

Bekanntmachung von Lufttüchtigkeitsforderungen für schwerkraftgesteuerte Ultraleichtflugzeuge Bauart: Trike und Fußstart-UL¹

vom 01.12.2021

Nachstehend gibt das Luftfahrt-Bundesamt
Lufttüchtigkeitsforderungen
für
schwerkraftgesteuerte Ultraleichtflugzeuge
Bauart: Trike und Fußstart-UL bekannt.

08 DEC 2021

Braunschweig, den 01.12.2021
Az: T323-20106-12/2021

Luftfahrt-Bundesamt
Im Auftrag
Burlage

¹ Notifiziert gemäß der Richtlinie (EU) 2015/1535 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 9. September 2015 über ein Informationsverfahren auf dem Gebiet der technischen Vorschriften und der Vorschriften für die Dienste der Informationsgesellschaft (ABl. L 241 vom 17.9.2015, S. 1)

Lufttüchtigkeitsforderungen sind technische und verfahrensmäßige Mindestforderungen für ein Mustergerät und für die baugleichen Seriengeräte.

Die vorliegenden Lufttüchtigkeitsforderungen gelten für die Musterprüfung von Trikes und fußstartfähigen Ultraleichtflugzeugen. Sie bestehen aus dem allgemeinen Teil (A) und dem besonderen Teil (B).

A. Allgemeiner Teil

1. Geltung und Umfang

- 1.1. Der nachstehende Allgemeine Teil A gilt in Verbindung mit den Forderungen des Besonderen Teils B. Weitere Bestandteile der Lufttüchtigkeitsforderungen sind die in der jeweils neuesten Fassung der Musterzulassung genannten Verpflichtungen des Herstellers sowie die ergänzenden Bestimmungen und Formblätter der Prüfstelle.
- 1.2. Die Prüfstelle kann weitere Forderungen stellen, weitere Unterlagen und weitere Versuche anfordern, wenn neu verwendete Materialien, besondere Bauformen, neue Erfahrungswerte oder andere Umstände dies für die Lufttüchtigkeit erfordern.

2. Gestaltung und Bauausführung

2.1. Werkstoffe und Herstellungsverfahren

- 2.1.1. Die Eignung und Dauerfestigkeit aller Werkstoffe und Herstellungsverfahren müssen auf Grund von Erfahrungen oder durch Versuche erwiesen sein.
- 2.1.2. Alle für beanspruchte Teile verwendeten Werkstoffe müssen anerkannten Beschreibungen und Festlegungen entsprechen.
- 2.1.3. Die angewendeten Herstellungsverfahren müssen dauerhafte Festigkeitsverbände ergeben.
- 2.1.4. Wenn Herstellungsverfahren (z. B. Faserverbundwerkstoffe, Fügen, Wärmebehandlung oder Umformung) der genauen Überwachung bedürfen, muss diese nach anerkannten Verfahren durchgeführt werden.

2.2. Schutz der Bauteile

- 2.2.1. Alle Bauteile müssen gegen festigkeitsmindernde Einflüsse ausreichend geschützt sein, insbesondere gegen Korrosion, UV-Strahlung, Knicken und Falten, mechanischen Verschleiß, Beschädigungen bei Transport, Montage und Betrieb.

2.3. Vorkehrungen für Auf- und Abrüsten

- 2.3.1. Fehler beim Auf- und Abrüsten sollen durch bauliche Maßnahmen möglichst verhindert werden.

2.4. Sicherung von Verbindungselementen

- 2.4.1. Verschlüsse, Trennstellen und andere verbindende Bauteile müssen gegen ungewolltes Öffnen gesichert sein.
- 2.4.2. Die Enden von Knoten an tragenden Texturseilen müssen ausreichend überstehen und sind zusätzlich zu sichern.

