



Zusammenfassung des ersten Protektor-Symposiums in Memmingen

Auf Einladung der European Academy of Parachute Rigging e.V. (EAPR), als LBA anerkannte Prüfstelle für Sprungfallschirme und Gleitschirme, fand am Samstag, den 19.07.2008 das erste Protektor-Symposium zur derzeit viel diskutierten Problematik der Gleitschirmprotektoren statt.

Folgende Personen nahmen am Symposium teil: (In alphabetischer Reihenfolge)

- Peter Bruggmüller Dipl.-Ing. Luft- und Raumfahrttechnik, Numerical Simulation, Fa. HILTI AG
- Michael Burger Dipl. Ing. Director Product & Process Development, Fa. ept GmbH & Co.KG
- Simone Caldana Konstrukteur und Mitinhaber der Fa. Woody Valley Model, snc. Italien, eigene Protektor-Testanlage
- Philippe Clerjon Konstrukteur und Mitinhaber der Fa. Sup'Air, Frankreich, eigene Protektor-Testanlage
- Markus Haupt Dipl. Ing. (FH) Fahrzeugtechnik, als technischer Referent der EAPR
- Lutz Leipold TRI/TRE(A) LBA anerkannter Prüfer für Musterberechtigungen (D-2988), QS-EAPR (entschuldigt)
- Philipp Medicus angehender Dipl. Ing. Maschinenbau
- Guido Reusch Fallschirmtechniker, Leiter der LBA anerkannten Musterprüfstelle der EAPR
- Thomas Ripplinger Dipl. Ing. Luft- und Raumfahrttechnik, Konstrukteur Advance-Thun AG, Schweiz & Vertreter des internationalen Herstellerverbandes PMA
- Harald Rost Dipl.-Geol – Tech.-Leiter der LBA anerkannten Musterprüfstelle des DMSV (entschuldigt)
- Rüdiger Walter Leichtflugzeugbauer

Vorwort

Bis zum 26.09.2007 wurden alle Gurtzeugprotektoren einzig auf einer entsprechenden Prüfanlage des Deutschen Hängegleiter Verbandes (DHV) gem. den Vorgaben der Lufttüchtigkeitsforderungen für Hängegleiter und Gleitsegel geprüft. Diese Anlage hat sich als zunehmend veraltet und als unzuverlässig herausgestellt. Des Weiteren konnte festgestellt werden, dass die Testanlage des DHV keine reproduzierbaren Ergebnisse in einem vertretbaren Toleranzbereich erbringen kann.

Im Zuge der Gesamtproblematik traten immer mehr auch wesentliche Defizite der Lufttüchtigkeitsforderungen für Gleitschirmprotektoren zu Tage, denen es entgegen zu arbeiten gilt. Das Symposium hat sich zur Aufgabe gemacht, neue und verbindliche Vorgaben für Testanlagen, der Testabläufe und deren Dokumentation zu erstellen, um die Pilotensicherheit zukünftig verbessern zu können.

Das Protektor Symposium empfiehlt dem Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS), als zuständige Behörde für leichtes Luftsportgerät, die Lufttüchtigkeitsforderungen für Hängegleiter und Gleitsegel, veröffentlicht in den Nachrichten für Luftfahrer Teil II vom 03. April 2003 (NfLII 35/03), auf Basis der Erarbeitungen des Protektor Symposiums im Unterpunkt 5 „Gleitsegel Gurtzeugprotektoren“ vollständig zu ersetzen.

Diese Empfehlung enthält sicherheitstechnische Festlegungen im Sinne des Gesetzes über die Musterprüfungspflicht von leichtem Luftsportgerät und seiner Bauteile.

Im Einzelnen kam das Symposium zu folgenden einstimmigen Ergebnissen, die innerhalb einer Verfahrensweisung noch genauer zu beschreiben sind.

