

SincoTec Prüfvorschrift 05781; Prüfverfahren zur Auslegung von Karabinerhaaken aus Aluminium und Stahl für Hängegleiter und Gleitsegel.

Inhalt

1. Vorwort.....	2
2. Grundlagen.....	3
2.1 Betriebsmessung und Lastannahme.....	3
2.2 Minderung der dynamischen Festigkeit durch Kratzer und Korrosion.....	6
2.3 Lasteinleitung	10
3. Beschreibung der vier Prüfverfahren.....	11
3.1 (A) Dauerfeste Auslegung => ohne Begrenzung der Einsatzzeit und mit Begrenzung des Schnapperspiels (Kraftschlusspunkt) und Kontrolle durch den Hersteller (Prüfung mit geschlossenem Schnapper).....	11
3.2 (B) Dauerfeste Auslegung => ohne Begrenzung der Einsatzzeit und ohne Begrenzung des Schnapperspiels (Kraftschlusspunkt) und Kontrolle durch den Hersteller (Prüfung mit geöffnetem Schnapper).....	14
3.3 (C) Zeitfeste Auslegung für eine Einsatzzeit von 5 Jahren mit Begrenzung des Schnapperspiels (Kraftschlusspunkt) und Kontrolle durch den Hersteller (Prüfung mit geschlossenem Schnapper).....	16
3.4 (D) Zeitfeste Auslegung für eine Einsatzzeit von 5 Jahren ohne Begrenzung des Schnapperspiels (Kraftschlusspunkt) und Kontrolle durch den Hersteller (Prüfung mit offenem Schnapper).....	18
4. Anhang	21

1. Vorwort

Zur Auslegung von Flugkarabinern für Hängegleiter sollen Prüfverfahren entwickelt werden, mit deren Hilfe eine ausreichende Sicherheit der im „Einsatz“ befindlichen Karabiner und zukünftigen Karabinerentwicklungen erreicht werden kann.

Bei der Sichtung der Ergebnisse der vom DHV durchgeführten Betriebsmessungen an Karabinern und vorangegangener Dauerschwingfestigkeitsversuche an Karabinern durch die Fa. SincoTec stellte sich heraus, dass die auftretende Maximalbelastung im Betrieb bei einem Großteil der Karabiner zum Teil weit über der Dauerfestigkeit liegt.

Mit den hier beschriebenen Prüfverfahren wird eine sichere Auslegung für Karabiner mit einer Dauerfestigkeit unterhalb der maximalen Betriebslast (zeitfeste Auslegung) und eine sichere Auslegung für Karabiner mit einer Dauerfestigkeit oberhalb der maximalen Betriebslast (dauerfeste Auslegung) nachgewiesen.

Bei der zeitfesten Auslegung wird ein Einsatz begrenzt auf 5 Jahre ermöglicht, wenn die Prüfanforderungen erfüllt werden.

Der Einfluss des Schnapperspiels (Kraftschlusspunkt), wird bei den beschriebenen Prüfverfahren, im Gegensatz zu bisherigen Betrachtungen, berücksichtigt.

Der Hersteller hat die Möglichkeit die Freigabe von Karabinern nach folgenden Prüfverfahren nachzuweisen:

- A) Dauerfeste Auslegung => ohne Begrenzung der Einsatzzeit und mit Begrenzung des Schnapperspiels (Kraftschlusspunkt) und Kontrolle durch den Hersteller (Prüfung mit geschlossenem Schnapper)
- B) Dauerfeste Auslegung => ohne Begrenzung der Einsatzzeit und ohne Begrenzung des Schnapperspiels (Kraftschlusspunkt) und Kontrolle durch den Hersteller (Prüfung mit offenem Schnapper)
- C) Zeitfeste Auslegung für eine Einsatzzeit von 5 Jahren mit Begrenzung des Schnapperspiels (Kraftschlusspunkt) und Kontrolle durch den Hersteller (Prüfung mit geschlossenem Schnapper)
- D) Zeitfeste Auslegung für eine Einsatzzeit von 5 Jahren ohne Begrenzung des Schnapperspiels (Kraftschlusspunkt) und Kontrolle durch den Hersteller (Prüfung mit offenem Schnapper)

Für Karabiner, welche die Prüfanforderungen mit offenem Schnapper nicht erfüllen (keine Kontrolle des Schnapperspiels bzw. des Kraftschlusspunktes durch den Hersteller), wird mit dem Prüfverfahren „A“ und „C“ die Möglichkeit geschaffen, bei Kontrolle des Schnapperspiels bzw. des Kraftschlusspunktes, eine Freigabe zu erlangen.

In den Prüfverfahren ist der Einfluss von Oberflächenbeschädigungen durch Kratzer und korrosive Einflüsse berücksichtigt.

Die beschriebenen Prüfverfahren gelten für die derzeit auf dem Markt befindlichen Konstruktionen. Sollten Konstruktionen mit einem abweichenden Funktionsprinzip entwickelt werden, ist die Gültigkeit der Prüfverfahren zu überprüfen.

2. Grundlagen

2.1 Betriebsmessung und Lastannahme

Der DHV führte mehrere Betriebsmessungen mit einem Gesamtfluggewicht von 100 kg zur Ermittlung der Betriebsbelastungen durch. Die Ergebnisse sind in **Bild 1 bis 4** dargestellt. Die Lastkollektive der vier Signale sind in den Anhängen 1 bis 4 aufgeführt. Die Messungen umfassen einen Zeitraum von 1.306 s für Rofan1, 928 s für Rofan2, 410 s für Bba1 und 410 s für Bba3. Bei der Messung Bba3 wurden im Mittel 37 Lastwechsel pro Minute gemessen, bei Bba1 20 LW/min, bei Rofan2 22 LW/min und bei Rofan1 20 LW/min.

Aus **Bild 1 bis 4** sind maximale Lasten bei Extremmanövern (Steilspirale) von $F_o = 2.100 \text{ N}$ ersichtlich. Diese maximalen Oberlasten treten mit einem Spannungsverhältnis von ca. $R = 0,1$ auf.

Mit dem DHV wurde eine Gewichtung dieser Extremmanöver durchgeführt. Dabei wurde auf Grund von Erfahrungswerten des DHV festgelegt, dass ein „Vielflieger“ maximal alle 15 Minuten ein Extremmanöver durchführt. Bei einem Maximum von 100 Flugstunden pro Jahr ergeben sich für eine Einsatzzeit von 5 Jahren maximal 2.000 Extremmanöver.

Im Thermikflug bzw. „Normalflug“ treten maximale Oberlasten von $F_o = 600 \text{ N}$ auf. Diese maximalen Oberlasten treten mit einem Spannungsverhältnis von ca. $R = 0,4$ auf. Auf Grund der Häufigkeit dieser Amplituden müssen diese, unter Berücksichtigung der noch zu erläuternden Faktoren und Kennzahlen, dauerhaft ertragen werden.

Als Auslegungskriterium wird vom DHV ein maximales Gesamtfluggewicht von 120 kg für den Solobetrieb vorgegeben. Für Tandembetrieb wird ein Gesamtfluggewicht von 250 kg vorgegeben. Daraus folgt, dass die oben beschriebenen Extremmanöverbelastungen und Normalflugbelastungen je nach Anwendungsfall noch mit den entsprechenden Faktoren 1,2 bzw. 2,5 zu beaufschlagen sind.

Thermikflug, Steilspirale

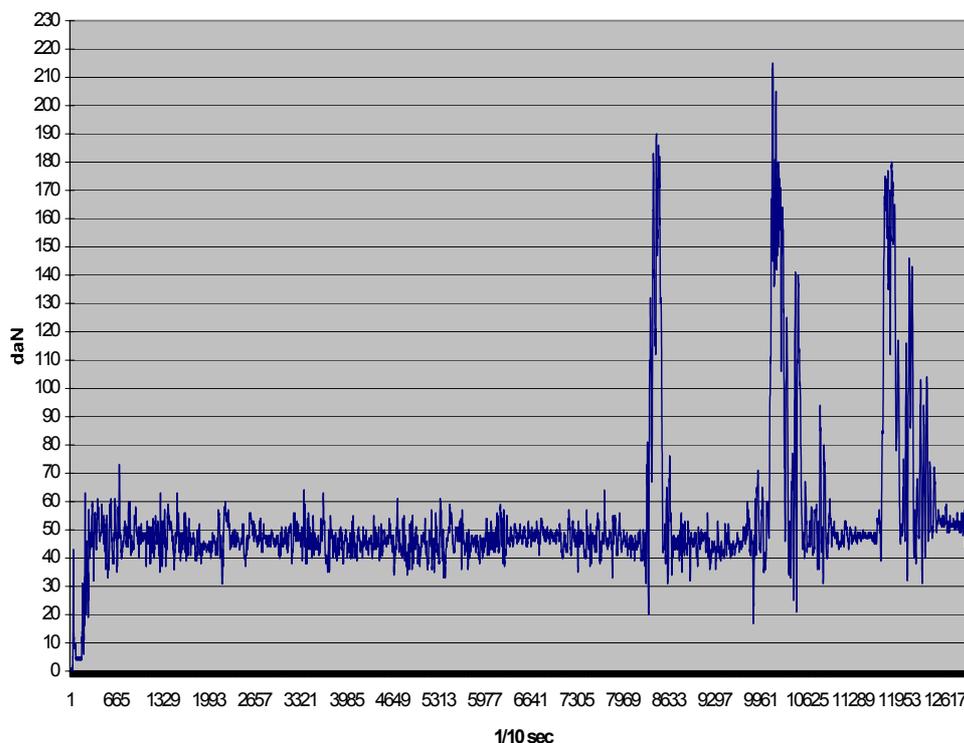


Bild 1: Betriebsbelastungen Thermik, Steilspirale (Rofan 1)