2.5. Einstellmöglichkeiten

- 2.5.1. Einstellmöglichkeiten dürfen nur vorhanden sein, wenn sie erforderlich sind. Die Grenzlagen aller Einstellmöglichkeiten sind anzugeben. Einstellvorrichtungen müssen so ausgelegt sein, dass auch bei äußerster Verstellung alle Lufttüchtigkeitsforderungen erfüllt werden. Eine selbständige Verstellung muss ausgeschlossen sein. Die Überschreitung der Grenzlagen von Einstellmöglichkeiten ist durch technische Maßnahmen zu verhindern. Einstellmöglichkeiten sind in der Betriebsanweisung darzustellen.

2.6. Vorkehrungen für Überprüfungen

- 2.6.1. Alle Bauteile müssen für Überprüfungen zugänglich sein, bzw. auf Verlangen in einem entsprechenden Qualitätssicherungsprotokoll vom Hersteller dokumentiert werden.

2.7. Schutz gegen Verletzung

- 2.7.1. Eine Verletzungsgefahr für den Benutzer durch Bauteile muss weitgehend ausgeschlossen sein.

2.8. Temperatur und Feuchtigkeit

- 2.8.1. Lagertemperaturen von -55 bis +90 Grad Celsius, Betriebstemperaturen von -40 bis +70 Grad Celsius und Feuchtigkeitsschwankungen dürfen sich nicht auf die Lufttuchtigkeit auswirken.

2.9. Statische Festigkeitseigenschaften

- 2.9.1. Die Festigkeitseigenschaften der verwendeten Werkstoffe müssen durch genügend Versuche belegt sein, damit Festigkeitswerte auf statischer Grundlage festgelegt werden können.
- 2.9.2. Die Streuungen der Festigkeitswerte müssen so klein sein, dass die Wahrscheinlichkeit unzureichender Festigkeit irgendeines tragenden Bauteiles äußerst gering ist.

Erläuterung:

Werkstoff-Spezifikationen sollten entweder im Rahmen des Nachweisverfahrens besonders erstellt oder veröffentlichten Normen entnommen werden. Bei der Festlegung der Rechenwerte sollten die Materialkennwerte in dem Umfang vom Konstrukteur geändert und/oder erweitert werden, wie dies aus Fertigungsgründen (z.B. bauweisenbedingt oder im Hinblick auf das Umformen, die maschinelle Bearbeitung oder eine nachfolgende Wärmebehandlung) notwendig erscheint.

2.10. Spannungskonzentrationen

- 2.10.1. Der Festigkeitsverband muss so gestaltet sein, dass Bauteile, an denen Spannungskonzentrationen auftreten, durch geeignete Maßnahmen ausreichend verstärkt werden.

2.11. Verarbeitung

- 2.11.1. Soweit im Besonderen Teil nichts Anderes bestimmt ist, gilt für die Herstellung der Stand der Technik.

2.12. Gewebenähte

- 2.12.1. Gewebenähte müssen so gestaltet sein, dass das Versagen einer einzelnen Naht nicht zu einem Versagen des Gerätes führt. Nahtenden sind durch geeignete Maßnahmen zu sichern.

2.13. Seile

- 2.13.1. Seile müssen nach einem von der Prüfstelle anerkannten Verfahren verarbeitet sein. Ein Verfahren gilt als anerkannt, wenn es der Prüfstelle bekannt ist und nicht beanstandet wird.

3. Betriebsanweisung und Typenschild

3.1. Allgemeines

- 3.1.1. Die Betriebsanweisung muss mindestens die in diesem Abschnitt oder die im Besonderen Teil festgelegten Angaben enthalten. Sind weitere Angaben für den sicheren Betrieb notwendig, so müssen sie aufgenommen werden. Die Betriebsanweisung muss alle notwendigen Angaben für die Inbetriebnahme, die Montage und die Funktionskontrolle des Geräts enthalten. Die notwendigen Kontrollen sind aufzulisten (Checkliste). Die Angaben über die im Normalbetrieb und in Notfällen anzuwendenden gerätespezifischen Verfahren für alle Verwendungszwecke sowie die sonstigen Angaben, die zum Betrieb notwendig sind, müssen enthalten sein. Die Betriebsanweisung muss die notwendigen Angaben für Transport und Lagerung enthalten.

