

Ladungssicherung für Personentransporte an Hubschraubern

Enrico Ragoni, CEO

AirWork & Heliseilerei GmbH (A&H)

CH-6405 Immensee

ragoni@air-work.com

Abstract

Mit Hubschraubern werden seit den 50er-Jahren des letzten Jahrhunderts Personen als Aussenlast transportiert. Zunächst für die Rettung, liegend auf einer Trage, dann an Seilen sitzend, später in Säcken liegend. Die Anwendungen wurden ergänzt für Sondereinsatzkommandos, für das Positionieren von Arbeitskräften, bis hin zu Arbeiten am Seil, wie das „Tannenzäpfeln“ oder die Baumpflege. Von 1 Person als Aussenlast hat sich das Lastspektrum heute auf bis zu 6 (Sessel- oder Kabinenseilbahn) oder bis zu 10 Personen für Sondereinsatzkommandos mit einer Gesamtnutzlast von 1600 kg erweitert.

Für den Bau der Bergetauausrüstungen werden auch Maschinenelemente wie EN 1677 Ovalringe, Verbindungsglieder, Drallfänger usw. verwendet. Während in den Pionierzeiten noch von Hand geknotete Naturfaserseile mit Aluminiumverbindungsgliedern nach der Formel „Handgelenk x Pi“ hergestellt und eingesetzt wurden, lagen in den 70er-Jahren bereits kleine Vorschriften für Bau- und Ausrüstungsteile einzelner Luftämter vor. Heute ist der Transport von Personen als Aussenlast, das sog. Human External Cargo (HEC), die Domäne der EASA. Richtig spannend wird es, wenn eine militärische Zulassungsstelle, gepaart mit den Anforderungen eines Luffahrzeugherstellers, zum Zuge kommen.

1 Übersicht

2 Das Problem mit der Redundanz

Personenlasten werden am Primärlasthaken des Hubschraubers angeschlagen. Wie eine tote Last. Das Problem dabei ist, dass die mechanische und/oder elektrische Auslösung dieser Primärlasthaken einkanalig, nicht diversitär und nicht fehlersicher ist.

Abb.1 Höchste je durchgeführte Bergetaurettung

Foto Air Zermatt AG 2010 ©

MERS2
Fixrope for Human External Cargo

Without altitude limits

MultiEvacuationRescueSystem2
for Human External Cargo up to 800 kg

2010, Nepal's Fishtail Air and
Swiss Air Zermatt AG performed
the highest air-rescue operation ever.

The mission took place at Mt. Annapurna,
Nepal at an altitude of 6900 m / 22600 ft.

A&H
Equipment

www.air-work.com



Der sog. Primary Quick Release ist ein Druck- oder Kippschalter, der einen elektrischen Kreislauf schliesst und den Lasthaken elektrisch öffnet (Solenoid); der sog. Backup Quick Release ist ein Bowdenzug oder ein ölhydraulisches System, das den Lasthaken mechanisch öffnet. Drückt der Pilot auf den Auslöseknopf, zieht er am Bowdenzug, ist die Last weg. Ebenso bei einem elektrischen Kurzschluss.

Das Design der Lasthaken lässt weiter zu, dass ungewollte Öffnungen durch mechanische, dynamische/kinetische Einflüsse eintreten können.

Abb. 2 Stick (elektrische Auslösung); Abb. 3 Pitch (mechanischer Hebel liegt unter der Hand des Piloten)

2.1 Redundanzsystem mit Hilfsmitteln



Ursprünglich wurde zum Primärlasthaken ein Band oder ein Seil definiert, das von einer 2. Person an Bord ausgelöst werden kann (Messer oder ein mechanisches System).

Dieses Redundanzsystem hat die Aufgabe, bei einer ungewollten Öffnung des Primärlasthakens die fallende Last aufzuhalten und zu tragen. Im Notfall, wenn das System Hubschrauber kollabiert, muss man jedoch eben diese Personenlast wieder loswerden. In der Logik der Luftfahrt (EASA) ist alles gut, wenn nur das Luftfahrzeug heil am Boden ankommt.

Abb. 4 Schematische Darstellung einer Redundanz (grün) mit Rückhaltevorrichtung (rot)



Will man einen älteren Hubschrauber nachrüsten, ist eine Kabinensicherung aus einem Seil oder Band bis heute der einzig gangbare Weg. Nicht, dass es nicht möglich wäre, einen älteren Hubschrauber mit einem modernen System nachzurüsten, die Hürden der Vorschriften und Zulassungsstellen sind jedoch unüberwindbar hoch.

