

Nachfolgende Vorgaben für die Musterprüfung von elektrischen Aufstiegshilfen für Hängegleiter gelten bis zur Einarbeitung in die Lufttüchtigkeitsforderungen (LTF) für Hängegleiter und Gleitsegel als Zusatzforderungen zu den derzeit anzuwendenden LTF (Nfl II 91/09).

Zusatzforderungen zu den Lufttüchtigkeitsforderungen für Hängegleiter und Gleitsegel gemäß Nfl II 91/09 vom 17.12.2009

## **1 Elektrische Aufstiegshilfen**

### **1.1 Geltungsbereich**

Diese Anforderungen gelten für an der Rückseite des Piloten befestigte elektrische Antriebssysteme, die anstelle eines Winden- oder Schleppseils den autarken Start von Hängegleitern von ebenem Gelände ermöglichen und nach Erreichen der Ausgangshöhe einen weitgehend unbehinderten Gleit- und Thermikflug zulassen. Die Betriebsgrenzen des Tragwerks dürfen durch die Mitnahme des elektrischen Antriebssystems nicht überschritten werden. Zusätzlich muss der Tragwerkshersteller für alle tragwerkseitig anzubringenden Komponenten des elektrischen Antriebssystems (z. B. Sensorik) die Platzierung und die Art der Befestigung am Tragwerk festlegen und in die Betriebsanweisung aufnehmen. Das verwendete Gurtzeug und das elektrische Antriebssystem bilden eine Einheit und werden als Einheit mustergeprüft.

### **1.2 Begriffsdefinitionen**

#### **1.2.1 Elektrisches Antriebssystem**

Das elektrische Antriebssystem besteht aus Akkumulator mit Akkumanagement- und Ladesystem, einem Elektromotor evtl. mit Getriebe und Motorcontroller, Propellerwelle und Propeller sowie der gesamten Systemsteuerung (z. B. auch virtueller Käfig) mit Bedien- und Anzeigegerät(en).

#### **1.2.2 Akkumulator**

Akkumulator bezeichnet einen Speicher für elektrische Energie

#### **1.2.3 Ladesystem**

Ladesystem bezeichnet die Einrichtung, die es ermöglicht dem Akkumulator elektrische Energie zuzuführen.

#### **1.2.4 Elektromotor**

Elektromotor bezeichnet einen elektromechanischen Wandler, der elektrische Energie in mechanische Arbeit umwandelt.

#### **1.2.5 Motorcontroller**

Motorcontroller ist ein Gerät zur elektronischen Steuerung des Elektromotors.

### 1.2.6 Systemsteuerung

Systemsteuerung bezeichnet die Einrichtung, die das elektrische System überwacht und die Anweisungen des Piloten nach Prüfung auf Plausibilität und Sicherheit zur Umsetzung an den Motorcontroller weiterleitet.

## 1.3 Gestaltung und Bauausführung

### 1.3.1 Allgemein

Die Gestaltung elektrischer Antriebssysteme hat so zu erfolgen, dass deren Betrieb keine erheblichen Sicherheitsrisiken für den Piloten und evtl. Dritte verursacht. Die elektrischen Antriebssysteme dürfen nur die für eine ausreichende Aufstiegshöhe notwendige elektrische Energie von maximal 3 kWh mitführen. Die zulässige Lärmemission beträgt 50dB (A) gemessen nach den anerkannten Messverfahren. Nach dem Abschalten des elektrischen Antriebssystems muss ein nahezu unbehinderter Flug ohne Antrieb möglich sein.

### 1.3.2 Temperaturvorgaben für elektrische Antriebssysteme

Lagertemperaturen von -20°C bis 50°C und Betriebsumgebungstemperaturen von -10°C bis 35°C dürfen die Betriebssicherheit nicht beeinträchtigen.

## 1.4 Festigkeit

1.4.1 Die Befestigungspunkte des elektrischen Antriebssystems am Gurtzeug und die Lastaufnahmepunkte am elektrischen Antriebssystem müssen den folgenden Lastvielfachen über 10 sec ohne Versagen des Festigkeitsverbandes standhalten.