3.2. Gerätebeschreibung

- 3.2.1. Das Gerät ist durch eine technische Kurzbeschreibung und durch beschriftete Übersichtszeichnungen darzustellen. Insbesondere sind die für die Bedienung wichtigen Bauelemente aufzuführen.

3.3. Einstellmöglichkeiten

- 3.3.1. Die Grenzlagen aller Einstellmöglichkeiten und Schwerpunktlagen sind anzugeben. Die Funktionsweise und die Auswirkungen sind zu beschreiben.

3.4. Technische Daten

- 3.4.1. Die Betriebsanweisung muss alle Betriebsgrenzen und die wesentlichen technischen Daten enthalten. Insbesondere Angaben über Massegrenzen, Geschwindigkeitsbereiche, unzulässige Flugmanöver und Triebwerksgrenzwerte.

3.5. Einbau des Rettungsgerätes

- 3.5.1. Das Rettungsgerät ist entsprechend den Vorgaben des Rettungsgeräteherstellers einzubauen. Alle Verbindungselemente zwischen Rettungsgerät und UL sind so auszulegen, dass die auftretende Last des vom Rettungsgerätehersteller angegebenen Entfaltungsstoßes (Geschwindigkeitsbereich und Abflugmasse) sicher aufgenommen werden kann. Die Auslösevorrichtung des Rettungsgerätes ist so anzubringen, dass sie in jeder Fluglage vom Piloten sicher zu bedienen ist. Dem Öffnungsvorgang des Rettungsgerätes dürfen keine Bauteile hindernd entgegenwirken. Es muss sichergestellt sein, dass bei Betätigung der Auslösevorrichtung des Rettungsgerätes das Triebwerk ausgeschaltet wird.

3.6. Wartung

- 3.6.1. Anzugeben sind:
- Prüfverfahren zur Kontrolle von Daten, die den störungsfreien Betrieb gewährleisten;

- Lebensdauer und Auswechselzeitpunkte von Bauteilen;
- Häufigkeit sowie Art und Umfang von Wartungsarbeiten;
- Hinweise auf Verfahren bei der Durchführung von Reparaturen;
- Originalteile, die im Zusammenhang mit Reparaturen benötigt werden;
- Empfehlungen für Reinigung und Pflege.

3.7. Typenschild

3.7.1. Ein Typenschild mit den folgenden Angaben muss in deutscher oder englischer Sprache am Gerät angebracht sein.

- Seriennummer (fortlaufende Zahlenfolge, vom Hersteller frei wählbar)
- Herstellungsdatum tt.mm.jjjj
- Nummer der Musterzulassung (Kennblattnummer)
- Name und Anschrift des Herstellers