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung

- 1.1 Allgemeines
- 1.2 Protektordimensionierung

2. Hardware

- 2.1 Test-Dummy
- 2.2 Sensorik
- 2.3 Fallende Masse
- 2.4 Aufprallfläche

3. Software

- 3.1 Messkraftverstärker
- 3.2 Filterung des digitalisierten Beschleunigungssignals
- 3.3 Maximale G-Kräfte und Datenanalytik

4. Durchführung

- 4.1 Testkondition
- 4.2 Anlegen des Gurtzeuges
- 4.3 Fallhöhe
- 4.4 Fallgeschwindigkeit
- 4.5 Flugsimulation von Airbaggurtzeugen
- 4.6 Wiederholungen
- 4.7 Beschädigungen

5. Ergebnisse

- 5.1 Protokolle
- 5.2 Dokumentation
- 5.3 Veröffentlichung

6. Weiterungen

- 6.1 Maximale Belastung:
- 6.2 Seitenaufprallschutz
- 6.3 Klassifizierung von Protektoren

1. Einleitung

Der Schutz, der durch einen Gurtzeugprotektor beim Gleitschirmfliegen gegeben ist, hängt von den Umständen des Unfalls ab. Die Nutzung eines Gurtzeugprotektors kann nicht immer einen tödlichen Unfall oder längere Invalidität verhindern.

Ein Teil der Aufprallenergie wird durch den Gurtzeugprotektor gedämpft, indem die Kraft des Aufpralls, dem der Körper ausgesetzt ist, gemindert wird. Die Protektorkonstruktion kann bei der Dämpfung dieser Energie beschädigt werden und jeder Protektor, der einem kräftigen Aufprall ausgesetzt war, muss vor dem nächsten Einsatz eingehend auf mögliche Beschädigungen untersucht werden.

Um die volle Funktionstauglichkeit sicherzustellen, ist es unumgänglich den Anweisungen des Herstellers zur Nutzung und Wartung strikt Folge zu leisten.

1.1 Allgemeines

Protektoren werden zurzeit in drei unterschiedliche, teils miteinander kombinierbare Gruppen, unterteilt

- **Staudruckprotektoren (Airbag):**

Die im Flug einströmende Luft bildet ein Luftpolster, welches mittels Ventileffekt beim Aufprall kontrolliert abgelassen wird, somit einen Teil der aufgebrachten Energie absorbiert

- **Hohlschaumprotektoren:**

Ein fester Hartschaumbereich wird beim Aufprall kontrolliert zerstört und absorbiert somit einen Teil der Energie

- **Schaumstoff/Luftprotektoren (Foam/Airbags):**

Schaumstoff, in einem vollkommen abgeschlossenen Luftsack, hält einen definierten Raum offen, der im Fall einer Kompression die Luft durch das Gewebe und die Näht ausströmen lässt und somit airbagähnlich einen Teil der aufgebrachten Energie absorbiert.

Die im Weiteren beschriebenen Prüfkriterien für Gleitschirmprotektoren beziehen sich auf alle Protektorguppen.

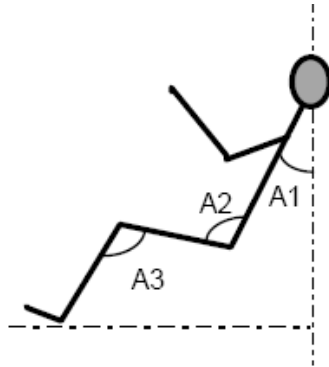
1.2 Protektordimensionierung

Der Gurtzeugprotektor muss so dimensioniert sein, dass er dem Piloten mindestens über die Breite des Körpers von der Mitte der Oberschenkel bis zu Linie der Schultern (Halsansatz) Schutz bietet. Starre Bauteile am Gurtzeug oder am Gurtzeugprotektor sind nur dann zulässig, wenn durch diese Bauteile verursachte Verletzungen im Rücken- oder Nackenbereich weitgehend ausgeschlossen sind. Formgebung und Materialeigenschaften des Gurtzeugprotektors müssen so beschaffen sein, dass auch im deformierten Zustand Knick- und Punktbelastungen im Rücken- oder Nackenbereich weitgehend ausgeschlossen sind.