Thermikflug, Abbruch Stromversorgung

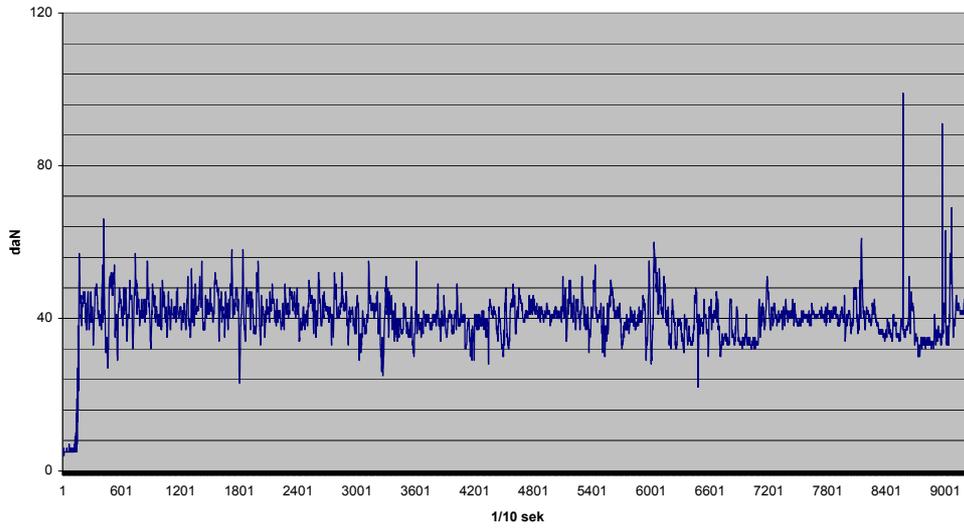


Bild 2: Betriebsbelastungen Thermikflug (Rofan 2)

Gleitflug, schwache Thermik, Steilspirale

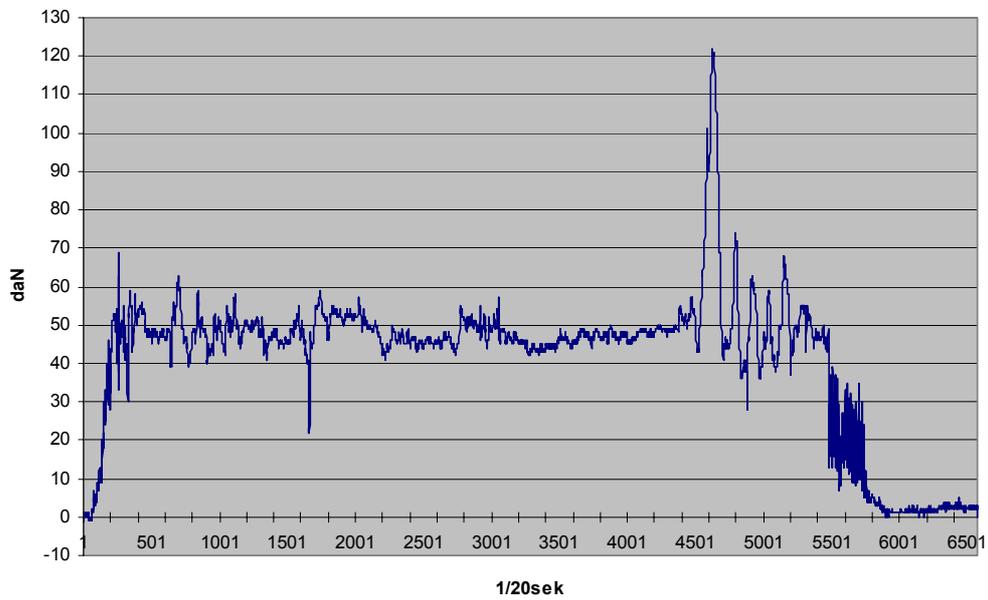


Bild 3: Betriebsbelastungen Gleitflug, schwache Thermik, Steilspirale (Bba1)

Gleitflug, Steilsp., Frontstall, Klapper, W-over

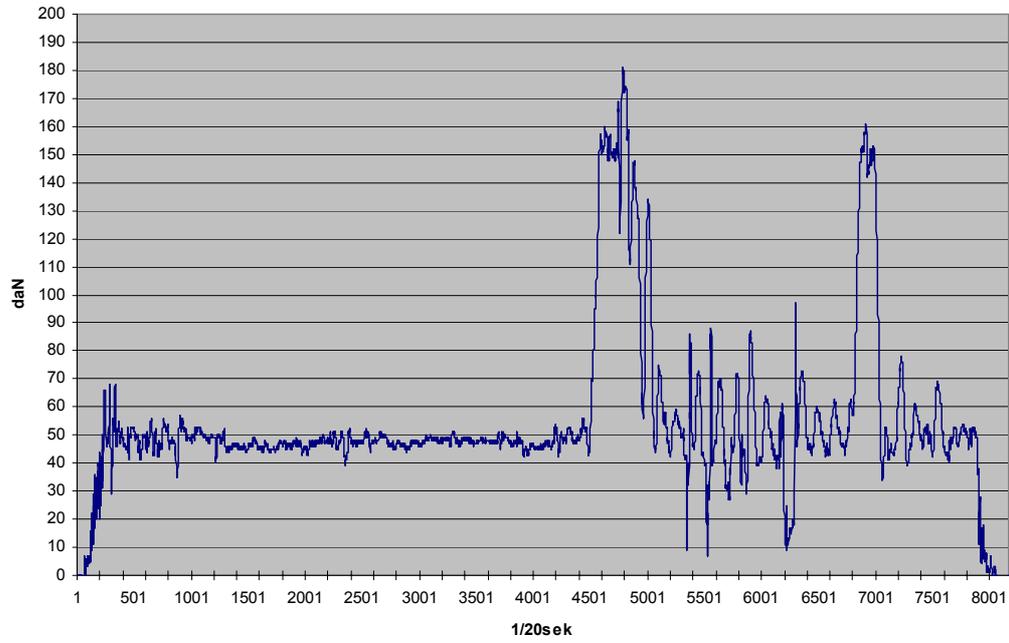


Bild 4: Betriebsbelastungen Gleitflug, Steilspirale, Frontstall, Klapper, W-over (Bba3)

2.2 Minderung der dynamischen Festigkeit durch Kratzer und Korrosion

An vielen aus dem Einsatz stammenden Karabinern wurden Kratzer an den festigkeitsmäßig „kritischen Stellen“ festgestellt. Diese Kratzer entstehen mit großer Wahrscheinlichkeit durch die Reibung zwischen Gurtzeug und Karabinern in Verbindung mit Sand, Erde usw.. Die Kratzer verursachen Spannungsüberhöhungen und mindern somit die dynamische Festigkeit.

Ein weiterer Faktor, der die dynamische Festigkeit besonders der Aluminiumkarabiner beeinflusst, ist die Korrosion. Durch sich z.B. in Handschuhen anreicherndes Salz, Handschweiß, Seeluft oder sogar Meerwasser entstehen Oberflächenschäden, die die dynamische Festigkeit vermindern und ein Risswachstum beschleunigen.