B. Besonderer Teil

1. Allgemeines

1.1. Geltung und Umfang

1.1.1. Der Besondere Teil B gilt nur in Verbindung mit dem Allgemeinen Teil A.

2. Vom Antragsteller einzureichende Unterlagen

2.1. für die Tragflächen bei Trikes und Fußstart-UL

2.1.1. Dreiseitenansicht Maßstab mind. 1:50 mit folgenden Angaben

2.1.1.1. Äußere Abmessungen über alles

2.1.1.2. projizierte Flächen der Tragwerke

2.1.2. Segelzeichnung

2.1.2.1. lotrechte Projektion des Segels

2.1.2.2. Mittelprofil (Seitenansicht), insbesondere mit Kieltaschenmaßen

2.1.2.3. Angaben über Abnäher im Segel

2.1.2.4. Segellattenschablone

2.1.3. Baugruppenzeichnungen mit allen struktur- und festigkeitsgebenden Verbindungen

2.1.4. Einzelteilzeichnungen

2.1.5. Stücklisten mit Werkstoffspezifikationen

2.1.6. Segelwerkstoffe, Gewicht, Beschichtung, Gewebehersteller, Handelsbezeichnung

2.1.7. Angaben über

2.1.7.1. maximale Startmasse

2.1.7.2. minimale Startmasse

2.1.7.3. Masse der Fläche (ohne Packsack)

2.2. für Fahrgestell / Antrieb

2.2.1. Dreiseitenansicht im Maßstab mind. 1:50, mit folgenden Angaben:

2.2.1.1. Äußere Abmessungen

2.2.1.2. Abstand der Propellerspitzen zu angrenzenden Bauteilen und dem Erdboden

2.2.2. Baugruppenzeichnungen mit allen struktur- und festigkeitsgebenden Verbindungen

2.2.3. Einbauzeichnung für das Rettungsgerät (entsprechend Vorgabe des Rettungsgeräteherstellers)

2.2.4. Einzelteilzeichnungen

2.2.4.1. Stücklisten mit Werkstoffspezifikationen

2.2.5. Angaben zur Leermasse (Mindestausrüstung ohne Betriebsstoffe)

3. Grenzwertforderungen

3.1. Allgemein

3.1.1. Die nachfolgend aufgeführten Grenzwerte sind allgemeingültige Richtwerte, die nur in begründeten Ausnahmefällen gerätespezifisch angepasst werden können. Alle im Flugversuch ermittelten Werte werden auf ICAO Standardbedingungen umgerechnet.

3.2. Massegrenzen**3.2.1. Maximale Abflugmasse**

- 3.2.1.1. Als maximale Abflugmasse gilt:
für Einsitzer 300 kg zuzüglich Rettungsgerät
für Doppelsitzer 450 kg zuzüglich Rettungsgerät

Erläuterung:

Für das Rettungsgerät inkl. aller notwendigen Befestigungs- und Auslöseelemente dürfen pauschal maximal 22,5 kg zum Ansatz gebracht werden. 30 kg für Schwimmer im Fall von einsitzigen Amphibien- oder Schwimmer-Ultraleichtflugzeuge oder 45 kg für Schwimmer im Fall von zweisitzigen Amphibienflugzeugen oder Schwimmerflugzeugen, sofern sie, falls sie sowohl als Schwimmerflugzeuge als auch als Landflugzeuge betrieben werden, jeweils beide MTOW-Grenzwerte nicht überschreiten;

3.2.2. Minimale Zuladung für Trikes und Fußstart-UL

- 3.2.2.1. Die Massegrenze der Zuladung durch Insassen muss bei Einsitzern mindestens 90 kg, bei Doppelsitzern mindestens 180 kg betragen, zuzüglich der Masse des Kraftstoffvorrates von 25 % des Tankvolumens, mindestens jedoch der Masse des Kraftstoffvorrates für 1 Stunde Betriebszeit unter Reiseflugleistung.

3.2.2.2. Besondere Regelung

Bei Leermassen von weniger als 120 kg, in Verbindung mit der massenabhängigen Steuerung, sind Abstimmungen mit der Prüfstelle vorzunehmen.

3.3. Mindestgeschwindigkeit

- 3.3.1. Die Überziehgeschwindigkeit V_{s0} darf 65 km/h CAS nicht überschreiten.
3.3.2. Der Nachweis ist in Landekonfiguration und mit maximaler Abflugmasse zu führen.

3.4. Minimalleistungen der Triebwerksanlage

- 3.4.1.1. Die Triebwerksanlage muss dem Fluggerät im Dauerbetrieb und bei maximaler Abflugmasse folgende Minimalleistungen ermöglichen:

3.4.2. Minimale Steiggeschwindigkeit

- 3.4.2.1. 1,5 m/s bei Trikes und
3.4.2.2. 1,0 m/s bei Fußstart UL

3.4.3. Startstrecke

- 3.4.3.1. Die Triebwerksanlage muss bei maximaler Abflugmasse nach 300 m Startstrecke einen Höhengewinn von 15 m ermöglichen.

