

# Karabinerbrüche während des Flugbetriebes

Fakten, Ursachen und Konsequenzen.

Eine Zusammenstellung von Reiner Brunn

Ein Gleitschirmkarabiner eines DHV Testpiloten bricht beim Startvorgang mit einem Gleitschirm in zwei Teile.

Nachdem das DHV -Technikreferat die Bruchstücke begutachtet hat und sich von der bestimmungsgerechten Verwendung des Karabiners überzeugt hat, soll ein ausführliches Materialgutachten erstellt werden, um die Ursache zu ermitteln und evtl. Konsequenzen zu ziehen. Die Bruchstücke des Karabiners werden dem TÜV Süddeutschland, Abteilung Werkstoffuntersuchung und Schadenanalyse für eine ausführliche Materialuntersuchung übergeben

[http://www.dhv.de/deutsch/news/artikel/gutachten\\_kaputter.pdf](http://www.dhv.de/deutsch/news/artikel/gutachten_kaputter.pdf)

Der bearbeitende Sachverständige äußert sogleich eine erste Vermutung über die evtl. Ursache des Karabinerbruchs. Demnach ist das Verchromen von Metallen insbesondere Aluminium eine „heikle Angelegenheit und hat bereits des Öfteren bei Schadenanalysen eine entscheidende Rolle gespielt“. Daraufhin beauftragt das DHV Technikreferat den TÜV ein weiteres Materialgutachten vom gleichen Karabinertyp, jedoch mit einer nicht verchromten Oberflächenveredelung durchzuführen.

<http://www.dhv.de/deutsch/news/artikel/vergleichgutachten.pdf>

Auch dieser Karabiner befand sich im jahrelangen Dauereinsatz beim Gleitschirmtestflug. Parallel dazu führt das DHV -Technikreferat eigene Bruchfestigkeitsuntersuchungen an allen für die Gleitschirmgurtzeugmusterprüfung verwendeten Verbindungselementen durch (Karabiner eloxiert, verchromt, poliert; SIL System; Schraubschäkel etc.). Dabei werden sowohl fabrikneue als auch gebrauchte und stark gebrauchte Karabiner auf ihre tatsächliche Bruchfestigkeit überprüft. Auch der Hersteller des gebrochenen Karabiners Austrialpin und weitere Karabinerhersteller führen eigene Bruchfestigkeitsuntersuchungen und künstliche Alterungsversuche an neuen und gebrauchten Karabiner durch. Die Ergebnisse sind vorerst beruhigend, die Verbindungselemente erreichen ihre angegebene Mindestfestigkeit und liegen damit weit über den Festigkeitsforderungen der DHV Bauvorschriften bei der Gurtzeugprüfung.

Bei der Musterprüfung muss jedes Verbindungselemente zusammen mit dem Gurtzeug dem neunfachen der max. Anhängelast über 10 Sekunden standhalten.

Dann teilte uns der TÜV das offizielle Ergebnis der Schadenanalyse des verchromten Karabiners mit:

*„Das Versagen des Karabinerhakens ist auf einen Schwingbruch zurückzuführen. .... Reißinitiierend haben Anrisse in der Veredelungsschicht auf der Oberfläche des aus einer Aluminiumlegierung hergestellten Hakens gewirkt. Sowohl diese metallographisch festgestellten Anrisse als auch mikroplastische Verformungen in oberflächennahen Werkstoffzonen sind als Risskeime identifiziert worden, die den Bruch des Karabinerhakens ausgelöst haben.“*

Außerdem das Ergebnis der Schadenanalyse des nichtmetallisch veredelten Karabiners:

*„Aus den Ergebnissen der Untersuchungen am überlassenen Hakenpaar konnten trotz dem Vorliegen von sowohl herstellungs- als auch betriebsbedingten mikroskopischen Oberflächendefekten weder Anrisse noch Risse in den hochbeanspruchten Karabinerhakenabschnitten festgestellt werden.*

*Aus dem Vergleich der hier vorliegenden Untersuchungen und den bereits älteren Untersuchungen an metallisch veredelten Oberflächen von Karabinerhaken ist somit der*

*Schluss abzuleiten, dass offensichtlich die Gefahr einer Rissbildung im Hakenwerkstoff beim Betrieb gering ist, wenn das Bauteil nicht metallisch oberflächenveredelt ist. ...“*

Die Erkenntnisse aus den Schadenanalysen veranlasste den DHV in Übereinstimmung mit dem Hersteller des Karabiners Austrialpin zu der Lufttüchtigkeitsanweisung vom Dezember 2001.