Der Einfluss der Oberflächenbeschädigungen, und der Einfluss der Korrosion auf die dynamische Festigkeit der Karabiner wird in einem gemeinsamen Faktor berücksichtigt (F_K) Zur Ermittlung dieses Faktors wurden an Aluminiumkarabinern des Typs „Austrialpin Parafly (Al)“ folgende vergleichende Versuche durchgeführt:

Versuche 1 → neuwertige Karabiner aus Aluminium, ohne Kratzer, ohne Korrosion:

- Treppenstufenversuch zur Ermittlung der Dauerfestigkeit
- Stufensprung 5 – 8% der Oberlast
- Anzahl der Proben: $n = 10$ Proben
- Spannungsverhältnis: $R = 0,4 = \text{konstant}$
- Prüffrequenz: $f \text{ ca. } 15 \text{ Hz}$
- Grenzlastspielzahl: $N_{\text{max}} = 5.000.000$
- Lasteinleitung über Expressschlinge, 12 mm breit im ungünstigsten Punkt (maximaler Hebel) fixiert
- Belastung mit geöffnetem Schnapper

Versuche 2 → neuwertige Karabiner aus Aluminium, Kratzer eingebracht, mit Korrosion:

- Treppenstufenversuch zur Ermittlung der Dauerfestigkeit
- Stufensprung 5 – 8% der Oberlast
- Anzahl der Proben: $n = 10$ Proben
- Spannungsverhältnis: $R = 0,4 = \text{konstant}$
- Prüffrequenz: $f \text{ ca. } 15 \text{ Hz}$
- Grenzlastspielzahl: $N_{\text{max}} = 5.000.000$
- Lasteinleitung über Expressschlinge, 12 mm breit, im ungünstigsten Punkt (maximaler Hebel) fixiert
- Kratzer werden gleichmäßig mit K80-Sandpapier auf die gesamte Oberfläche der Karabiner quer zur Belastungsrichtung eingebracht
- Belastung mit geöffnetem Schnapper
- Korrosion mit 5-prozentiger Salzlösung; Berieselung über 5 min, Trocknen über 25 min (das komplette Abtrocknen der Karabiner muss gewährleistet sein)

Der Versuchsaufbau, die Einspannvorrichtung, die eingearbeiteten Kratzer und die aufgetretenen Bruchlagen sind in **Bild 5 bis 7** dargestellt.



Bild 5: Foto des Resonanzprüfstandes für die vergleichende Prüfung

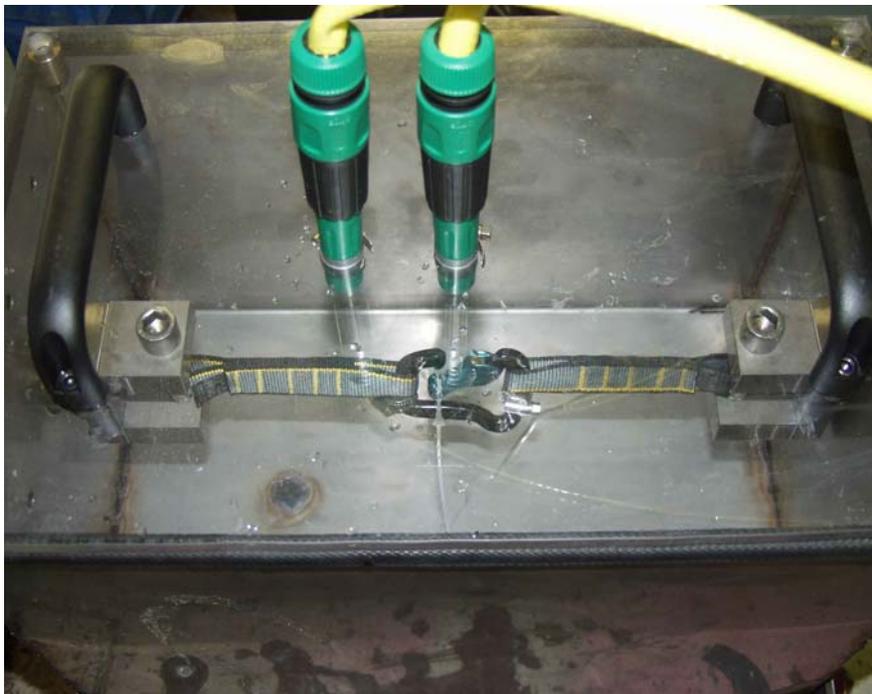


Bild 6: Einspannvorrichtung für die vergleichende Prüfung



Bild 7: Foto der eingearbeiteten Kratzer und der aufgetretenen Bruchlagen

Der Faktor F_K errechnet sich aus dem Quotienten aus dem Mittelwert der Dauerfestigkeit der neuwertigen Karabiner zu dem Mittelwert der Dauerfestigkeit der Karabiner mit den eingearbeiteten Kratzern unter Korrosion (siehe dazu statistische Auswertung in **Bild 8 und 9 und Tab. 1**).

Die Ergebnisse weisen eine relativ hohe Streuung auf (siehe Tabelle 1).

Unter Vernachlässigung der statistischen Unsicherheit beträgt der Faktor $F_K = 1,145$

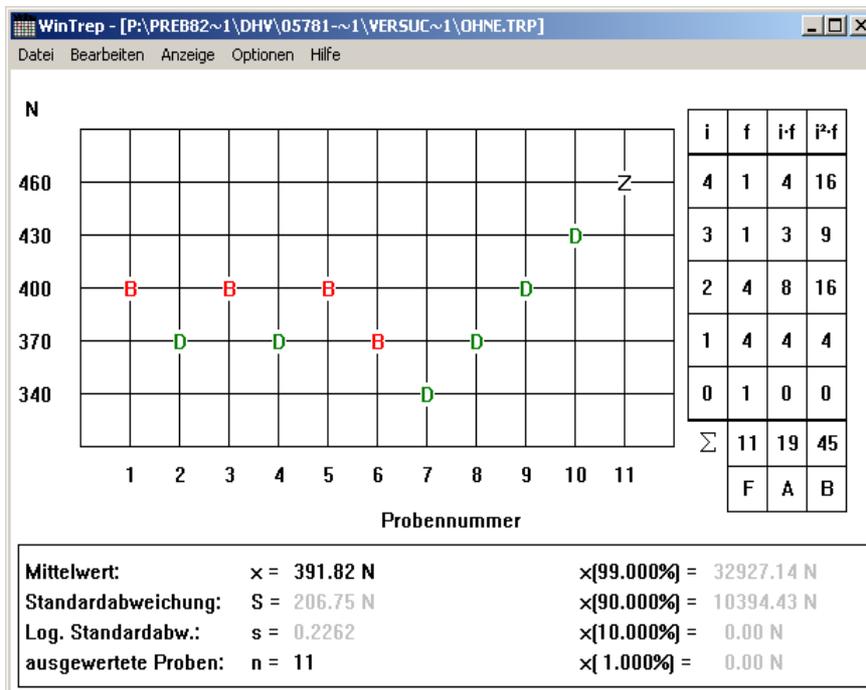


Bild 8: Statistische Auswertung für die Versuche1 (ohne Korrosion)

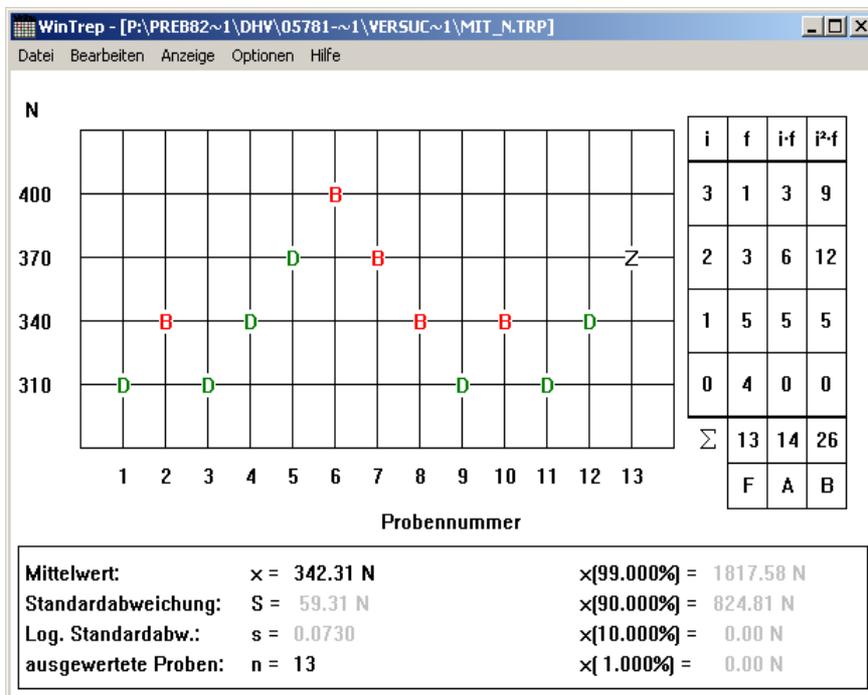


Bild 9: Statistische Auswertung für die Versuche 2 (mit eingebrachten Kratzern u. Korrosion)

Keine Veröffentlichung von Testergebnissen der Herstellerprodukte möglich/RB10/2006

Tabelle 1: Übersicht der Ergebnisse der beiden Versuchsreihen

2.3 Lasteinleitung

Da die Lasteinleitung an den Karabinern variiert bzw. unterschiedlich breite Gurtbänder oder Gurtzeuge zum Einsatz kommen, welche einen Einfluss auf die Belastung des Karabiners haben, muss der dynamisch ungünstigste Fall angenommen werden.

