

Neue DGUV Information „Sichere Einsätze von Hubschraubern bei der Luftarbeit“



Enrico Ragoni

Die Berufsgenossenschaft Verkehrswirtschaft Post-Logistik Telekommunikation, kurz BG Verkehr, legt die aus dem Jahr 1997 stammende ZH 1/497 (später BGR 162) Hubschrauber Einsatzregeln (HER) neu auf. Verlegt wird die neu als Information daher kommende Schrift von der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (DGUV).

Noch sind das Datum und die Nummer der Publikation nicht bekannt.

Andererseits hat sich das regulatorische Umfeld enorm verändert. Noch 1997, als die ZH/1 497¹ aufgelegt wurde, sprach niemand von der EASA. Heute, nahezu 20 Jahre später, umfasst allein die Air Operation Regulation mit ihren 8 Anhängen mehr als 2000 Seiten Regulativ. Auch

Aussenlastflügen³ und hochschlagenden Seilen Ende der 90er-Jahre/anfangs der 2000er Jahre wurden unter anderem seit 2006 eine Reihe von Untersuchungen zum Thema Seilhochschlagverhalten, Kräfte im Flugbetrieb mit Bild A&H 2016, BO 105 Heli Austria GmbH Aussenlasten und Fallversuche (Drop test) durchgeführt.

Information der Versicherten und Behörden

Damit die Tätigkeiten der BG-Verkehr nicht unbemerkt bleiben – sie dienen ja nicht einem Selbstzweck sondern der Prävention – kommuniziert die BG-Verkehr die Ergebnisse und die fortlaufende Entwicklung unter anderem regelmässig anlässlich des BG-Seminars „Fachspezifisches Luftfahrtseminar Hubschrauber“ im hochsauerländischen Schmallenberg-Sellinghausen und in diversen Zeitschriften wie dem Sicherheitsprofi oder den einschlägigen Zeitschriften der Branche sowie an spezifischen Veranstaltungen wie zum Beispiel im Haus Airbus in Donauwörth.

Dass die Tätigkeit der BG Verkehr nicht unbeachtet bleibt ist oft an überraschender Stelle feststellbar. So findet sich in der Bundeswehr-Bauvorschrift für Aussenlastgeschirre⁴ seit Oktober 2014 die Forderung, dass Seile für Aussenlasten bei Limit Load nur 70% der Eigenlänge hochschlagen dürfen. Diese Forderung ist eine konkrete Massnahme, die aus den Messresultaten von insgesamt 8 Versuchsreihen abgeleitet werden kann.

In der EASA-Welt wird eine ähnliche Forderung aufgestellt. Im Rahmen der Arbeitsgruppe „Hoist“ werden auf Behördenebene zum Thema „rebounding“ in Zukunft Anforderungen an des „Hochschlagverhalten“ von Windenseilen definiert.

Konsequenzen am Beispiel Lastaufnahmemittel für Hubschrauber

Die neue DGUV Information beschreibt im Anhang III „Anschlagen von Aussenlasten“ die Lasterhöhungsfaktoren durch das Anschlagen und die Flugverfahren. Die DGUV Schrift nimmt damit eine im Flughelfer-Syllabus⁵, Kapitel 3.2.4 ff im Jahr 1996 ausgeführte Berechnung der Lastaufnahmemit-



Abb 1: Foto A&H, BO 105 Heli Austria GmbH

Die Neuauflage der HER als DGUV Information steht unter dem Einfluss verschiedener Faktoren. Da ist zum einen die starke Veränderung in der Landschaft der Berufsgenossenschaften, die durch Umstrukturierungen, Reduktion bzw. Zusammenlegungen und veränderte gesetzliche Rahmenbedingungen kaum nachkommt mit dem Anpassen Ihrer Schriften. So hat allein die aktuelle Überarbeitung der ehemaligen HER drei Anläufe und mehrere tiefgreifende Umstellungen gebraucht, bevor sie nun in der Endfassung vorliegt.

die, für Lastaufnahmemittel, massgebende EU Maschinenrichtlinie hat in dieser Zeit 2 Revisionen durchgemacht (von der EG 89/392/EWG zur EG 98/37/EG zur EU 2006/42/EG). Darin wurde – im Kontext massgebend – der Bezug zu Maschinen auf oder an Luftfahrzeugen und die Begriffsbestimmungen für Lastaufnahmemittel präzisiert².