<http://www.dhv.de/DHVonlineDB/sourcelegacy/legacynotespage.php?sublang=DE>




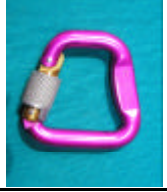

Bei weiteren DHV Bruchfestigkeitstests an verchromten Austrialpin parafly Karabiner gab es ein Muster, dessen Bruchlast nur 529 daN (ca.529 kg) anstatt der angegebenen 18kN (ca.1800kg) aufwies.

Außerdem erreichte allem Anschein nach die Karabiner LTA des DHV bei weitem nicht alle Piloten bzw. sie wurde nicht von allen Piloten ernst genommen, denn es kam noch zu einem weiteren Karabinerbruch während des Flugbetriebes. Der verchromte Austrialpin Karabiner brach auch hier während des Startvorgangs und glücklicherweise kam niemand zu Schaden.

Der Grund, warum sich die Karabinerbrüche beim Start und nicht im Flug ereignet haben, liegt vermutlich darin, dass der Karabiner erst im Flug eine kraftschlüssige Verbindung eingeht (vorhandenes Schnapperspiel verschwindet unter Last = kraftschlüssige Verbindung). Das Risswachstum bei dem schadhaften, verchromten Karabiner schreitet im Betriebsverlauf stetig voran, bis letztendlich nur noch ein kurze, ruckartige Belastung ohne Kraftschluss des Schnappers zu einem „zähen Restgewaltbruch“ führt. Der Hintergrund für ein Schnapperspiel liegt in den Anforderungen aus der Bergsportkarabinernorm EN 12275, bei der die Funktionsfähigkeit des Schnappers unter einer Beanspruchung von 80 daN (z.B. Bergung eines Angeseilten) gewährleistet sein muss und gegebenenfalls fertigungsbedingter Toleranzen. Da die Karabinerhersteller hauptsächlich Bergsportkarabiner produzieren und es für Flugsportkarabiner keine spezielle Norm gibt - weder auf europäischer noch nationaler Ebene -, sind die Flugsportkarabiner aus den Erkenntnissen der Bergsportkarabinernorm und speziellen Anforderungen des Flugsports entstanden. Eine spezielle Anforderung ist z. B die Krafteinleitung beim Bruchlasttest, die bei Flugsportkarabiner über Gurtbänder und nicht wie in der Bergsportnorm über mittig angebrachte Stahlbolzen geschieht. Die Gurtbänder bewirken eine deutlich höheren Lastverteilung auf die schwächere Schnapperseite des Karabiners. Dadurch sinkt die Bruchfestigkeit deutlich und so sind Flugsportkarabiner entweder entsprechend höher dimensioniert oder die Bruchlastangabe ist reduziert. DHV Versuche an Flugsportkarabiner mit der Krafteinleitung nach Bergsportkarabinernorm haben Festigkeitswerte von 25 kN -29 kN im Vergleich zu 18 kN mit Gurtbänder ergeben.

Die Karabinerhersteller unterziehen ihre Produkte einer Reihe von Qualitätssicherungsmaßnahmen bis hin zur abschließenden Stückprüfung, bei der jeder einzelne Karabiner einer Prüflast von 1000 daN standhalten muss, trotzdem unterliegen auch Alu Karabiner einem natürlichen Alterungsprozess und sollten laut Karabinerhersteller Austrialpin nach ca. 500 Flugstunden ausgetauscht werden. Voraussetzung ist ein sachgerechter Umgang mit den Verbindungsgliedern und Sichtkontrollen auf Beschädigung in regelmäßigen Zeitabständen.

**DHV Festigkeitsversuche an Karabiner und Verbindungselementen** (Stand Nov/2001)

Karabiner	Typ / Hersteller	Mindestfestigkeit laut Hersteller	Versuch 1 Mindestfestigkeit	Versuch 2 Bruchlast
	Sup'Air	15 kN	positiv	16512 N
	Parafly Automatic / Austrialpin	18 kN	positiv	18255 N
	Fly Automatic / Stubai	18 kN	positiv	17768 N
	Woddy valley / Camp	20 kN	positiv	20967 N
	SIL / Finsterwalder	20 kN	positiv	31140 N