Hierzu wurde auf Grund von Erfahrungswerten durch den DHV eine „ungünstigste“ Gurtbandbreite von 12 mm festgelegt. Das Gurtband ist mit größtmöglichem Versatz über z.B. Gummis am Karabiner gemäß **Bild 10** zu fixieren. Bei symmetrischen Konstruktionen erfolgt ebenfalls eine Lasteinleitung mit größtmöglichem Versatz.

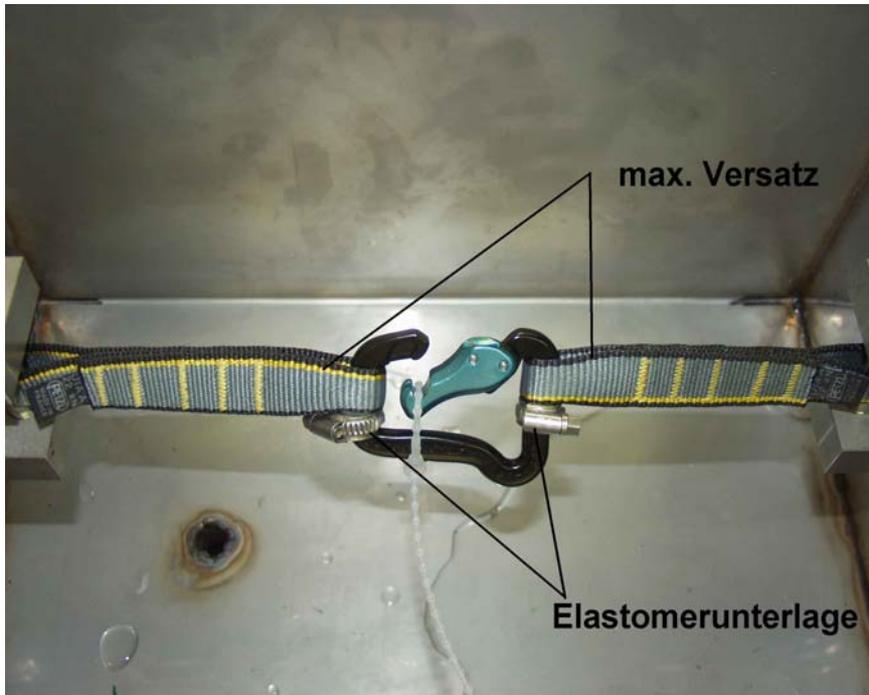


Bild 10: Lasteinleitung mit 12 mm breiten Gurtbändern mit größtmöglichem Versatz

3. Beschreibung der vier Prüfverfahren

Grundsätze für alle vier Prüfverfahren:

Generell dürfen Karabiner mit einer Oberflächenbeschichtung, deren E-Modul über dem E-Modul des Grundwerkstoffes liegt, auf Grund der Kerbempfindlichkeit nicht verwendet werden.

Karabiner mit sichtbaren Beschädigungen und / oder größeren Verschleißerscheinungen sind vom Piloten umgehend auszusondern, da diese festigkeitsmindernden Faktoren mit den vier Prüfverfahren nicht abgedeckt werden.

Die vom Piloten verwendeten Karabiner sind gemäß Gebrauchsanleitung einzusetzen. Ein Missbrauch der Karabiner wird durch die vier Prüfverfahren nicht abgedeckt.

3.1 (A) Dauerfeste Auslegung => ohne Begrenzung der Einsatzzeit und mit Begrenzung des Schnapperspiels (Kraftschlusspunkt) und Kontrolle durch den Hersteller (Prüfung mit geschlossenem Schnapper)

Bestehen die Karabiner die unten beschriebenen Anforderungen, so sind sie für eine unbegrenzte Zeit sicher einsetzbar. In **Bild 11** ist die Bemessungsgrundlage dargestellt. Der Kollektivhöchstwert muss unter Berücksichtigung von Faktoren und Sicherheitskennwerten dauerhaft für eine Ausfallwahrscheinlichkeit von 1 % ertragen werden.

Die Prüfung erfolgt mit geschlossenem Schnapper. Der Hersteller hat für die Prüfung Karabiner mit konstantem und bezogen auf seine spätere Fertigung maximalem Schnapperspiel (Kraftschlusspunkt) bereitzustellen (z.B. alle Karabiner mit 0,4 mm Schnapperspiel). In einer späteren Fertigung muss der Hersteller sicherstellen, dass das Schnapperspiel diesen Wert nicht überschreitet.

Die Freigabe der Karabiner erfolgt bis zu einem festgelegten und sichergestellten Schnapperspiel (falls vorhanden).

Treten bei den freigegebenen Karabinern im späteren Einsatz Schäden am Schnapper auf, so sind diese Karabiner sofort durch den Piloten aus dem Verkehr zu ziehen.

Das Schnapperspiel bzw. der Kraftschlusspunkt ist in **Bild 11** als Schnittpunkt einer unter 45° liegenden Geraden an der statischen Kennlinie erläutert. Der Wegaufnehmer ist parallel zum Schnapper zu montieren.

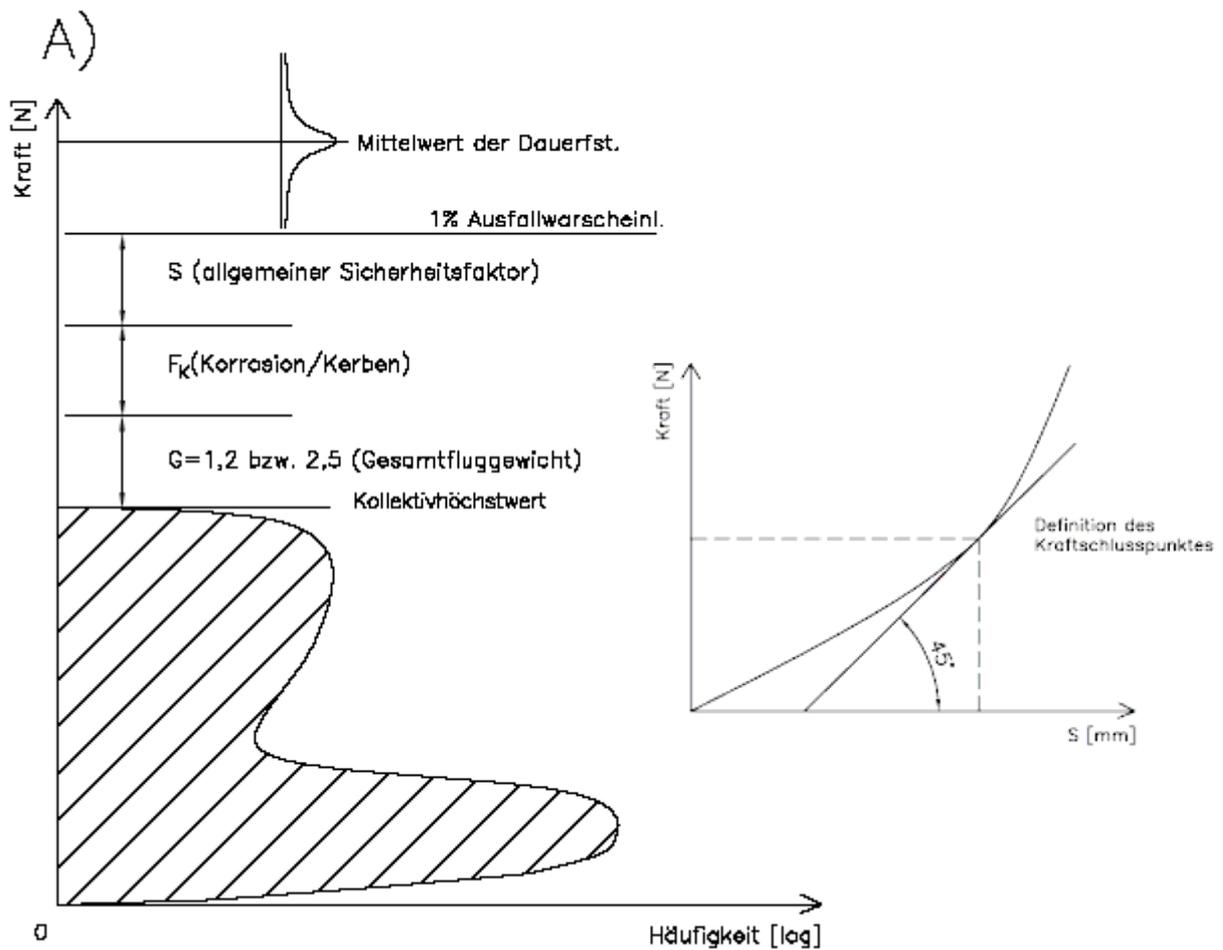


Bild 11: Beschreibung des Prüfverfahrens zur dauerfesten Auslegung (A)