2. Hardware

2.1 Test-Dummy

Der zu benutzende Dummy muss eine ausreichend gute anatomische Form haben, die es leicht und ohne zu viele Variationsmöglichkeiten erlaubt, ein Gurtzeug mit Protektor oder einen einzelnen Protektor reproduzierbar zu testen. Der Dummy wird aus Holz und/oder Faserverbundwerkstoffen entsprechen der nachstehenden Maßvorgaben hergestellt und kann mit Metall verstärkt sein. Seine Rolle ist es, dem Aufschlag auf der ganzen Sitzfläche so zu entgegenen, wie es die Sitzfläche des menschlichen Körpers tun würde. Ein elastisches Verhalten des Dummies muß allerdings aus Gründen der Vergleichbarkeit und Reproduzierbarkeit so weit als möglich ausgeschlossen werden.

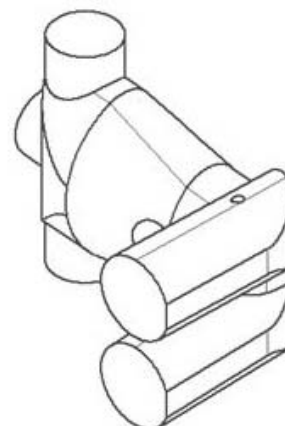
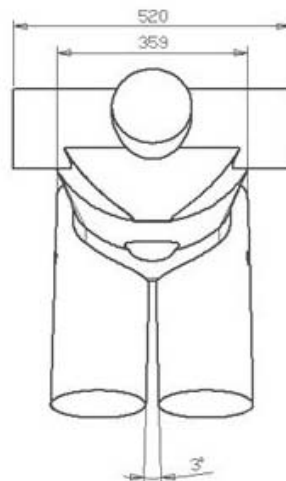
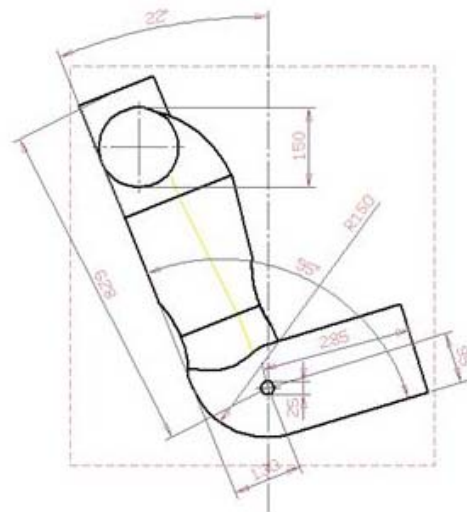
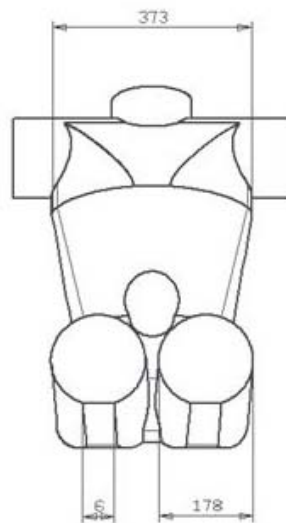


Angles de confort

(contrainte articulaire et musculaire minimale)

Wisner & Rebiffé (1963)

A1 = 20°, A2 = 95°, A3 = 110°



Test-Dummy -
Maßvorgaben

Die Dummyauflagefläche zum Prüfmuster ist mit einer rutschsicheren Stoff- oder Kunststoffauflage von weniger als 1,5mm Stärke zu belegen, welche eine zu vernachlässigende Dämpfungswirkung aufweist.

2.2 Sensorik

Es muss ein statischer Sensor verwendet werden, da dynamische nicht in der Lage sind, gleichbleibende g-Werte, wie sie z.B. während der Fallphase auftreten, zu messen. Die Anbringung des Beschleunigungsaufnehmers sollte möglichst im Schwerpunkt des Dummys erfolgen. Es kann sowohl ein monoaxialer, als auch ein triaxialer Sensor genutzt werden, bei dem eine Integration der 3 Achsen zur Vertikalen berechnet wird.

2.3 Fallende Masse

Die fallende Masse zur Messung der G-Belastung ohne Gurtzeug und/oder Protektor beträgt 50kg.