**Versuchsaufbau:**



Bei dem Versuchsaufbau handelt es sich um die DHV Gurtzeugfestigkeitsmaschine, die Krafteinleitung auf die fabrikneuen Karabiner / Verbindungselemente fand über definierte Gurtbänder statt.  
**Versuch 1:** Überprüfung der Mindestfestigkeitsangabe des Herstellers über 10 sec.  
**Versuch 2:** Bruchlastermittlung an dem selben Karabiner, der bereits Versuch 1 durchlaufen hat (Mittelwert aus drei Versuchsobjekten)

Aufgrund der Erkenntnisse der vergangenen Monate hat das DHV Technikreferat in Zusammenarbeit mit interessierten Karabinerherstellern einen Entwurf mit erweiterten technischen DHV Anforderungen für Verbindungselemente Gleitschirm/Gurtzeug erstellt und die baldige Umsetzung geplant.

Im folgenden ein Auszug des vorläufigen Ergebnis dieser Expertengruppe:

### **1. Festigkeitsanforderungen Verbindungselement Gleitsegel/Gurtzeug:**

- das Verbindungselement wird (soweit vorhanden, bei geschlossenem Schnapper) mit 1000 daN belastet
- anschließend wird das gleiche Bauteil einer schwelenden Belastung von min. 0 bis max. 200 daN unterzogen, die Lastwechselfrequenz liegt bei 1 Hz oder kleiner (die Anzahl der Lastspiele ist noch durch Vorversuche zu bestimmen)
- danach ist mit demselben Muster ein Festigkeitstest durchzuführen (soweit vorhanden, bei geschlossenem Schnapper) mit einem
  - Mindestfestigkeitswert von 18 kN für einsitzig verwendete Verbindungselemente
  - Mindestfestigkeitswert von 24 kN für doppelsitzig verwendete Verbindungselemente
- das Verbindungselement muss bei geöffnetem Schnapper (soweit vorhanden) einer Last von min. 5 kN standhalten

Die Lasteinleitung erfolgt über definierte Gurtbänder

### **2. Funktionsfähigkeit des Verbindungselementes**

- Die Öffnung des Verbindungselementes muss einhändig möglich sein
- Das Verbindungselement muss eine automatische Verriegelung besitzen und min. zwei Sicherheitsstufen ( unterschiedliche manuelle Handlungen) bis zum Öffnen des Schnappers aufweisen oder der Start bei geöffnetem Verbindungselement muss unmöglich sein

### **3. Kennzeichnung des Verbindungselementes**

- Das Verbindungselement muss deutlich, unauslöschlich und dauerhaft min. mit folgenden Informationen gekennzeichnet sein:
  - Name und Warenzeichen des Herstellers, Importeurs oder Lieferers
  - Chargenkennung
  - Mindestfestigkeitswert Längsrichtung in kN – Verschluss geschlossen
  - Mindestfestigkeitswert Längsrichtung in kN – Verschluss offen
  - Angabe „MONO“ für einsitzig verwendetes Verbindungselement
  - Angabe „BI“ für doppelsitzig verwendetes Verbindungselement





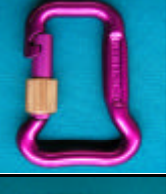

### **4. Allgemeines**



- Herstellerangaben zur sicheren Betriebsdauer bzw. wie diese abzuschätzen ist
- Diese Verbindungselemente werden als „DHV -empfohlene Verbindungselemente für Gleitschirm/Gurtzeug“ veröffentlicht
- Diese Verbindungselemente sind Bestandteil der Musterprüfung von Gleitschirmgurtzeugen
- Der Stand der Technik bei Flugsportkarabiner soll so schnell als möglich in die Lufttüchtigkeitsforderungen des DHV aufgenommen werden.

## Konfigurationsbeispiele Doppelsitzeraufhängung

Die richtige „Bestückung“ der Doppelsitzeraufhängung scheint bei vielen Doppelsitzerpiloten, Flugschulen und auch einigen Herstellern nicht bekannt zu sein, denn an so mancher Hauptverbindung zum Doppelsitzergleitschirm befinden sich Alu Automatikkarabiner mit Mindestbruchlasten von 15kN-20 kN ! Dies ist meist nicht bzw. nur bedingt ausreichend, da die geforderte Mindestfestigkeit jedes Verbindungselementes auch hier beim neunfachen des max. Startgewichtes des Doppelsitzergleitschirmes liegt. Im folgenden eine Auflistung der geeigneten Verbindungselement für die Hauptaufhängung zum Doppelsitzergleitschirm.