Die Prüfung „A“ für eine dauerfeste Auslegung ist wie folgt definiert:

- Treppenstufenversuch zur Ermittlung der Dauerfestigkeit
- Stufensprung 5 – 8% der Oberlast
- Anzahl der Proben: $n \geq 17$ Karabiner (statistische Absicherung bei $n > 17$)
- $F_u = 200 \text{ N} = \text{konstant}$
- Grenzlastspielzahl: $N_{\max} = 5.000.000$ für Al und $2.000.000$ für St
- Belastung mit geschlossenem Schnapper (wenn Schnapper vorhanden)
- Lasteinleitung über Expressschlinge, 12 mm breit im ungünstigsten Punkt (maximaler Hebel, siehe **Bild 10**) fixiert. Bei symmetrischen Konstruktionen erfolgt ebenfalls eine Lasteinleitung mit größtmöglichem Versatz.
- Kollektivhöchstwert: $F_o = 2.100 \text{ N}$
- $G = 1,2$ bzw. $2,5$ (für Tandembetrieb)
- $F_K = 1,145$ (siehe 2.2) (auch für St-Karabiner → ungünstigster Fall)
- $S = 1,5$ allgemeiner Sicherheitsfaktor ($1,5 = \text{Standard}$)

Bemerkung zur Unterlast F_u :

Da bei der geforderten dauerhaftesten Oberlast von $F_{O(solo)D 1,0\%} = 4.328 \text{ N}$, bzw. $F_{O(Tandem)D 1,0\%} = 9.017 \text{ N}$ (siehe unten) oder höher keine weitestgehende Entlastung des Schnapper erzielt werden kann, erfolgt die Prüfung nicht wie unter 2.1 beschrieben mit $R = 0,1$, sondern mit $F_u = 200 \text{ N} = \text{konstant}$.

Aus den angegebenen Werten errechnet sich im Solobetrieb für eine Ausfallwahrscheinlichkeit von 1 % folgende zu erfüllende dauerhafteste Oberlast, die ohne plastische Verformung und ohne Anriss dauerhaft ertragen werden muss:

Die Überprüfung der plastischen Verformung erfolgt durch die Ermittlung des Kraftschlusspunktes vor und nach der dynamischen Belastung. Der Nachweis von Anrissen erfolgt mit einem Risserkennungsmittel (z.B. Farbeindringverfahren).

$$F_{O(solo)D 1,0\%} = \text{Kollektivhöchstwert [N]} * G * F_K * S$$

$$F_{O(solo)D 1,0\%} = 2.100 \text{ N} * 1,2 * 1,145 * 1,5$$

$$F_{O(solo)D 1,0\%} = \underline{4.328 \text{ N}}$$

Für den Tandembetrieb errechnet sich für eine Ausfallwahrscheinlichkeit von 1 % folgende zu erfüllende dauerhafteste Oberlast:

$$F_{O(Tandem)D 1,0\%} = \text{Kollektivhöchstwert [N]} * G * F_K * S$$

$$F_{O(Tandem)D 1,0\%} = 2.100 \text{ N} * 2,5 * 1,145 * 1,5$$

$$F_{O(Tandem)D 1,0\%} = \underline{9.017 \text{ N}}$$

Die logarithmische Streuung wird für beide Anwendungsfälle auf $s_{\log N} < 0,2$ begrenzt.

3.2 (B) Dauerfeste Auslegung => ohne Begrenzung der Einsatzzeit und ohne Begrenzung des Schnapperspiels (Kraftschlusspunkt) und Kontrolle durch den Hersteller (Prüfung mit geöffnetem Schnapper)

Bestehen die Karabiner die unten beschriebenen Anforderungen, so sind sie für eine unbegrenzte Zeit sicher einsetzbar. In **Bild 12** ist die Bemessungsgrundlage dargestellt. Der Kollektivhöchstwert muss unter Berücksichtigung von Faktoren und Sicherheitskennwerten dauerhaft für eine Ausfallwahrscheinlichkeit von 1 % ertragen werden.

Eine Endkontrolle des Schnapperspiels (Kraftschlusspunktes) ist durch den Hersteller ist nicht erforderlich, da die Prüfung mit geöffnetem Schnapper (falls vorhanden) durchgeführt wird.

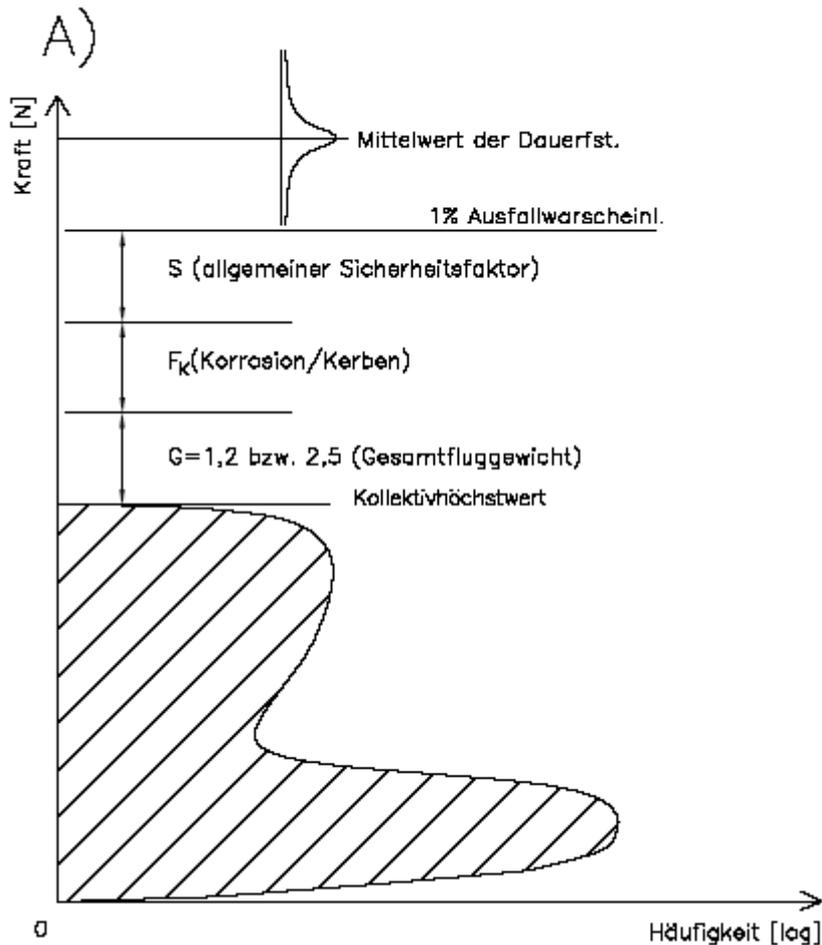


Bild 12: Beschreibung des Prüfverfahrens zur dauerfesten Auslegung (B)

Die Prüfung „B“ für eine dauerfeste Auslegung ist wie folgt definiert:

- Treppenstufenversuch zur Ermittlung der Dauerfestigkeit
- Stufensprung 5 – 8% der Oberlast
- Anzahl der Proben: $n \geq 17$ Karabiner (statistische Absicherung bei $n > 17$)
- Spannungsverhältnis: $R = 0,1 = \text{konstant}$
- Grenzlastspielzahl: $N_{\max} = 5.000.000$ für Al und $2.000.000$ für St
- Belastung mit offenem Schnapper (wenn Schnapper vorhanden)
- Lasteinleitung über Expressschlinge, 12 mm breit im ungünstigsten Punkt (maximaler Hebel, siehe **Bild 10**) fixiert. Bei symmetrischen Konstruktionen erfolgt ebenfalls eine Lasteinleitung mit größtmöglichem Versatz.
- Kollektivhöchstwert: $F_0 = 2.100 \text{ N}$
- $G = 1,2$ bzw. $2,5$ (für Tandembetrieb)
- $F_K = 1,145$ (siehe 2.2) (auch für St-Karabiner → ungünstigster Fall)
- $S = 1,5$ allgemeiner Sicherheitsfaktor ($1,5 = \text{Standard}$)

Aus den angegebenen Werten errechnet sich im Solobetrieb für eine Ausfallwahrscheinlichkeit von 1 % folgende zu erfüllende dauerfeste Oberlast:

$$F_{0(\text{solo})D 1,0\%} = \text{Kollektivhöchstwert [N]} * G * F_K * S$$

$$F_{0(\text{solo})D 1,0\%} = 2.100 \text{ N} * 1,2 * 1,145 * 1,5$$

$$F_{0(\text{solo})D 1,0\%} = \underline{4.328 \text{ N}}$$

Für den Tandembetrieb errechnet sich für eine Ausfallwahrscheinlichkeit von 1 % folgende zu erfüllende dauerfeste Oberlast:

$$F_{0(\text{Tandem})D 1,0\%} = \text{Kollektivhöchstwert [N]} * G * F_K * S$$

$$F_{0(\text{Tandem})D 1,0\%} = 2.100 \text{ N} * 2,5 * 1,145 * 1,5$$

$$F_{0(\text{Tandem})D 1,0\%} = \underline{9.017 \text{ N}}$$

Die logarithmische Streuung wird für beide Anwendungsfälle auf $s_{\log N} < 0,2$ begrenzt.