1.4.1.1 vorwärts: Prüfmasse x neunfache Erdbeschleunigung

1.4.1.2 aufwärts: Prüfmasse x dreifache Erdbeschleunigung

1.4.1.3 seitlich: Prüfmasse x eineinhalbfache Erdbeschleunigung

1.4.1.4 abwärts: Prüfmasse x neunfache Erdbeschleunigung

1.4.2 Bei gesonderter Befestigung einzelner Bestandteile des elektrischen Antriebssystems müssen für jede einzelne Komponente die Forderungen nach 1.4.1 nachgewiesen werden.

1.4.3 Prüfmasse ist die Masse des elektrischen Antriebssystems bzw. im Falle 1.4.2 die Masse der einzelnen Komponenten.

## 1.5 Akkumulator

1.5.1 Der verwendete Akkumulator hat so gestaltet und verbaut zu sein, dass er eigensicher ist. Er darf sich auch im Störfall (Kurzschluss, Crash, Unter- und Überspannung, Übertemperatur) nicht von selbst entzünden, explodieren und giftige oder brennbare Gase abgeben. Kabelbrände müssen durch geeignete Maßnahmen verhindert werden. Sowohl der Transport des Akkumulators wie der Betrieb müssen jederzeit gefahrlos

möglich sein, geeignete Maßnahmen gegen Überströme, Überspannungen zu hohe Temperaturen oder Brand müssen getroffen werden. Der Akkumulator muss mit einem Akkumanagementsystem ausgerüstet sein, das zu hohe Ströme, zu hohe Temperaturen sowie zu hohe und zu niedrige Zellenspannungen beim Laden und Entladen ausschließt, es sei denn, diese Forderungen sind bereits durch die verwendete Akkumulatortechnik erfüllt.

1.5.2 Es dürfen keine signifikanten Leistungsabfälle unter Volllast auftreten. Dazu wird der Antrieb im Prüfstand am Boden über einen Zeitraum der 100% der Gesamtkapazität der Akkumulatoren entspricht, betrieben. Bei der Prüfung darf die Temperatur an der Außenseite des Akkumulatoren-Behältnisses 45° C nicht übersteigen.

1.5.3 Die elektrischen Verbindungsstellen müssen abgedeckt und verwechslungssicher (verpolsicher) ausgeführt sein. Ein Schutz vor gleichzeitigem Kontakt beider Pole im betriebsbereiten Zustand muss gewährleistet sein.

1.5.4 Der Akkumulator muss mit einer von außen gut sichtbaren und dauerhaften Kennzeichnung versehen sein, die folgende Information enthält:

1.5.4.1 Akkutyp

1.5.4.2 Zellenzahl

1.5.4.3 maximale und minimale Spannung

1.5.4.4 maximal zulässiger Lade- und Entladestrom

1.5.4.5 Energieinhalt bei Vollladung

1.5.4.6 Volumen (L/B/H in ccm)

1.5.4.7 Masse (daN)

1.5.4.8 Masse (daN) inklusive Akkumulatorbehältnis

1.5.4.9 Hersteller

1.5.4.10 Herstellungsdatum

1.5.4.11 Herstellernummer

1.5.5 Die maximale speicherbare Energie des Akkumulators darf 3kWh nicht überschreiten. Ein Anzeigegerät für die Akkumulatorkapazität muss vorhanden sein, der Bereich unter 25% der Gesamtkapazität ist gesondert darzustellen.

## **1.6 Ladesystem**

- 1.6.1 Das Ladesystem darf nur ein vom Antriebssystemhersteller für den eingesetzten Akkumulator konfiguriertes Gerät sein. Die Steckverbindungen müssen verwechslungssicher (verpolsicher) zu den Ladebuchsen des Akkumulators passen.
- 1.6.2 Das Ladegerät muss eine CE-Kennzeichnung für die sichere Verwendung tragen.