Das Nachrüsten mit einem einzigen elektrischen Kabelstrang vom Cockpit bis zum Redundanzsystem wird mit Aufwändungen von € 1 Mio. plus veranschlagt – pro Hubschrauber.

Abb. 5 Doppellasthakensystem mit Y-Tau



2.2 Doppellasthakensysteme

Modernere Hubschrauber verfügen heute über ein sog. Doppellasthakensystem mit einem Primär- und einem Sekundärlasthaken. Die elektrische (PQRS) und manuelle (BQRS) Auslösung beider Lasthaken ist nach wie vor einkanalig, nicht diversitär und nicht fehlersicher, aber immerhin ist das System so etwas wie redundant.

Abb. 6 Abflug 3 Personen am Bergetau

3 Das fliegende Hebezeug

3.1 Der Sikorsky CH-53

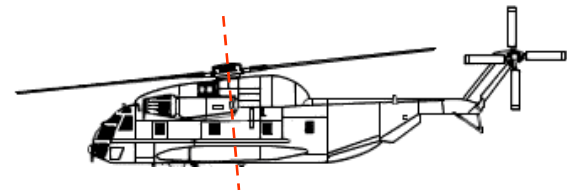
Der Sikorsky CH-53 (Cargo Helicopter) wird seit den 1964-Jahren gebaut (Erstflug Prototype, Auslieferung 1966) und ist mit einer Aussennutzlast bis 9 Tonnen in der Bundeswehr das „Arbeitstier“ schlechthin.

Er hat einen Lasthaken, der im „centre of gravity“, in der verlängerten Achse des Hauptrotormastes liegt.



Abb. 7 Sikorsky Sea Stallion

Abb. 8. Centre of gravity

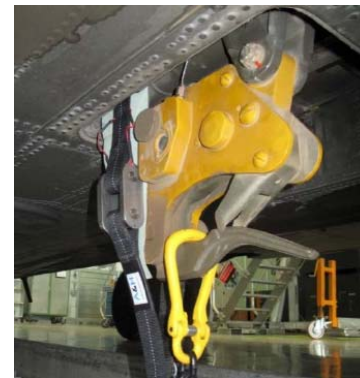


3.2 Lasthakensystem

Der Lasthaken ist in einem Schacht in der Zelle mittels einem longitudinal angeordneten Lastträgers eingebaut und kann in Flugrichtung nach links ausgeschwenkt und in die Zelle hochgezogen werden.

Die Bedienung erfolgt im Regelfall elektrisch durch den Piloten oder vom Bordwart/Bordfeldweibel manuell mittels Bowdenzug.

Abb. 9 Lasthakensystem CH-53 (mit Funktionsmuster einer Redundanz)



3.3 Redundanzsystem

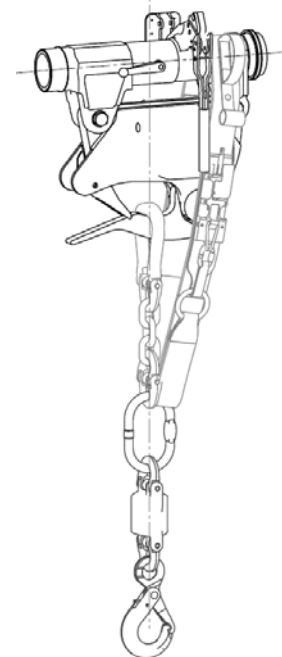
Mit der CH-53 sollen Personen als Aussenlast befördert werden. Dies erfordert den Einbau eines Redundanzsystems. Dieses besteht im Wesentlichen aus 2 Teilsystemen:

- dem Primärlastpfad, der im Normalbetrieb mit den Primärlasthaken und die Personenlast verbindet; der Sekundärlastpfad, das eigentliche Redundanzsystem, liegt passiv im Verbindungsring
- der Sekundärlastpfad, der im Fall der ungewollten Öffnung des Primärlasthakens zusammen mit dem unteren Teil des Primärlastpfades die Personenlast samt den dynamischen Zusatzkräften aufnimmt.

Die eingesetzten Werkstoffe PES, PA, Stahl Güteklasse 8 und 10 sowie diverse andere Werkstoffe wurden einer Reihe von Tests nach militärischen Standards für eine weltweite Verwendung in allen Klimazonen und unter allen Wetterbedingungen unterzogen.

Neben Brennbarkeitstests wurden Pilzbefall, UV-Licht, Sand, Hitze-Kälte, Salzwasser und Schwingungen durchgeführt.