3.3 (C) Zeitfeste Auslegung für eine Einsatzzeit von 5 Jahren mit Begrenzung des Schnapperspiels (Kraftschlusspunkt) und Kontrolle durch den Hersteller (Prüfung mit geschlossenem Schnapper)

Bestehen die Karabiner die unten beschriebenen Anforderungen, so sind sie für einen Zeitraum von 5 Jahren (+ 1 Jahr Lager und Verkaufszeit) sicher einsetzbar. In **Bild 13** folgt eine Darstellung der Bemessungsgrundlage. Die Prüfung erfolgt nacheinander mit den selben Karabinern in zwei Belastungsblöcken (Extremmanöver und Normalflug):

Im Belastungsblock I werden die Karabiner mit den für eine Einsatzzeit von 5 Jahren maximal auftretenden 2.000 Extremmanövern unter Berücksichtigung des entsprechenden Faktors (G) belastet. Anschließend muss der dargestellte Kollektivhöchstwert für den Belastungsblock II unter Berücksichtigung von Faktoren und Sicherheitskennwerten dauerhaft für eine Ausfallwahrscheinlichkeit von 1 % ertragen werden.

Die Prüfung erfolgt mit geschlossenem Schnapper. Der Hersteller hat für die Prüfung Karabiner mit konstantem und bezogen auf seine spätere Fertigung maximalem Schnapperspiel (Kraftschlusspunkt) bereitzustellen (z.B. alle Karabiner mit 0,4 mm Schnapperspiel). In einer späteren Fertigung muss der Hersteller sicherstellen, dass das Schnapperspiel diesen Wert nicht überschreitet.

Die Freigabe der Karabiner erfolgt bis zu einem festgelegten und sichergestellten Schnapperspiel (falls vorhanden).

Treten bei den freigegebenen Karabinern im späteren Einsatz Schäden am Schnapper auf, so sind diese Karabiner sofort durch den Piloten aus dem Verkehr zu ziehen.

Das Schnapperspiel bzw. der Kraftschlusspunkt ist in **Bild 13** als Schnittpunkt einer unter 45° liegenden Tangenten an der statischen Kennlinie erläutert. Der Wegaufnehmer ist parallel zum Schnapper zu montieren.

$$F_{O(\text{solo})2.000 \text{ LW}} = \text{Kollektivhöchstwert [N]} * G$$

$$F_{O(\text{solo})2.000 \text{ LW}} = 2.100 \text{ N} * 1,2$$

$$F_{O(\text{solo})2.000 \text{ LW}} = \underline{2.520 \text{ N}}$$

Aus den angegebenen Werten errechnet sich im Tandembetrieb folgende Oberlast, die ohne plastische Verformung und ohne Anrisse 2.000 mal ertragen werden muss (Überprüfung s.o.), bevor die Karabiner mit dem Belastungsblock II belastet werden:

$$F_{O(\text{Tandem})2.000 \text{ LW}} = \underline{5.250 \text{ N}}$$

Die Prüfung „C“ für den Belastungsblock II („Normalflug“) ist wie folgt definiert:

- Treppenstufenversuch zur Ermittlung der Dauerfestigkeit
- Stufensprung 5 – 8% der Oberlast
- Anzahl der Proben: $n \geq 17$ Karabiner (statistische Absicherung bei $n > 17$)
- Spannungsverhältnis: $R = 0,1 = \text{konstant}$ (maximale Unterlast $F_u = 200 \text{ N}$)
- Grenzlastspielzahl: $N_{\text{max}} = 5.000.000$ für Al und $2.000.000$ für St
- Belastung mit geschlossenem Schnapper (wenn vorhanden)
- Lasteinleitung über Expressschlinge, 12 mm breit im ungünstigsten Punkt (maximaler Hebel, siehe Bild 10) fixiert. Bei symmetrischen Konstruktionen erfolgt ebenfalls eine Lasteinleitung mit größtmöglichem Versatz.
- Kollektivhöchstwert: $F_o = 600 \text{ N}$
- $G = 1,2$ bzw. $2,5$ (für Tandembetrieb)
- $F_K = 1,145$ (siehe 2.2) (auch für St-Karabiner → ungünstigster Fall)
- $S = 1,4$ allgemeiner Sicherheitsfaktor

Bemerkung zum Sicherheitsfaktor: Da sich aus den Betriebsmessungen, für eine Flugzeit von 100 Stunden pro Jahr maximal 1.110.000 Lastwechsel in 5 Jahren ergeben (auf Grund der relativ kurzen Betriebsmessungen ist dieses nicht statistisch abgesichert), kann der Sicherheitsfaktor auf $S = 1,4$ verringert werden ($N_{\text{max}} = 5.000.000$ für Al und $2.000.000$ für St).

Bemerkung zum Spannungsverhältnis:

Um eine größtmögliche Entlastung des Schnappers zu gewährleisten, erfolgt die Prüfung nicht wie unter 2.1 beschrieben mit $R = 0,4$, sondern mit $R = 0,1$. Würde die Unterlast bei einer Prüfung mit $R = 0,1$ auf Grund einer „hohen“ mittleren Dauerfestigkeit oberhalb von $F_u = 200 \text{ N}$ liegen, so ist mit $F_u = 200 \text{ N} = \text{konstant}$ zu prüfen um eine weitestgehende Entlastung des Schnappers zu gewährleisten

Aus den angegebenen Werten errechnet sich im Solobetrieb für den Belastungsblock II und einer Ausfallwahrscheinlichkeit von 1 % folgende zu erfüllende dauerfeste Oberlast:

$$F_{O(\text{solo})D 1,0\%} = \text{Kollektivhöchstwert [N]} * G * F_K * S$$

$$F_{O(\text{solo})D 1,0\%} = 600 \text{ N} * 1,2 * 1,145 * 1,4$$

$$F_{O(\text{solo})D 1,0\%} = \underline{1.154 \text{ N}}$$

Für den Tandembetrieb errechnet sich für den Belastungsblock II und einer Ausfallwahrscheinlichkeit von 1 % folgende zu erfüllende dauerfeste Oberlast:

$$F_{O(\text{Tandem})D 1,0\%} = \text{Kollektivhöchstwert [N]} * G * F_K * S$$

$$F_{O(\text{Tandem})D 1,0\%} = 600 \text{ N} * 2,5 * 1,145 * 1,4$$

$$F_{O(\text{Tandem})D 1,0\%} = \underline{2.405 \text{ N}}$$

Die logarithmische Streuung wird für beide Anwendungsfälle auf $s_{\log N} < 0,2$ begrenzt.

3.4 (D) Zeitfeste Auslegung für eine Einsatzzeit von 5 Jahren ohne Begrenzung des Schnapperspiels (Kraftschlusspunkt) und Kontrolle durch den Hersteller (Prüfung mit offenem Schnapper)

Bestehen die Karabiner die unten beschriebenen Anforderungen, so sind sie für einen Zeitraum von 5 Jahren (+ 1 Jahr Lager und Verkaufszeit) sicher einsetzbar. In **Bild 14** folgt eine Darstellung der Bemessungsgrundlage. Die Prüfung erfolgt nacheinander mit den selben Karabinern in zwei Belastungsblöcken (Extremmanöver und Normalflug):

Im Belastungsblock I werden die Karabiner mit den für eine Einsatzzeit von 5 Jahren maximal auftretenden 2.000 Extremmanövern unter Berücksichtigung des entsprechenden Faktors (G) belastet. Anschließend muss der dargestellte Kollektivhöchstwert für den Belastungsblock II unter Berücksichtigung von Faktoren und Sicherheitskennwerten dauerhaft für eine Ausfallwahrscheinlichkeit von 1 % ertragen werden.

Die Prüfung erfolgt mit offenem Schnapper. Die Freigabe der Karabiner erfolgt für beliebige Schnapperspiele bzw. Kraftschlusspunkte (falls vorhanden). Eine Kontrolle der Schnapperspiele bzw. der Kraftschlusspunkte ist durch den Hersteller nicht erforderlich.