Nicht zuletzt hat die BG Verkehr ihrem gesetzlichen Auftrag, Massnahmen und Unterstützung zur Unfallprävention zu leisten, folge geleistet. Nach einigen Unfällen mit



Abb 2: Foto Heli Bernina AG

tel auf, fügt aber, in logischer Konsequenz, die „Lasterhöhungsfaktoren“-Zuschläge ein, die durch die Versuchsreihen seit 2006 gewonnen wurden.

Faktor 2.5 [-]

In der Welt der Lastaufnahmemittel hat der Wert 2.5 eine besondere Funktion und Bedeutung. Im Zuge der Auswertung der Messresultate aus den 8 Versuchsreihen und im Abgleich mit Regeln der Technik taucht dieser Wert immer wieder auf.

In der harmonisierten EN-Norm 1677-A1 „Einzelteile für Anschlagmittel“ ist dieser Wert als Fertigungsprüfkraft (MPF)⁶ massgebend. Ausgehend von der Nutzlast (Working Load Limit, WLL) eines Bauteiles muss die 2.5-fache Kraft zur Prüfung aufgebracht werden. Ein Beispiel anhand der Beschlag-Kenn-Nummer 8 (8 mm Kettengliedstärke), Güteklasse 8 mit einer WLL von 2000 kg (19.62 kN):

$$- (WLL \cdot g/1000) \cdot MPF \text{ oder } 2000 \text{ kg} \cdot 0.00981 \cdot 2.5 = 49 \text{ kN}$$

Im Klartext: Stahlteile wie Ketten, Haken, Ringe, Verbindungsglieder werden nach der Herstellung bis zur 2.5-Nutzlast belastet, verformen sich dabei leicht und entspannen sich nach der Entlastung wieder. Sie werden im elastischen Bereich des Werkstoffes, kurz vor eben dieser Streck-

grenze eines Werkstoffes, belastet und dürfen sich nicht oder nur geringfügig dauerhaft verformen. Dieser Bereich muss später im Gebrauch für die dynamischen Lastfälle wie Schläge beim Anheben der Last, Beschleunigung durch den Flug usw. zur Verfügung stehen.

Es ist von eminenter Bedeutung für die Lebensdauer eines Bauteiles, das dieser Wert nicht dauern erreicht und schon gar nicht überschritten wird. Die ständige Belastung an der sog. Streckgrenze oder sogar darüber hinaus in den plastischen Bereich des Werkstoffes geht nämlich unweigerlich zu Lasten der Festigkeit und somit der Lebensdauer durch Ermüdung.

An anderer Stelle begegnet uns der Wert 2.5 [-] wieder, nämlich in der EASA CS 27/29.865⁷ unter dem Titel „External Loads, non-human external loads (NHEC)“. Hier hat der Wert 2.5 [-] dieselbe Funktion als „Static load limit factor“. Der Artikel .865 korrespondiert auch mit CS-27/29.25 „Weight limits“, Absatz (2) und (5). In der Verifikation muss der Werkstoff bzw. das Bauteile nach CS-27/29.305 „Strength and deformation“, Absatz (a) einen (Design) Limit Load, errechnet aus der maximal zulässigen Aussenlast (Working Load Limit WLL) ohne nachteilige oder permanente Deformation standhalten.

Im Klartext: der „Static load limit factor“ 2.5 [-] aus der EASA-Welt multipliziert mit der max. WLL entspricht der Fertigungsprüfkraft nach EN 1677-A1 und darf sich nur im elastischen Bereich eines Werkstoffes bewegen.