## **1.7 Elektromotor und Motorcontroller**

- 1.7.1 Das elektrische Antriebssystem muss so dimensioniert sein, dass eine der Betriebsart als Aufstiegshilfe angemessene Leistung abgegeben werden kann. Das elektrische Antriebssystem muss dem Luftsportgerät bei maximal zulässiger Startmasse folgende Minimalleistungen ermöglichen:
  - 1.7.1.1 Steiggeschwindigkeit von 1,0m/s unmittelbar nach dem Start mit vollem Akkumulator.
  - 1.7.1.2 Höhengewinn von mindestens 15m nach 300m Startstrecke.
- 1.7.2 Eine Gefährdung des Piloten durch Flammen, Rauchgase, giftige Dämpfe oder mechanisches Versagen muss jederzeit ausgeschlossen sein.

## **1.8 Systemsteuerung**

- 1.8.1 Der Start des Antriebs darf nicht unbeabsichtigt erfolgen können.
- 1.8.2 Die Systemsteuerung hat sicherzustellen, dass der Antrieb ständig in einem sicheren Zustand bleibt. Sie überwacht die Betriebsgrößen auf Einhaltung der vom Hersteller vorgegebenen Werte und regelt das System bei der Annäherung an Grenzwerte herunter. Bei Überschreiten von Grenzwerten ist das elektrische Antriebssystem still zusetzen.
- 1.8.3 Auf dem Anzeigedisplay müssen ständig die noch verfügbare Restkapazität des Akkumulators sowie Betriebsgrößen im Alarmbereich angezeigt werden.
- 1.8.4 Es muss ein Überlastschutz vorhanden sein, der die gesamte Elektrik - z. B. bei Propeller oder Motorblockade - abschaltet. Die Trennstelle muss sich zwischen dem Akkumulator und der elektrischen Anlage befinden. Zur Trennung muss ein geeignet schneller Schalter verwendet werden. Der Überlastschutz hat sicherzustellen, dass die Spannung bei anormalen Betriebszuständen wie z. B. Blockaden der Propellerwelle oder Fehlströme durch Bauteilversagen so schnell weggeschaltet wird, dass keine gefährlichen Folgewirkungen entstehen.

1.8.5 Die elektrischen Verbindungsstellen müssen abgedeckt und verwechslungssicher (verpolsicher) ausgeführt sein. Ein Schutz vor gleichzeitigem Kontakt beider Pole im betriebsbereiten Zustand muss gewährleistet sein.

1.8.6 Mit Auslösung des Rettungsgerätes ist eine Abschaltung des elektrischen Antriebssystems sicherzustellen.

## **1.9 Schutz vor Strahlenbelastung (EMV)**

1.9.1 Das elektrische Antriebssystem darf durch von außen kommende elektrische Strahlung nicht gestört werden, andere elektronische Geräte selbst nicht stören oder Personen durch solche Strahlung gefährden.

1.9.1.1 Zum Nachweis ist der betriebsbereite Antrieb einem Konformitätsbewertungsverfahren nach EMVG § 7 Abs.2 oder 3 Satz 1 und 2 zu unterziehen; es müssen die Anforderungen nach EMVG § 8 Abs. 1 und § 9 (CE-Kennzeichnung) erfüllt werden. Anzuwenden sind die generischen Normen oder deren Derivate für den Wohnbereich EN 61000-6-3 und EN 61000-6-1 bezüglich der Emissionen und für das industrielle Umfeld die EN 61000-6-4 und EN 61000-6-2 bezüglich der Immissionen.

1.9.1.2 Für den Schutz der Personen ist ein Nachweis gemäß EN 62311 zu erbringen.

1.9.1.3 Der Nachweis kann alternativ durch jede vom Luftfahrtbundesamt anerkannte Nachweisführung erfüllt werden. (Z. B. VA 024 in der jeweils aktuell gültigen Fassung)

1.9.2 Die erneute Nachweisführung nach 1.9.1 beim Einbau in ein anderes Gerät (Gurtzeug) ist nur dann notwendig wenn wesentliche Änderungen an der Anordnung der Antriebskomponenten vorgenommen werden. Wesentliche Änderungen sind in jedem Fall alle Änderungen am elektrischen Gesamtsystem.