Abb. 10 Schematische Darstellung der Redundanz



4 Primärlastpfad und die Überraschungen

Der Primärlastpfad besteht ausschliesslich aus Normbauteilen der harmonisierten Norm EN 1677-1:2009 „Einzelteile für Anschlagmittel - Sicherheit - Teil 1: Geschmiedete Einzelteile, Güteklasse 8 (und 10).



Abb. 11 Ein Streckenlastelement aus den Norm-Bauteilen SKN, SKLI und SKO, verbunden mit SKA

Diese Bauteile werden seit Jahrzehnten auch für den Lastentransport mit Hubschraubern verwendet.

Wenn es allerdings um Personentransporte als Aussenlast geht, steigt bei allen Beteiligten die „Fieberkurve“ massiv an. Die Risikobetrachtung wechselt von „hazardous“ (bei toten Lasten) auf „catastrophic“ bei Personenlasten. Ein Lastverlust ist nicht akzeptierbar.

Zu allen Sicherheiten kommen nochmals Reserven oben drauf. Und weil diese EN 1677-Bauteile keine Luftfahrtbauteile sind, stellen nicht nur die „Stressleute“ und Statiker, sondern auch die sog. Compliance Verification Engineers (CVE) entsprechende Fragen. Ohne das OK des CVE läuft nichts!

4.1 Normbauteile

Die Risikobetrachtung der Normbauteile Verbindungsglied (Connex) begegneten wir zunächst mit der Behauptung, dass diese Teile zu zeh-, ja zu hunderttausenden im Einsatz stehen. Wie viele Teile pro Jahr in etwa in Verkehr gesetzt werden, konnten wir von einem Hersteller noch in Erfahrung bringen. Wie viele Teile davon neu in Verkehr gesetzt werden oder als Reparaturteil zum Einsatz kommen, konnte uns hingegen niemand sagen.

Ein Meldewesen und Statistiken, wie die Luftfahrt sie kennt, gibt es nicht.

Auch da, wo diese Bauteile in Bergetausystemen seit den 80-Jahren eingesetzt werden, gibt es keine Zahlen, keine bekannten Vorkommnisse.

Die Sicherheit der Bauteile über die Normprüfungen (APZ der Hersteller) konnten mit Zugversuchen verifiziert werden, ebenso die klassischen Versagensbilder der spezifischen Teile.

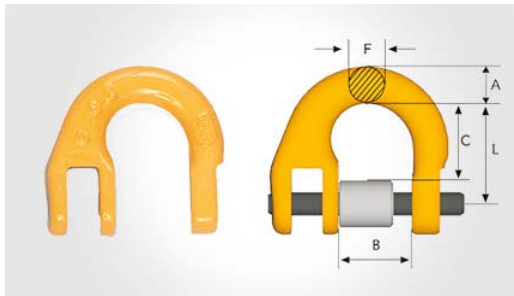
Aber wie sieht es mit der Zuverlässigkeit aus und wie mit der Sicherheit im Fehlerfall? Wir waren zunächst ratlos.

4.2 Zuverlässigkeit

„Meister Zufall“ spielte uns in die Hände: innert kurzer Zeit ereigneten sich mehrere Vorkommnisse, welche die Frage nach der Zuverlässigkeit halfen auszuleuchten. Folgendes Vorkommnis als Beispiel.

4.2.1 Verbindungsglieder G/KST/SKR mit Bolzen und Spannhülse SKA

Verbindungsglieder des Typs G-, SKT- oder SKR werden mit einem Bolzen und Spannhülse miteinander oder mit anderen Teilen verbunden. Es passen immer nur Bauteile gleicher Grösse zusammen, zum Beispiel SKT-10-8 mit SKLI-10-8 (WLL 3.2 to).



Der Bolzen SKA hat eine Nut. In diese Nut greift die Hülse mit einer innenliegenden Feder ein und hält den Bolzen fest. Sind die Teile korrekt montiert, kann man beide Glieder, den Bolzen und die Spannhülse, unabhängig voneinander bewegen (Nachkontrolle bei Montage).

Abb. 12 Verbindungsglieder SKT



Abb. 13 Bolzen mit Spannhülse

Vorkommnisfeststellung bei einer Inspektionsmassnahme

Anlässlich einer Jahresinspektion bei einem Kunden stellten wir fest, dass sich zwei Glieder fast nicht mehr bewegen liessen. Zunächst vermuteten wir einen Trockenlauf mit Rost (der Klassiker unter den Findings). Untypisch war ein deutlich vernehmbares Kratzen. Bei näherer Betrachtung ergab sich, dass bei der Montage des Bolzens das Ende der Feder vom Bolzen erfasst und durch die den Ring nach aussen gestossen wurde, bis das Ende der Feder am gegenüberliegenden Hebel des Verbindungsgliedes anstiess.