Was beiden Regeln der Technik ebenso gemeinsam ist, ist, dass die Sicherheit gegen Bruch, mit 1.5 [-] ausgelegt wird. Der sog. Ultimate Load oder die Mindestversagenslast (ULmin) nach EN 1677-A1 resultiert denn auch aus der Multiplikation der Fertigungsprüfkraft x Sicherheit gegen Bruch = 3.75 [-]. Die kleine Differenz zum geforderten Sicherheitsfaktor 4 [-] nach Maschinenrichtlinie 2006/42/EG bzw. EN 1677-A1 entspricht in etwa der zulässigen Abnahme der Mindestversagenslast durch Verschleiss (Alterung).

Versuchsreihe 1 und 2, 2006 und 2008, Werft Blohm & Voss in Hamburg

Die Versuchsreihen 1 und 2 befassten sich mit dem Thema „Hochschlagverhalten von Seilen“, dies, nachdem sich in Deutschland mehrere Unfälle mit hochschlagenden Lastaufnahmemitteln ereignet hatten.

Ausgangslage war die Annahme, dass sich Seile, die nach einem Impact und dem



Abb 3: 150-Tonnen Kran, Werft Blohm & Voss, Hamburg

Versagen des Anschlagpunktes mit viel gespeicherter Energie freigegeben werden, hochschlagen können. Die Fragestellung lautete: wie hoch (in Meter) schlagen Seile (Werkstoff, Machart) bei bestimmten Lastvergrößerungen durch einen Schlag (Impact) und folgendem Versagen des Anschlagpunktes?

¹ ZH/1 497:1997, Regeln für sichere Einsätze mit Hubschraubern, Berufsgenossenschaft für Fahrzeughaltungen, 1997 Hamburg

² Siehe EU MRL 2006/42/EG, Art. 1.(1)d), 1.(1)e), 1.(2)e) 5ter Spiegelstrich sowie Art. 2.

³ Zum Beispiel Untersuchungsbericht der Bundesstelle für Flugunfalluntersuchung, Bericht Nr. 3X253-0/01, September 2013, Münsingen

⁴ Bundesamt der Luftwaffe (LufABw), Lufttüchtigkeitsanforderungen Teil A, Aussenlastgerät für Hubschrauber (LTF 1670-003, Ausgabe 3)

⁵ Flughelfer-Syllabus, Bundesamt für Zivilluftfahrt, 1996, <https://www.bazl.admin.ch/bazl/de/home/fachleute/flugverkehr/flugoperationen/flugbetrieb-helikopter/flughelfer-syllabus.html>

⁶ EN 1677-1:2000+A1:2008, Einzelteile für Anschlagmittel – Sicherheit – Teil1: Geschmiedete Einzelteile, Güteklasse 8; Ziffer 3.2 Fertigungsprüfkraft

⁷ Annex to ED Decision 2012/021/R, EASA Certification Specifications for Small Rotorcraft CS-27 oder Annex to ED Decision 2012/022/R EASA Certification Specifications for Large Rotorcraft CS-29

» Fortsetzung auf Seite 10

Bei der kontinuierlich steigenden Lastkraft von Faktor 1 = WLL 1400 kg auf 1.3-fache, 1.6-fache, 2-fache und 2.5-fache Last



Abb 4: Kranflasche 12 Tonnen Eigengewicht und Auslöseeinheit/Messdose

bildete der schon bekannte Faktor 2.5 [-] den oberen Wert, weil er ja als maximal zur Verfügung stehender Wert für dynamische Lasten eh nicht überschritten werden darf.

Versuchsreihen 3 – 8, Berlin und diverse Orte in der Schweiz

Nach weiteren Vorkommnissen die im Versagen von Seilen mündeten (2009 und 2010) wurde die Frage, ob der Wert 2.5 [-] und damit die aktuellen Regeln der Technik für Aussenlastflüge mit Hubschraubern ausreichend sind, in der BG Verkehr intensiv diskutiert.