## **1.10 Schutz vor den Gefahren des rotierenden Propellers**

1.10.1 Die Konstruktion des elektrisches Antriebssystems muss so gestaltet sein, dass sowohl beim Start als auch im Flug kein gefährlicher Kontakt des Pilotenkörpers und seiner Gliedmaßen mit dem rotierenden Propeller möglich ist.

1.10.2 Sowohl beim Start als auch im Flug sowie bei Störungen am Tragwerk ist sicherzustellen, dass kein Kontakt zwischen Bauteilen des Hängegleiters mit dem rotierenden Propeller eintreten kann.

1.10.3 Zum Schutz dritter Personen ist der betriebsbereite Zustand durch ein eindeutiges Signal (z. B. Warnton oder Blinklicht) anzuzeigen.

## **1.11 Gurtzeuge für elektrische Antriebssysteme**

Es gelten die gleichen Anforderungen an die Gurtzeuge wie bei den Hängegleitern ohne elektrische Antriebssysteme. Bei den Festigkeitsforderungen nach LTF Punkt 4.2 ist die „Pilotenmasse“ durch die Anhängemasse zu ersetzen. (Die Anhängemasse beinhaltet Pilotenmasse, Gurtzeugmasse, Rettungsgerätemasse und Masse des elektrischen Antriebssystems inkl. Akkumulator.

### **1.12 Festigkeitsnachweis des Propellers**

1.12.1 Die Nabe, die Blattbefestigung und die Propellerblätter müssen einer Belastung standhalten, die doppelt so groß ist wie die Fliehkraftbelastung, die bei der höchsten für die Zulassung beantragten Drehzahl entsteht. Der Nachweis kann rechnerisch, statisch oder dynamisch geführt werden.

1.12.2 Rechnerischer Nachweis bzw. statischer Zugversuch. Die erforderliche Prüfkraft für den Nachweis wird wie folgt ermittelt:

$$F_{\text{zug}_p} = 2 \times F_z$$

mit

$$F_z = m \times (2 \times \tau \times n)^2 \times r$$

wobei:

m = Gewichtskraft pro Blatt (N)

Pi = Kreiskonstante

n = Drehzahl bei Vollast (U/min)

r = Radius des Massenschwerpunktes (m)

Fz = Zentrifugalkraft (N)

Fzug\_p = zu prüfende Zugkraft (N)

1.12.3 Dynamischer Festigkeitsnachweis. Die Prüfdrehzahl für den dynamischen Festigkeitsnachweis wird wie folgt ermittelt:

$$n_{\text{prüf}} = n \times 1,5$$

mit

nprüf = Prüfdrehzahl (U/min)

n = maximale Propellerdrehzahl (U/min)

Der Propeller muss der Prüfdrehzahl über eine Zeit von mindestens 15 Minuten ohne Beschädigungen widerstehen.

### **1.13 Abstand der Luftschraube zu Bauteilen des Fluggerätes**

Der radiale Abstand zwischen Blattspitzen und benachbarten Bauteilen des Fluggerätes muss mindestens 5 cm betragen. Insbesondere sind Federwege der Aufhängung zu berücksichtigen. Zum Motor bzw. Getriebe gilt ein axialer Mindestabstand von 1 cm. Alle Abstände gelten bei beweglichen Bauteilen des Fluggerätes für die ungünstigste Position.

### **1.14 Schwingungsdämpfung**

Zwischen Triebwerk und Gerätestruktur sind Schwingungsdämpfer vorzusehen, die die Übertragung mechanischer Schwingungen auf die Rahmenstruktur weitgehend unterbinden. Die Schwingungsdämpfer müssen gegen Abreißen gesichert sein.