### Aufstellung Doppelsitzereignung verschiedener Karabiner

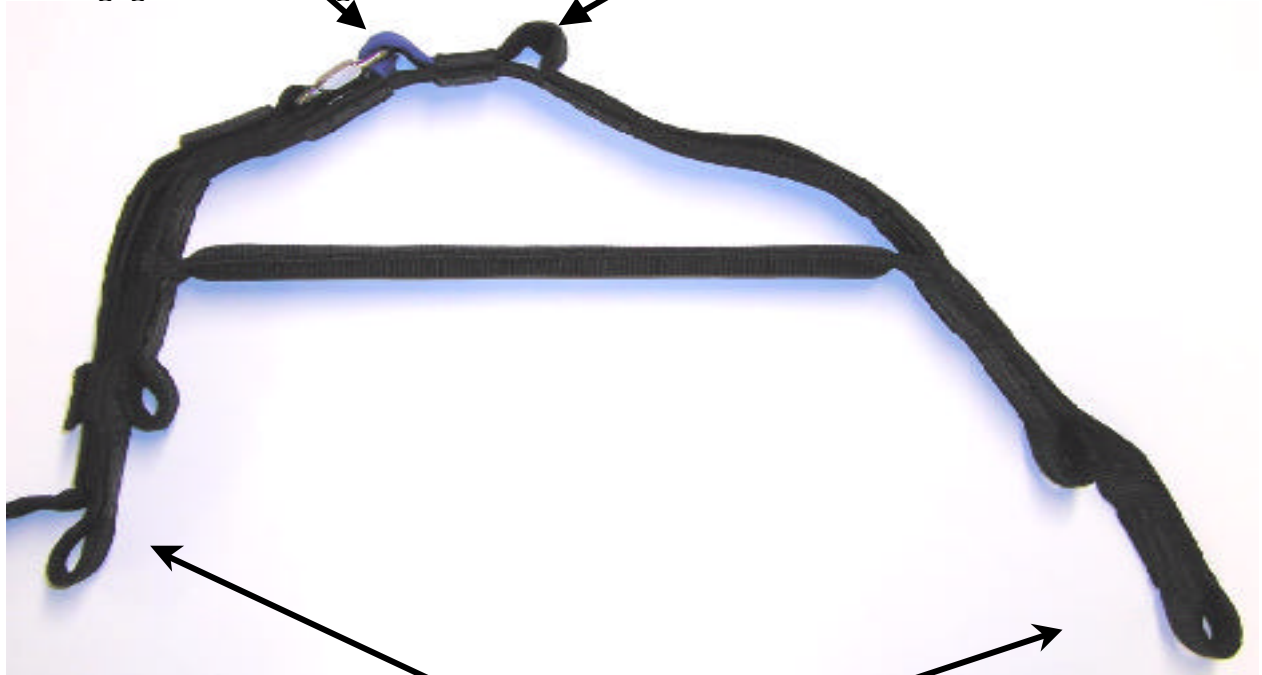
Karabiner	Typ / Hersteller	Mindestfestigkeit laut Hersteller	Doppelsitzereignung <sup>1</sup>	Eigengewicht
	Sup'Air	15 kN	nein	68 g
	Parafly Automatic / Austrianpin	18 kN	nein	60 g
	Fly Automatic / Stubai	18 kN	nein	58 g
	Woddy valley / Camp	20 kN	bedingt, bis max. Startgewicht von 220 kg	66 g
	Fly / Stubai	22 kN	bedingt, bis max. Startgewicht von 240 kg	104 g
	Powerfly / Austrianpin	26 kN	ja	140 g

	Delta Austrialpin	32 kN	ja	228 g
	Maillon Rapide 7mm / Peguet	5 x Nutzlast (WLL) = 31kN	bedingt, da unsachgerechter Umgang zu erheblichem Festigkeitsverlust führt	46 g

**1Anmerkung:** Laut gegenwärtigen DHV Bauvorschriften (Stand 1996) als Verbindungselement zwischen Doppelsitzeraufhängung und Doppelsitzergleitschirm geeignet. Nach künftigen, erweiterten technische DHV Anforderungen für Verbindungselemente Gleitschirm/Gurtzeug beträgt die Mindestfestigkeit für doppelsitzig verwendete Verbindungselemente 24 kN.



Rettungsgerätverbindungsleine



Fly Automatic / Stubai	Woddy valley / Camp	SIL / Finsterwalder	Sup'Air	Parafly Automatic / Austrialpin
				