Neu war die Fragestellung nicht. Schon 1992 führte das damalige F+W Emmen (heute RUAG Aviation) mit der HELOG AG eine Messreihe durch mit dem Ziel, die Lastspitzen beim Logging (Holztransport) zu ermitteln. Damals schon wurden Lastspitzen über 2.5-facher Last ermittelt. Dies wurde später im Flughelfer-Syllabus (1996) mit dem Faktor „Sichere Last für Logging“ von 3 [-] umgesetzt, jedoch nur für das Logging. Bei allgemeinen Transporten wie Montagen, Baumaterial usw. ging man vom Lastfaktor 2 [-] aus.

Nach den Messreihen 3 bis 8 (2011 bis 2013) hat die BG Verkehr diese Werte korrigiert:

1. die auftretenden Lastspitzen können auch bei allgemeinen Lasten regelmässig höher als 2.5-fache Last ausfallen.
2. in der Regel beträgt die tatsächliche Last am Haken selten die 100%-mögliche Nutzlast des Helikopters. Allerdings können unabhängig davon vermeintlich harmlose Aktionen, wie zum Beispiel das Anheben der Last mit 10, 20 cm Schlaffseil oder bei einem Betonkübel mit Dreistranggehänge ein schräges Aufziehen mit anschliessendem „Fallen“ der Last in das lose Seil Lastspitzen bis zur 3-fachen Last und höher auslösen.