Treten bei den freigegebenen Karabinern im späteren Einsatz Schäden am Schnapper auf, so sind diese Karabiner sofort durch den Piloten aus dem Verkehr zu ziehen.

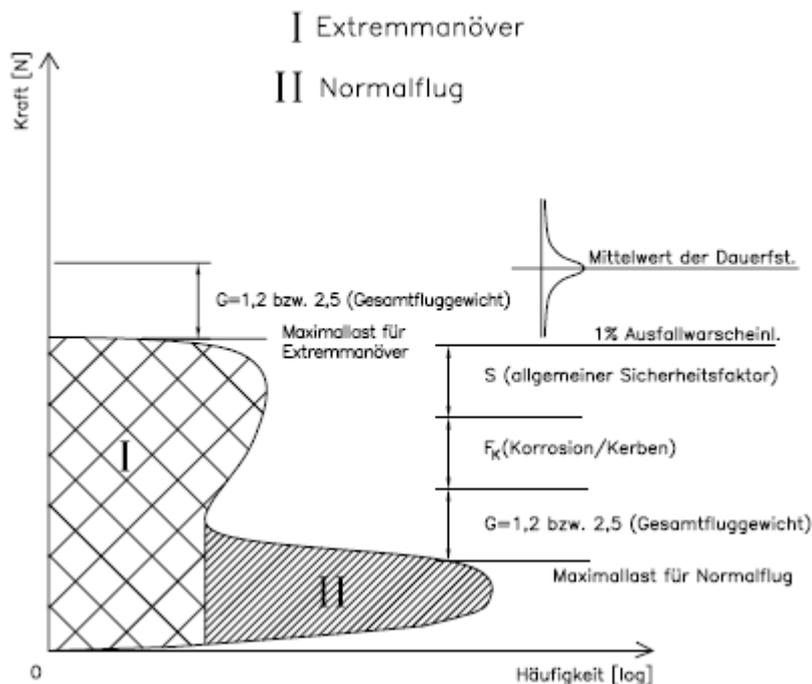


Bild 14: Beschreibung des Prüfverfahrens zur zeitfesten Auslegung (D)

Die Prüfung „C“ für den Belastungsblock I (Extremmanöver) ist wie folgt definiert:

- Anzahl der Proben: $n \geq 17$ Karabiner (statistische Absicherung bei $n > 17$)
- Spannungsverhältnis: $R = 0,1 = \text{konstant}$
- Grenzlastspielzahl: $N = 2.000$ für Al und für St
- Belastung mit offenem Schnapper (wenn vorhanden)
- Lasteinleitung über Expressschlinge, 12 mm breit im ungünstigsten Punkt (maximaler Hebel, siehe Bild 10) fixiert. Bei symmetrischen Konstruktionen erfolgt ebenfalls eine Lasteinleitung mit größtmöglichem Versatz.
- Kollektivhöchstwert: $F_0 = 2.100 \text{ N}$
- $G = 1,2$ bzw. $2,5$ (für Tandembetrieb)

Aus den angegebenen Werten errechnet sich im Solobetrieb folgende Oberlast, die ohne plastische Verformung und ohne Anrisse 2.000 mal ertragen werden muss, bevor die Karabiner mit dem Belastungsblock II belastet werden. Die Überprüfung der plastischen Verformung erfolgt durch die Ermittlung des Kraftschlusspunktes vor und nach dem Belastungsblock I. Die Kontrolle nach Anrissen erfolgt mit einem Risserkennungsmittel (z.B. Farbeindringverfahren). Die Belastung für den Belastungsblock I ist wie folgt definiert:

$$F_{O(\text{Solo})2.000 \text{ LW}} = \text{Kollektivhöchstwert [N]} * G$$

$$F_{O(\text{Solo})2.000 \text{ LW}} = 2.100 \text{ N} * 1,2$$

$$F_{O(\text{Solo})2.000 \text{ LW}} = \underline{2.520 \text{ N}}$$

Aus den angegebenen Werten errechnet sich im Tandembetrieb folgende Oberlast, die ohne plastische Verformung und ohne Anrisse 2.000 mal ertragen werden muss (Überprüfung s.o.), bevor die Karabiner mit dem Belastungsblock II belastet werden:

$$F_{O(\text{Tandem})2.000 \text{ LW}} = \underline{5.250 \text{ N}}$$

Die Prüfung „D“ für den Belastungsblock II („Normalflug“) ist wie folgt definiert:

- Treppenstufenversuch zur Ermittlung der Dauerfestigkeit
- Stufensprung 5 – 8% der Oberlast
- Anzahl der Proben: $n \geq 17$ Karabiner (statistische Absicherung bei $n > 17$)
- Spannungsverhältnis: $R = 0,1 = \text{konstant}$
- Grenzlastspielzahl: $N_{\max} = 5.000.000$ für Al und $2.000.000$ für St
- Belastung mit offenem Schnapper (wenn vorhanden)
- Lasteinleitung über Expressschlinge, 12 mm breit im ungünstigsten Punkt (maximaler Hebel, siehe Bild 10) fixiert. Bei symmetrischen Konstruktionen erfolgt ebenfalls eine Lasteinleitung mit größtmöglichem Versatz.
- Kollektivhöchstwert: $F_0 = 600 \text{ N}$
- $G = 1,2$ bzw. $2,5$ (für Tandembetrieb)
- $F_K = 1,145$ (siehe 2.2) (auch für St-Karabiner → ungünstigster Fall)
- $S = 1,4$ allgemeiner Sicherheitsfaktor

Bemerkung zum Sicherheitsfaktor: Da sich aus den Betriebsmessungen, bei einer Flugzeit von 100 Stunden pro Jahr maximal 1.110.000 Lastwechsel in 5 Jahren ergeben (auf Grund der relativ kurzen Betriebsmessungen ist dieses nicht statistisch abgesichert), kann der Sicherheitsfaktor auf $S = 1,4$ verringert werden ($N_{\max} = 5.000.000$ für Al und $2.000.000$ für St).

Aus den angegebenen Werten errechnet sich im Solobetrieb für den Belastungsblock II und einer Ausfallwahrscheinlichkeit von 1 % folgende zu erfüllende dauerfeste Oberlast:

$$F_{0(\text{solo})D 1,0\%} = \text{Kollektivhöchstwert [N]} * G * F_K * S$$

$$F_{0(\text{solo})D 1,0\%} = 600 \text{ N} * 1,2 * 1,145 * 1,4$$

$$F_{0(\text{solo})D 1,0\%} = \underline{1.154 \text{ N}}$$

Für den Tandembetrieb errechnet sich für den Belastungsblock II und einer Ausfallwahrscheinlichkeit von 1 % folgende zu erfüllende dauerfeste Oberlast:

$$F_{0(\text{Tandem})D 1,0\%} = \text{Kollektivhöchstwert [N]} * G * F_K * S$$

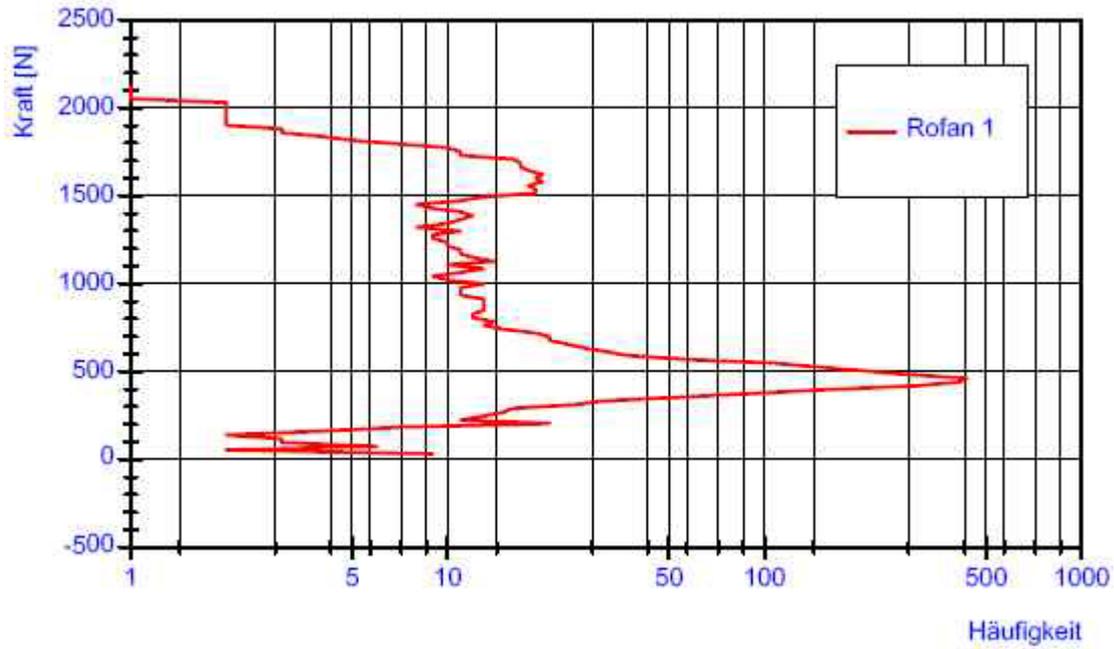
$$F_{0(\text{Tandem})D 1,0\%} = 600 \text{ N} * 2,5 * 1,145 * 1,4$$