Diese Dummymasse erscheint sinnvoll, da in diesem Testaufbau das Körpereingangssignal gemessen wird. Durch die selbstdämpfenden Eigenschaften eines menschlichen Körpers wird dieses jedoch erheblich reduziert, bevor es eine unmittelbare Wirkung auf die Skelettstruktur hat.

Das Gewicht von 50kg entspricht dem über dem Kreuzbein gelegenen menschlichen Rumpf, da die durch die Wirbelsäule erfahrene Krafteinwirkung direkt mit der Masse über dem Kreuzbein verbunden ist. Durch Thomas Ripplinger konnte deutlich gemacht werden, dass eine Reduzierung oder Erhöhung keinen unmittelbaren Einfluss auf die stoßdämpfende Wirkung hat, solange der Protektor nicht durch eine höhere Masse beschädigt wird.

Diesbezüglich ist jedoch ein grundsätzlicher Belastungstest des Protektors mit dem zulässigen maximalen Gewicht des Gurtzeuges angedacht.

2.4 Aufprallfläche

Die Aufprallfläche muss eben und hart sein. Im unbelasteten Zustand darf die Oberfläche der Aufprallfläche um maximal 0,5mm uneben sein. Bei Belastung mit einer lotrecht zur Oberfläche wirkenden Druckkraft von 2000N/cm² darf sich die Oberfläche um max. 2mm verformen.

Die Aufprallfläche wird mit einem 1,0 +/- 0,2mm dicke, rutschfestem EPDM-Material versehen, welche nicht den Dämpfungseigenschaften zugerechnet wird.

3. Software

3.1 Messkraftverstärker

Die Eingangssignale des Beschleunigungssensors sollen nicht durch den Messverstärker oder A/D-Wandler unzulässig verändert werden.

Hierfür gilt: Grenzfrequenz_min = Signalfrequenz_max * Multiplikator.

Tabelle 1: Multiplikationsfaktoren zur Ermittlung der minimalen Filter-Grenzfrequenz

Mindestfaktor für die 3 dB Grenzfrequenz zur maximalen Signalfrequenz								
Butterworth-Filter				Bessel-Filter normiert auf -3 dB Grenzfrequenz				
	1. Ordnung	2. Ordnung	3. Ordnung	4. Ordnung	1. Ordnung	2. Ordnung	3. Ordnung	4. Ordnung
Akzeptierter Fehler	6dB / Oct.	12dB / Oct.	18dB / Oct.	24dB / Oct.	6dB / Oct.	12dB / Oct.	18dB / Oct.	24dB / Oct.
	20dB / Dec.	40dB / Dec.	60dB / Dec.	80dB / Dec.	20dB / Dec.	40dB / Dec.	60dB / Dec.	80dB / Dec.
< 1%	7,1	2,7	1,9	1,6	7,2	5,7	5,7	5,8
< 2%	5,0	2,2	1,7	1,5	5,0	4,1	4,0	4,0
< 3%	4,0	2,0	1,6	1,4	4,0	3,3	3,3	3,3

Werkseitig eingesetzte Filter (Bessel oder Butterworth) dürfen das Messsignal maximal um <1% verfälschen.

3.2 Filterung des digitalisierten Beschleunigungssignals

Die Filterung des Beschleunigungssignals erfolgt auf Basis einer rein mathematischen Mittelwertbildung. Diese Mittelwertbildung stellt eine einfache und nachvollziehbare Art von digitaler Tiefpassfilterung dar.

Werkseitig eingesetzte Filter zum Eliminieren von Abtast-Artefakten oder Alias-Signalen müssen so ausgelegt sein, dass die realen Messwerte um weniger als 2% verfälscht werden

3.3 Maximale G-Kräfte und Datenanalytik

Gemäß medizinischen Erkenntnissen^{1,2} kann die menschliche Wirbelsäule weit mehr als 20 G ertragen, sofern die Einwirkzeit entsprechend kurz ist. Die Musterprüfung soll zukünftig nicht mehr nach einem einzigen Spitzenwert erfolgen, sondern nach vier Grenzwerten, die diesen medizinischen Forschungsergebnissen Rechnung tragen.