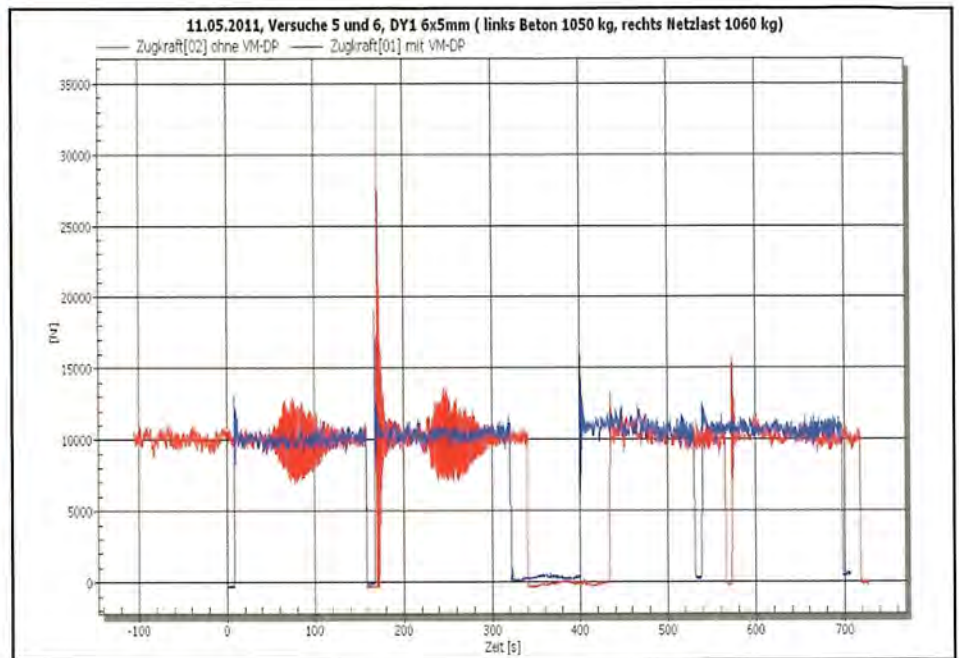


Abb 5: eines von hunderten Messprotokollen

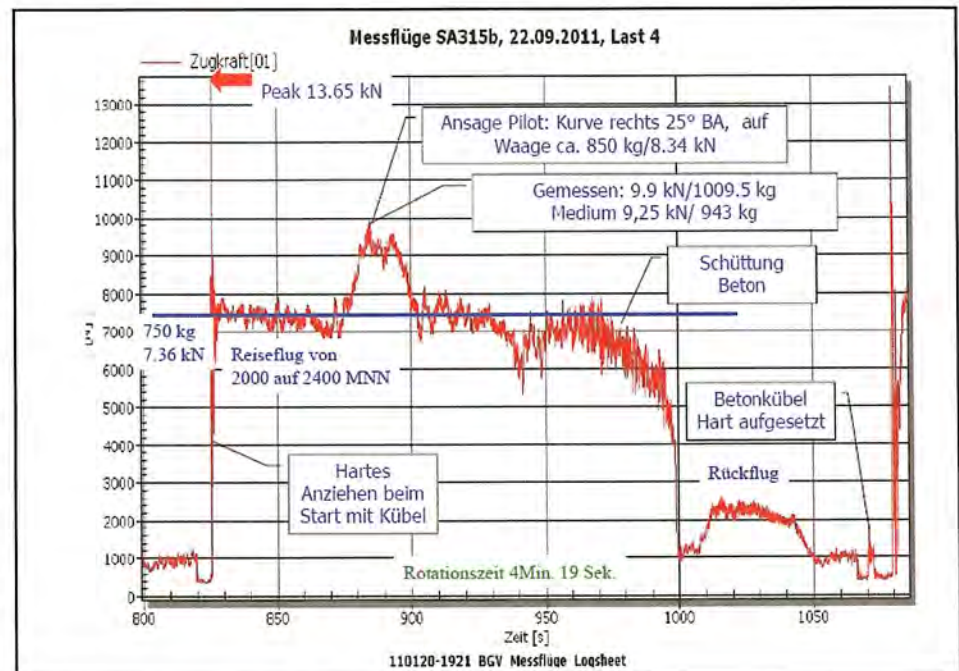


Abb 6: eine Auswertung "Betonkübel"

3. sehr harte Schläge treten beim Logging, insbesondere bei der Lastaufnahme und der Lastablage auf. Hier sind leicht 4- bis 5-fache Lasten zu messen

4. die „härtesten Schläge“ treten auf bei einem unkontrollierten Kontakt der Last mit dem Gelände, in Kombination mit Hebelarm (beim Logging zum Beispiel das Verhältnis Stammlänge und Teilung in 2 Teillasten durch den Anschlagpunkt), schleifender Last (Vektorenkräfte) und dem Rückfedern (Schlagen der Last im Seil). Hier konnten wir (zum Glück auf der einen Seite) keine Ereignisse messen.

5. für die Bestimmung des Faktors für die sichere, dynamische Last sind die Lastspitzen massgebend. Diese, und nicht ein statistisches Mittel auf 100'000 Rotationen

hochgerechnet, können effektiv über den Grenzwert 2.5-fache Last hinaus gehen und damit in den plastischen Bereich eines Werkstoffes einwirken, was, wie oben beschrieben, relevant ist für die (schnelle bis abrupte) Alterung bzw. das Versagen in einem Lastfall.

6. Lastspitzen treten in < 15/100 Sekunden auf. In Relation zur Masse des Seil im Verhältnis zur Masse der Last und des Hubschraubers reagiert das extrem leichte Seil (50 m Textilseil ca. 15 kg Masse) sofort und viel schneller als jeder Hubschrauber jemals in der Lage sein wird zu reagieren (Last ca. 1000 bis 1400 kg, Hubschrauber ca. 2500kg Masse).

Im Klartext: der Schlag tritt ein, die Kraft wird über das Seil von der Last auf den

Hubschrauber übertragen, der Hubschrauber reagiert aufgrund des Masse-Trägheitsgesetzes mit deutlicher Verzögerung.

Das „Gefühl“ der Piloten

Die Piloten, zum Beispiel von AS 350B3, sagen, mit Recht, dass sie davon nichts oder nicht viel spüren. Das ist nachvollziehbar, weil zum Beispiel die Aufhängung des Lasthakens am Landegestell oder der Verbundstoff-Rotorkopf und die Rotorblätter viel von der Energie, die in den Lasthaken eingeleitet wird, absorbieren. Beim Piloten kommt über die Steuerung nicht mehr so viel an.