$$F_{0(\text{Tandem})D 1,0\%} = \underline{2.405 \text{ N}}$$

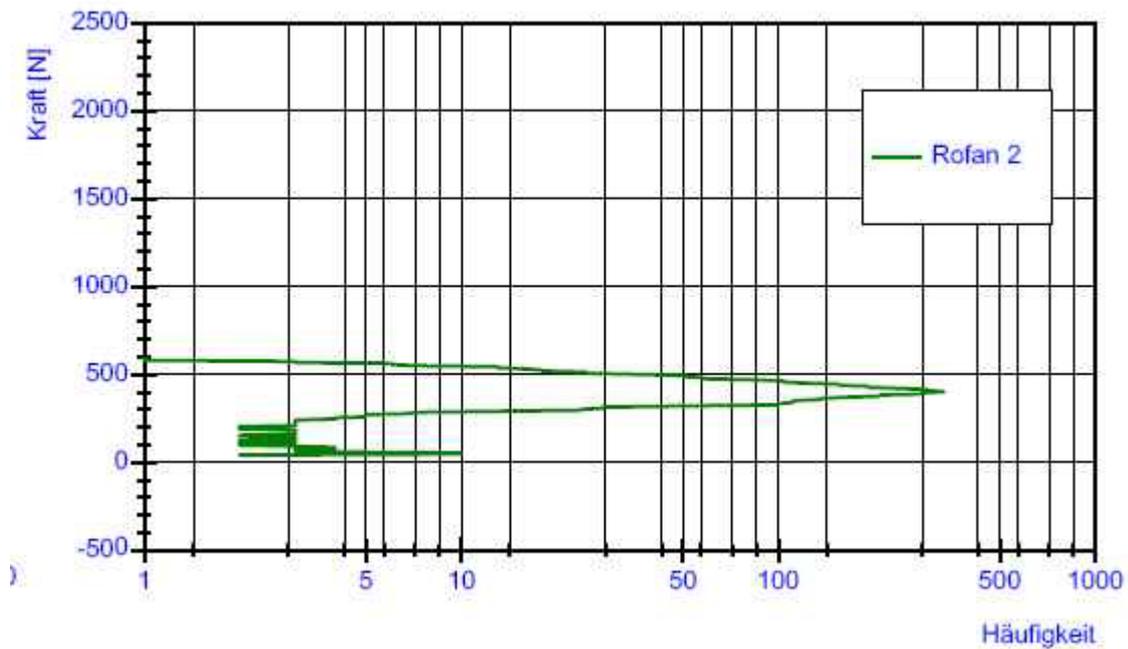
Die logarithmische Streuung wird für beide Anwendungsfälle auf $s_{\log N} < 0,2$ begrenzt.

4. Anhang

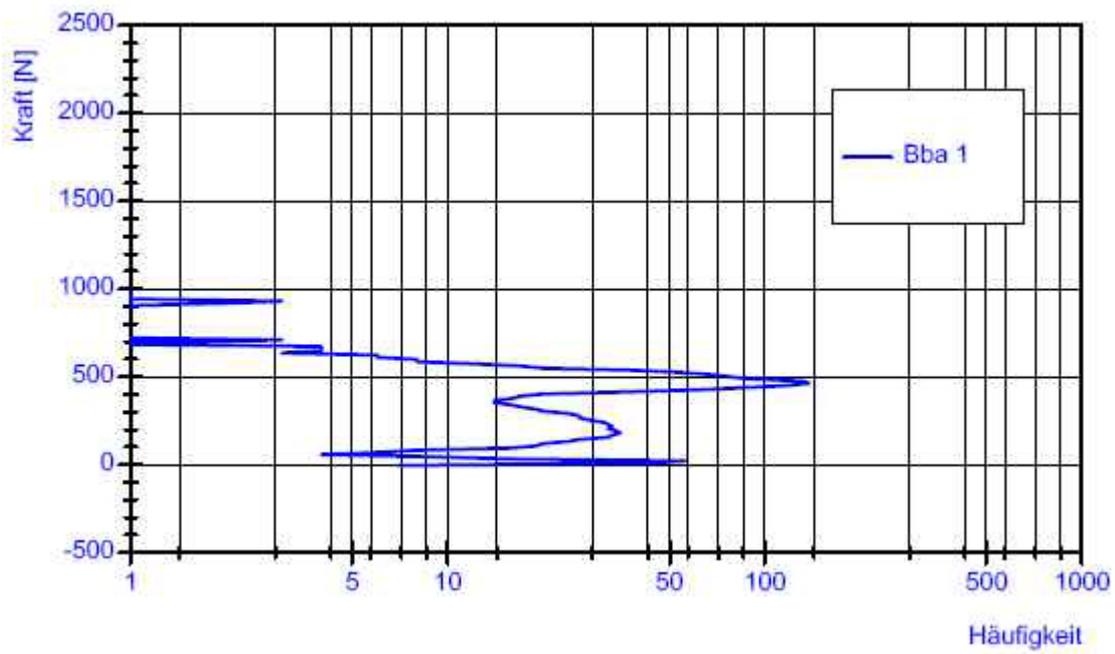
Es folgen in Anlage 1 bis 4 die Klassierungen nach dem Klassengrenzenüberschreitungs-zählungs-Verfahren für die vom DHV durchgeführte Betriebsmessung.



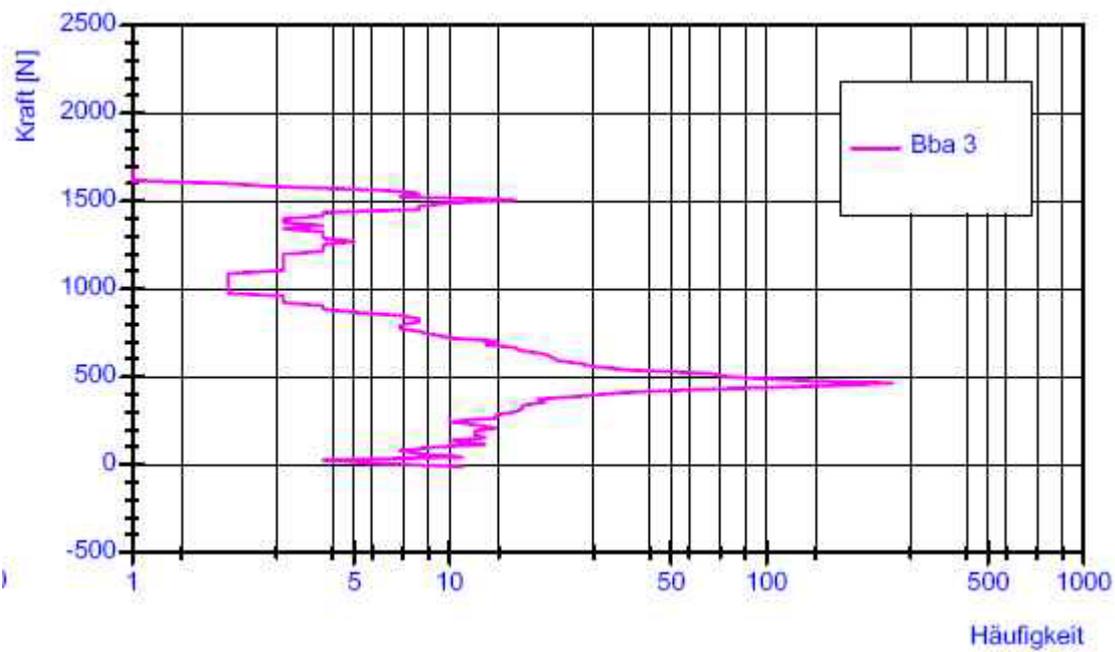
Anlage 1: Klassierung für Rofan 1 (Thermik, Steilspirale)



Anlage 2: Klassierung für Rofan 2 (Thermikflug)



Anlage 3: Klassierung für Bba1 (Gleitflug, schwache Thermik, Steilspirale)



Anlage 4: Klassierung für Bba3 (Gleitflug, Steilspirale, Frontstall, Klasser, W-over)