Abb. 14 Position der Hülse mit Feder zwischen den Hebeln der Verbindungsglieder.

Ursachen

Es konnten folgende, möglichen und kombinatorischen Ursachen identifiziert werden:

- Montage des Bolzens in trockenem Zustand; dies erhöht den Widerstand des Bolzens bei Eintreiben erheblich
- schräger „Angriff“ der Feder durch den Bolzen: begünstigt durch trockenem Zustand
- Bauart der Feder; scharfes und spitzes Ende der Feder
- Eintreiben des Bolzens von der falschen Seite: der Abschlussring ist weicher als die Hülse
- fehlende Funktionskontrolle nach der Montage

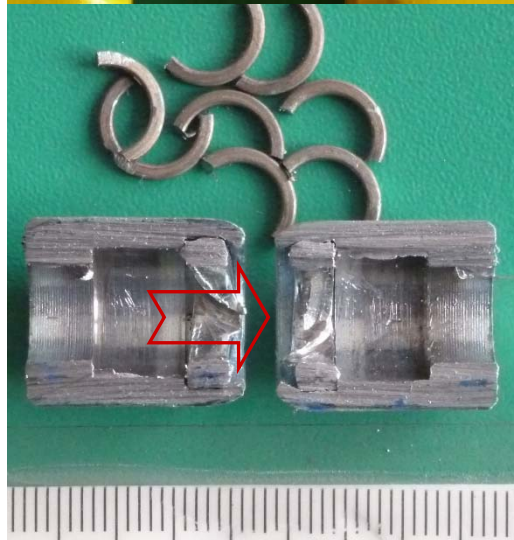


Abb.15 beschädigter Abschlussring mit Kerbe der Feder (Pfeil = Treibrichtung). Der Bolzen wurde von links statt von rechts durch die Spannhülse getrieben

Bewertung

Trotz dieses Fehlers und der teilweisen Beschädigung der Feder hat das Bauteil nicht versagt. Die beschädigte Feder, selbst wenn sie brechen würde, kann weder links noch rechts aus der Hülse herausfallen und solange sie in der Hülse, welche wiederum zwischen den Hebeln der Glieder positioniert ist, ihre Position hält, hält sie auch den Bolzen fest. Selbst wenn sie, rein theoretisch, ihre Federspannkraft verlieren würde – solange sie die Geometrie beibehält, verhindert sie das Herausgleiten des Bolzens.

Und selbst wenn die Hülse abfallen würde: die Feder allein vermag den Bolzen zu halten, so lange sie nicht bricht.

Das Bauteil wurde daraufhin als zuverlässig und fehlersicher eingestuft. Der Rest ist Wartungsanleitung, Schulung und Inspektion.

Siehe [www.air-work.com/ Equipment/Anwendungs- und Wartungsanleitungen](http://www.air-work.com/Equipment/Anwendungs-undWartungsanleitungen),
http://www.air-work.com/unuSiteManager/Presentation/Public/upload/doc/AWA_SKA-CBHW_DE_C1.pdf

Zusammenfassung

Bauteile für den Transport von Personen als Aussenlast am Hubschrauber (Human External Cargo, HEC) werden einer besonders stringenten Risikobewertung unterzogen. Dort wo man äusserst kritisch an die textilen Werkstoffe heranging und Nachweis für Nachweis einforderte, erfüllten sich die Bedenken zum Glück nicht.

In Kombination mit einer zeitlich, örtlich und völlig von diesem Projekt unabhängigen sachkundigen Inspektion von Einsatzmaterial und einem ausgewerteten Finding sowie die kritische Betrachtung eines CVE von vermeintlich sicheren und bewährten Bauteilen entpuppten sich ebendiese als durchaus anfällig für Fehler.

Die Auswertung des Finding „Spannhülse“ deckte nicht nur den Fehler und mangelhafte Herstellerunterlagen auf, sie ermöglichte auch die positive Beantwortung der kritischen Fragen nach Sicherheit und Zuverlässigkeit.

Literatur

Dieser Vortrag wurde ausschliesslich vom Autor verfasst. Er enthält keine Zitate und Literaturhinweise.

Bildernachweis

Abbildung 1 Air Zermatt AG 2010, Layout A&H 2011

Abbildung 2, 3, 7, 8 Wikipedia

Abbildung 4, 5, 11, 14, 15 A&H ENG

Abbildung 6 HELICO Magazin

Abbildung 9, 10 Airbus Helicopters

Abbildung 12, 13 Gunneboindustries