 4 mm) und Karabiner (45 kN) verbunden. Die hinteren Leinen führen zu Befestigungspunkten am Längsholm im Bodenbereich.

Die Befestigung der Kevlar-Trageleinen an der Rumpfstruktur bestehen aus einer Aluminiumklammer und einem Aluminium-L-Verstärkungsprofil.

Auf der Rumpfoberseite, oberhalb des Gepäckfachs, ist eine Abschussöffnung ausgeschnitten, welche durch eine Aluminiumblech-Abdeckung geschlossen wird. Die Trageleinen führen direkt durch diese Öffnung zum Hauptkarabiner am Fallschirmpaket. Das Fallschirmpaket ist in einem Behälter montiert, welcher sich im Rumpf-Gepäckfach befindet. Die Rakete ist vertikal/leicht nach hinten geneigt montiert. Abgase der Rakete werden in den hinteren unteren Rumpfbereich geführt.

3.2 Zeichnungen / Stückliste

Zeichnungen inklusive Stückliste zum Einbau des Rettungssystem sind im Anhang dargestellt.

4 Festigkeitsnachweis

Folgende Festigkeitsnachweise an einem Aufhängungspunkt müssen erbracht werden:

- (1) Aluminiumklammer für Kevlar-Trageleine (Zug)
- (2) Befestigungsbolzen für die Aluminiumklammer (Zug-/Querkraft)
- (3) Verstärkungsprofil, Ausreißen der Bolzen
- (4) Verstärkungsprofil, Querkraft Verbindungsbolzen mit Längsholm.

In den nachfolgenden Abschnitten werden für alle aufgeführten Punkte ein rechnerischer Festigkeitsnachweis erbracht.

4.1 Aluminiumklammer für Kevlar-Trageleine

Form und Aufbau der Aluminiumklammer ist in der nachfolgenden Abbildung dargestellt.

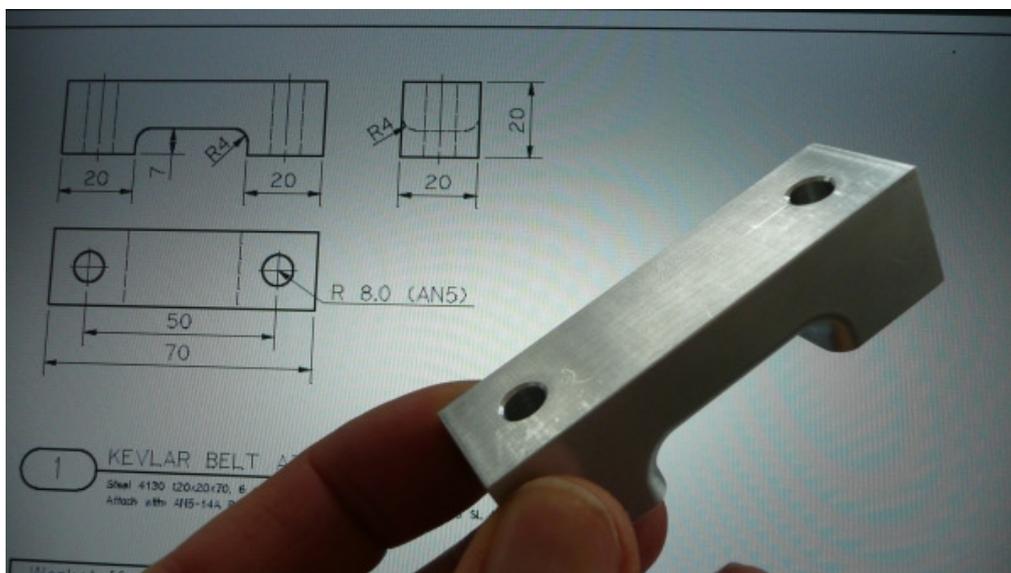


Abb. 3: Aluminiumklammer für Befestigung der Tragegurte.

Die Krafteinleitung von der Kevlar-Trageleine auf die Aluminiumklammer kann als gleichmässig verteilte Zuglast angenommen werden (Abb. 4).

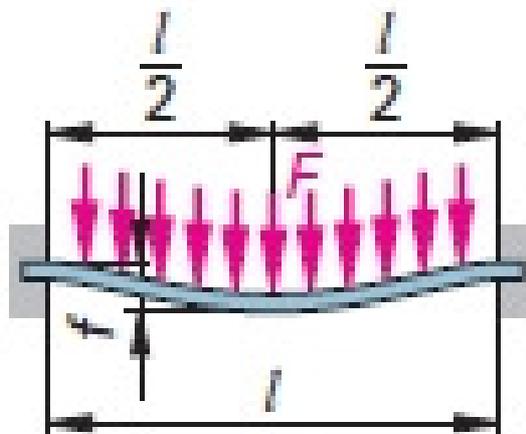


Abb. 4: Doppelseitig eingespannter Träger mit gleichmässig verteilter Belastung.

Die Abmessungen der Aluminiumklammer sind wie folgt:

Länge Steg: $l = 30 \text{ mm}$, Dicke Steg: $h = 13 \text{ mm}$, Breite Steg: $b = 20 \text{ mm}$.