Interessant war anlässlich der Flugversuche 2012 festzustellen, dass ein und derselbe Pilot bei der SA 315B „Lama“ wesentlich härtere Schläge registrierte als bei der AS 350 B3, die er nachmittags flog. Die Auswertung der Messprotokolle ergab keine signifikanten Unterschiede. Eine Erklärung dafür könnte der vollartikulierte Rotorkopf des „Lama“ sein.

Die „Arbeit“ der Schläge, der Lastspitzen durch Impacts, findet im Seil dennoch statt.

Stand der Technik für Aussenlasttransporte mit Hubschraubern

Schon 1996 hatte der Flughelfer-Syllabus, Anhang 3 „Lastaufnahmeanrichtungen“ die Funktion, die Maschinenrichtlinie (damals noch die EG 89/392/EWG, später die EG 98/37/EG, heute die EU 2006/42/EG) zu präzisieren. Die DGUV Information hat dasselbe Ziel: auf Grundlage der Versuchsreihen 3 – 8 den Stand der Technik für die Auslegung der Lastaufnahmemittel für Aussenlasttransporte zu präzisieren.

Der im Anhang I, Artikel 4.1.2.5 definierte „Betriebskoeffizient“ 7 für textile Werkstoffe aus Chemiefasern ist eine vereinfachte Formel für den Standardgebrauch, ebenso die Betriebskoeffizienten 5 für Stahlseile und 4 für Stahlteile.

Die Grundlage für die branchenspezifische Auslegung von Lastaufnahmemitteln findet sich eben in der neuen DGUV Information. Aus den Messreihen 3 – 8 resultieren denn auch höhere Werte als bisher angenommen. Die Darstellung auf Seite 88 und 89 der DGUV Information begegnet dieser Erkenntnis mit einem Zuschlag zu den bisher bekannten Faktoren. Wie schon im Flughelfer-Syllabus werden dabei in Übereinstimmung mit dem Terminus der EASA⁸ hauptsächlich zwei Einsatzarten unterschieden:

- Helikopter External Sling Load Operation, HESLO 1, 2, 4 und 5 (Allgemeine Transporte)
- Helikopter External Sling Load Operation, HESLO 3 (Logging)

Lasterhöhungsfaktoren durch Flugverfahren		
„Helikopter External Sling Load Operation“ (HESLO 1, 2, 4 und 5)		
Ursache	Lasterhöhungsfaktor	Erklärung
Kräfte durch Flugverfahren (z. B. Querlage, Beschleunigungen)	2,5	Static limit load factor
Zuschlag für impulsartige Beschleunigungen	1,2	basiert auf unterschiedlichen Messungen
Zusammenfassung	3,0	

„Helikopter External Sling Load Operation“ (HESLO 3) Logging		
Ursache	Lasterhöhungsfaktor	Erklärung
Kräfte durch Flugverfahren (z. B. Querlage, Beschleunigungen)	2,5	Static limit load factor
Zuschlag für impulsartige Beschleunigungen	1,4	basiert auf unterschiedlichen Messungen
Zusammenfassung	3,5	

Die hier aufgeführten Faktoren bilden nur die Lasterhöhungsfaktoren auf Grund dynamischer Einflüsse ab und spiegeln den derzeitigen Stand der Technik wieder.

Der Unterschied zur Methode Flughelfer-Syllabus ist, dass für die Berechnung des Wertes Design Load Limit bzw. Fertigungsprüfkraft (in den Tabellen oben nur als „Zusammenfassung“ dargestellt) ein Zuschlagfaktor für die hubschraubertypischen, impulsartigen Beschleunigungen verwendet wird, wobei der Zuschlag für allgemeine Transporte 1.2 und für Logging 1.4 beträgt.

Auch die DGUV Information greift den „Static load limit factor“ 2.5 [-] aus der CS-27/29.865 hier wieder auf und ergänzt diesen mit den spezifischen Zuschlägen für impulsartige Beschleunigungen.