- 50 G bis zu einer Einwirkdauer von 5 Millisekunden
- 40 G bis zu einer Einwirkdauer von 8 Millisekunden
- 30 G bis zu einer Einwirkdauer von 16 Millisekunden.
- 20 G bis zu einer Einwirkdauer von 45 Millisekunden.

Damit die Musterprüfung erfolgreich erfolgt, müssen alle vier Kriterien erfüllt sein.

Die Beurteilung dieser Beschleunigungen bzw. Einwirkzeiten kann nicht anhand des unbearbeiteten Signals erfolgen. Vielmehr muss die gemessene Kurve mit Filtern analysiert werden.

1 Medizinische Hochschule Hannover, Verkehrsunfallforschung

2 Martin Baker Helicopter Crashworthy Seat

4. Durchführung

4.1 Testkondition

Die Umgebungstemperatur im Testbereich beträgt zwischen 15°C und 25°C. Das Prüfmuster wird vor dem Test auf Umgebungstemperatur gebracht.

4.2 Anlegen des Gurtzeuges

Das Gurtzeug wird dem Dummy in der Größe körpergerecht angepasst und alle Verschlusselemente werden verschlossen. Die Gleitschirmaufhängungen werden symmetrisch soweit in die Vertikale gestreckt, dass ein Zug von nicht weniger als 200N auf die Hauptaufhängungen aufgebracht wird.

4.3 Fallhöhe

Die Fallhöhe wird zukünftig durch die Unterkante des Fallkörpers bestimmt und soll von diesem Punkt nicht weniger als 165cm betragen.

Die heutige Definition "Lichte Weite" ist nicht ausreichend, da diese keine nachvollziehbare Aussage zulässt. In der Praxis ist es nicht relevant, wie hoch die Geschwindigkeit des Systems ist, bei der die unterste Geometrie des Gurtzeugs die Prallplatte berührt. Für eine Vergleichbarkeit ist es viel praxisrelevanter und wiederholbarer, welche Geschwindigkeit die Unterkante des Prüfkörpers in dem Moment hat, wo die Beschleunigungskurve ihren Wendepunkt (Steigung=0) hat.

Dieser Punkt auf dem Fallweg ist aber definitiv nicht die Unterkante des Gurtzeugs. Werden aktuell 150cm lichte Weite eingestellt, so ist zu erwarten, dass ein Gurtzeug z.B. "nur" 155cm tief fällt und ein anderes 165cm tief, bevor eine Bremswirkung einsetzt.

4.4 Fallgeschwindigkeit

Die Fallgeschwindigkeit ergibt sich aus der Fallhöhe zwischen Unterseite des Dummys und der Aufprallfläche, Die erreichte Geschwindigkeit darf nicht mehr als 0,15m/s von einer rechnerischen Freifallgeschwindigkeit abweichen. Eine Fallgeschwindigkeitsmessung erfolgt über Integrale der Rohdaten auf mathematischer Basis.

4,5 Flugsimulation von Airbag Gurtzeugen

Die anströmende Luft soll mit maximal 7m/s auf das Gurtzeug einwirken. Dann wird der Luftstrom für nicht weniger als 3 Sekunden unterbrochen und der Test ausgelöst.

Das Einstecken einer Düse oder eines Schlauches direkt in die Belüftungsöffnung des Gurtzeugs, sowie Maßnahmen zur Abdichtung der Luftzufuhr sind dabei nicht zulässig.

4.6 Wiederholungen:

Es werden zwei gleiche Test innerhalb von nicht weniger als 1 Stunde und nicht mehr als 2 Stunden mit demselben Protektor durchgeführt. Bei Stauluftprotektoren können die Tests auch unmittelbar auf einander erfolgen.

4.7 Beschädigungen

Nach jeder vorgeschriebenen Prüfung darf der Protektor keine für den Benutzer gefährlichen Brüche oder Veränderungen aufweisen.