Das maximale Biegemoment im Steg der Aluminiumklammer ergibt:

$$M_{b,\max} = \frac{F_{\text{einzel}} \cdot l_{\text{Steg}}}{8} = \frac{28'860\text{N} \cdot 30\text{mm}}{8} = 108'225\text{Nmm} \quad [2]$$

Mit dem Flächenträgheitsmoment des Rechteck-Stabs:

$$I_y = \frac{b \cdot h^3}{12} = \frac{20\text{mm} \cdot (13\text{mm})^3}{12} = 3'662\text{mm}^4 \quad [3]$$

ergibt sich die maximale Normalspannung im Stab:

$$\sigma_{\max} = \frac{M_b}{I_y} \cdot z = \frac{M_{b,\max}}{I_y} \cdot \frac{h}{2} = \frac{108'225\text{Nmm} \cdot 15\text{mm}}{3'662\text{mm}^4 \cdot 2} = 193 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad [4]$$

Die Fließspannung (yield strength) beim verwendeten Aluminium (6061-T6) beträgt 276 N/mm² (ultimate strength: 310 N/mm²).

Die Aluminiumklammer hält der auftretenden Belastung mit einem Sicherheitsfaktor von 1.4 (ultimate 1.6) stand.

4.2 Befestigungsbolzen der Klammer

Die Aluminiumklammer wird mit 2 AN4-Bolzen an der Flugzeugstruktur verschraubt. Die Last pro Bolzen beträgt:

$$F_{\text{Bolzen}} = \frac{1}{2} F_{\text{einzel}} = 14'430\text{N} \quad [5]$$

Die maximale Zuglast (ultimate strength) eines AN4-Bolzens (AN Steel Bolt) beträgt 18'185 N (Ref. Bruhn).

Die AN4-Bolzen halten der auftretenden Belastung mit einem Sicherheitsfaktor von 1.26 stand.

4.3 Ausreißen der AN4-Bolzen aus L-Profil

Die beiden AN4-Bolzen, mit denen die Aluminiumklammer an der Flugzeugstruktur befestigt ist, könnten bei zu hohen Zuglasten durch das L-Profil (Rumpf-Longeron/Verstärkungsprofil mit der Profildicke $t = 0.093'' = 2.3\text{mm}$) und durch die Rumpfbepunktung (Stärke Bepunktung bei Nachweis vernachlässigt) ausgerissen werden.

Die auftretenden Schubspannungen im Verstärkungsprofil werden mit folgendem Ansatz ermittelt: Die Gesamtlast verteilt sich ausschliesslich entlang dem Rand der Stahl-Unterlagsscheibe (AN960-416, Aussendurchmesser: $d_{\text{Washer}} = 12,7\text{mm}$). Die Schubkraft kann entlang dieser Drucklinie berechnet werden (konservativer Ansatz).

Der Liniendruck entlang des Randes der Unterlagsscheibe ergibt sich aus:

$$p_{\text{Washer}} = \frac{F/2}{\pi \cdot d_{\text{Washer}}} \quad [6]$$

Die Schubspannung lässt sich aus

$$\sigma_s = \frac{p_{\text{Washer}}}{t_{\text{L-Pr ofil}}} \quad [7]$$

berechnen und beträgt unter Berücksichtigung des Liniendrucks:

$$\sigma_s = \frac{F}{2\pi \cdot d_{Washer} \cdot t_{L-Pröfil}} = \frac{28'860N}{2\pi \cdot 12.7mm \cdot 2.3mm} = 157 \frac{N}{mm^2} \quad [8]$$

Die maximal zulässige Schubspannung für Aluminium 6061-T6 beträgt 207 N/mm² (ultimate shear strength).

Die Verstärkungsprofile halten der auftretenden Belastung mit einem Sicherheitsfaktor von 1.3 stand.

4.4 Befestigung Verstärkungsprofil an Längsholm

Das Aluminium-Verstärkungsprofil ist mit 5 AN3-Bolzen mit dem Rumpfboden-Längsholm verbunden. Die Scherkräfte resp. ein gewisser Biegemomentanteil vom Längsholm müssen mit diesen Bolzen vom Verstärkungsprofil auf den Längsholm und umgekehrt übertragen werden.

Die Scherbelastung auf einen einzelnen AN3-Bolzen beträgt:

$$F_{AN3,s} = \frac{1}{5} F_{\text{einzel}} = 5'772N \quad [9]$$

Ein AN3-Bolzen kann maximal Scherkräfte von 9'500 N aufnehmen (Bruchfestigkeit).

Die AN3-Bolzen halten der auftretenden Scherbelastung mit einem Sicherheitsfaktor von 1.65 stand.

5 Zusammenfassung

Mit dem vorliegenden Einbau des Galaxy GRS6-600 Gesamtrettungssystem in einem CZAW CH601 Zodiac werden alle vom Luftfahrt-Bundesamt (LBA, Deutschland) gestellten Anforderungen erfüllt. Die erforderliche Festigkeit für die Befestigungspunkte des Rettungssystems an der Flugzeugstruktur konnte nachgewiesen werden.

6 Revisionen

14. September 2009 1.0 Erstausgabe

7 Anhang

Zeichnungen / Stückliste