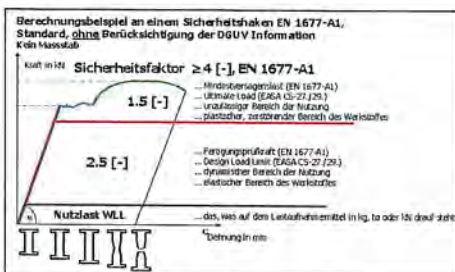


Abb 7: Sicherheit ohne DGUV-Zuschlag

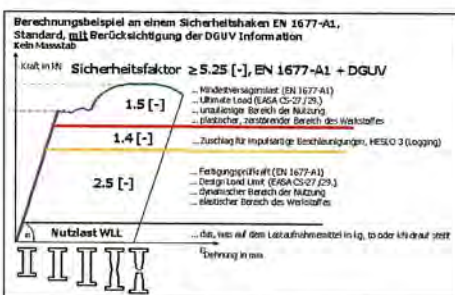


Abb 8: Sicherheit mit DGUV-Zuschlag

Zusammenfassung

Sicher ist eines: der Sicherheitsfaktor 7 [-] der EU Maschinenrichtlinie 2006/42/EG, Anhang I, reicht für textile Lastaufnahme- und Anschlagmittel in der Welt der Helikopter mit Aussenlasten nicht aus. Der Wert muss, material-, verwendungs- und kundenspezifisch wesentlich höher liegen um eine angemessene Sicherheit bis zum Lebensende zu gewährleisten.

Ausblick

Ein interessanter und in der Textilbranche überhaupt nicht präsen ter Aspekt ist das Thema „Lebensdauer versus Alterung/ Ermüdung“. Heerscharen von Sachkundigen Personen beurteilen jeden Tag Lastaufnahmemittel nach Zustand, Verletzungen, im besseren Fall noch nach Alter. Aber was da wirklich drinsteckt wissen die wenigsten. Ein Thema für einen späteren Bericht an dieser Stelle.

Langjährige bewährte Praxis

AirWork & Heliseilerei GmbH wendete für die Transportseile verschiedener Macharten schon immer höhere Sicherheitsfaktoren an als in der Maschinenrichtlinie oder im Flughelfer-Syllabus – als massgebender Stand der Technik⁹ – vorgegeben. Allerdings war 2009 nach 3 Seilversagen Handlungsbedarf angesagt. Die Messresultate von 2011 bis 2014 lagen ja noch nicht vor. A&H hat damals präventiv gehandelt und die Lastfaktoren deutlich höher angesetzt. Die Messreihen 3 – 8 haben diese Werte später teilweise bestätigt.

Neben den Lastfaktoren zählen für die Konstruktion von textilen Seilen für den Aussenlasttransport mit Hubschraubern aber noch andere Eigenschaften eine eminente Rolle. So müssen die Eigenschaften des Werkstoffes, die Spleisstechnik, die Spleisslänge, die Seilmachart – bis runter zur Verarbeitung und Beschichtung der Garne – in die Konstruktion mit einbezogen werden. Weiter wird das Profil des Kunden (Gelegenheitsflieger – Vielflieger – Extremflieger) mit ins Kalkül gezogen, die operativen Anforderungen (Gebirge, Küste, Off-shore) wie auch die Umweltbedingungen (Salzwasser, Feuerbekämpfung, sandige Territorien (Südfrankreich!) usw. Mit Ausnahme des damaligen Produktes „Leichte Transportleine Typ TLK“, die als heute als „TLDS+“ mit wesentlich mehr Leistung zur Verfügung steht, musste A&H an keinem der anderen Modelle sowie den Anschlagmitteln Korrekturen an der Auslegung und Konstruktion vornehmen.

⁸ ED Decision 2014/018/R, Annex VIII Part-SPO, AMC1 SPO.SPEC.HESLO.100

⁹ Seit 2013 ist dies allerdings nicht mehr gegeben. Der Flughelfer-Syllabus wurde seit 5 Jahren nicht mehr revidiert und insbesondere die letzten Erkenntnisse wurden nicht umgesetzt.

© Enrico Ragoni