Eine Veränderung oder Zerstörung des Protektors beim Aufschlag ist zulässig, wenn die Veränderung oder Zerstörung für den Piloten ohne besondere Hilfsmittel erkennbar ist, in diesem Fall muss ein Hinweis auf die erforderlichen Maßnahmen nach einer harten Landung am Gurtzeug angebracht sein

5. Ergebnisse

5.1 Protokolle

Die von der Prüfstelle zu fertigenden Protokolle haben mindestens folgende Angaben zu enthalten:

- Name des Herstellers;
- Musterbezeichnung des geprüften Gurtzeugs/Protektors
- Beschreibung der Protektorfunktion
- Name und Anschrift der Prüfstelle
- Name des verantwortlichen Prüfers
- Ort, Datum, Zeit und Umgebungstemperatur der Prüfung
- Gewicht Gurtzeug Protektor
- Höhe zwischen Dummyunterkante und Aufprallgrund
- Abtastfrequenz, Typ des Sensors und des A/D Wandlers
- Maximaler G-Last-Werte nach den Vorgaben dieser Anweisung
- Grafik des nicht geglätteten Beschleunigungssignals
- Grafiken der berechneten Geschwindigkeits- und Fallwegverläufe
- Grafik der geglätteten bzw. gefilterten Beschleunigungskurven

Folgendes muss dem Prüfbericht beigelegt und archiviert werden:

- a) die Videokassette der Prüfungen;
- b) die Konstruktionsunterlagen des Herstellers;
- c) das zur Musterprüfung verwendete Gurtzeug;
- d) die Betriebsanweisung/Dokumentation;
- e) Die nicht bearbeiteten Beschleunigungsmesswerte

5.2 Dokumentation

Die ermittelten Roh-Daten, erstellte Messschriebe und die erstellten Videoaufnahmen sind von der Prüfstelle über den Produktionszeitraum des Protektors und wenigstens 5 Jahre darüber hinaus aufzubewahren.

5.3 Veröffentlichung

Von der Prüfstelle wird der Testbericht ohne Messschriebe und ohne Angaben der Messwerte veröffentlicht, jedoch mit einer zwingend vorgeschriebenen Videodokumentation. Ein umfassendes Protokoll mit allen Messdaten wird dem Hersteller übermittelt.

Vorschlag Peter Bruggmüller, Rüdiger Walter, Guido Reusch, Lutz Leipold, Philipp Medicus: Das Protokoll sollte vollständig veröffentlicht werden!

Zu diesem Punkt konnte bislang keine Einigung erzielt werden. Die Entscheidung hierzu soll möglichst zu einem späteren Zeitpunkt erfolgen oder an das LBA übertragen werden.

6. Weiterungen

6.1 Maximale Belastung:

Es ist zukünftig vorgesehen auch einen Test zur Maximalbelastung des Protektors durchzuführen. Dabei soll der Protektor mit einem Gewicht entsprechend der maximalen Last des zugehörigen Gurtzeuges auf seine Haltbarkeit hin überprüft werden. Es ist angedacht einen entsprechenden Test durchzuführen, bei dem zwar die Rohdaten ermittelt und dem Hersteller zum Zwecke der Weiterentwicklung zur Verfügung gestellt werden, aber diese nicht in die Bewertung zur Freigabe des Protektors einfließen.

6.2 Seitenaufprallschutz

Weitergehende Forschung zu Seitenaufprallschutz und Schutzmaßnahmen im Brustwirbel- und Oberschenkelbereich werden ausdrücklich unterstützt. In dieser ersten Umbauphase der Prüfanweisung für Protektoren werden sie jedoch ausgespart, da diesbezüglich weder bestehende Forschungsansätze übernommen werden können, noch sonstige Ableitungen fundiert genutzt werden können, ohne vorher aufwendige Testreihen durchzuführen.

6.4 Klassifizierung von Protektoren

Um dem Endnutzer/Piloten eine leichtere Einschätzung der Protektorschutzklasse zu ermöglichen, ist ein Sternesystem (1 bis 3) angedacht, in dem die Protektoren nach ihren Dämpfungswerten unterteilt werden können. Diese Klassifizierung richtet sich ausschließlich nach den erzielten Messergebnissen und beinhaltet keine subjektiven Faktoren.