4. Statische Längsstabilität der Tragfläche für Trikes und Fußstart-UL**4.1. Flugmechanische Untersuchung**

- 4.1.1. Die Ausgangsdaten sind durch flugmechanische Untersuchungen zu ermitteln. Diese Untersuchungen sind mindestens bis zu V_D durchzuführen. Dabei sind Variationen von Anstellwinkel und Geschwindigkeit zu überprüfen, um

festzustellen, ob die Tragfläche eine ausreichende statische Längsstabilität aufweist.

4.2. Grenzlagen der Untersuchungen

- 4.2.1. Die Versuche sind für alle zu erwartenden Grenzlagen durchzuführen, sofern nicht auf Grund der vorliegenden Erfahrung eine Grenzlage durch andere Untersuchungen abgedeckt ist oder ein Zusammentreffen verschiedener Grenzlagen wahrscheinlich nicht stattfindet. Sind an der Tragfläche Einstellmöglichkeiten vorhanden, die die aerodynamischen Eigenschaften beeinflussen, so sind die Untersuchungen für alle maximal zulässigen Grenzlagen sowie für Zwischenstellungen der Einstellmöglichkeiten durchzuführen.

5. Festigkeitsnachweise

5.1. Allgemeines

- 5.1.1. Alle Bauteile müssen die sichere Last ohne bleibende Verformungen ertragen. Der Festigkeitsverbund muss den geforderten Bruchlasten mindestens 3 Sekunden ohne Versagen standhalten.

5.2. Festigkeitsnachweis der Tragfläche

- 5.2.1. Der Nachweis der Festigkeit ist durch Versuche zu erbringen. Hierbei sind die Luftkräfte entweder durch Fahrten mit einem Prüfwagen oder durch einen statischen Test zu simulieren.

- 5.2.2. Die Massenkräfte sind entsprechend dem flugfertigen UL in die vorgesehene Aufhängung einzuleiten. In besonderen Fällen entscheidet die Prüfstelle über die Testart.

- 5.2.3. Als Grundlage zur Berechnung der sicheren Lasten und der Bruchlasten wird die Prüflast herangezogen. Die Prüflast errechnet sich aus der maximal zulässigen Startmasse abzüglich der halben Masse der Tragfläche.

$$m_{\text{prüf}} = m_{\text{max}} - m_{\text{flügel}}/2$$

Sichere Last positiv: 4fache Prüflast (Trikes, Fußstart-UL)

Sichere Last negativ: 2fache Prüflast (Trikes, Fußstart-UL)

Bruchlast positiv: 6fache Prüflast (Trikes, Fußstart-UL)

Bruchlast negativ: 3fache Prüflast (Trikes, Fußstart-UL)

5.3. Festigkeitsnachweis des Trikes

- 5.3.1. Der Nachweis der Festigkeit ist durch Versuche zu erbringen. Als Grundlage zur Berechnung der sicheren Lasten und der Bruchlasten wird die Prüflast herangezogen. Die Prüflast errechnet sich aus der maximal zulässigen Startmasse abzüglich der Masse der Tragfläche.

$$m_{\text{prüf}} = m_{\text{max}} - m_{\text{flügel}}$$

Sichere Last positiv: 4fache Prüflast (Trikes, Fußstart-UL)

Sichere Last negativ: 2fache Prüflast (Trikes, Fußstart-UL)
 Bruchlast positiv: 6fache Prüflast (Trikes, Fußstart-UL)
 Bruchlast negativ: 3fache Prüflast (Trikes, Fußstart-UL)

5.3.2. **Festigkeitsnachweis des Aufhängepunktes**

5.3.2.1. Der Aufhängepunkt des Trikes ist mit den nach in Punkt 5.3.1 ermittelten Bruchlasten zu prüfen:

5.3.2.2. Zusätzlich ist eine Sicherheitsaufhängung mit der unter Punkt 5.3.1 ermittelten Bruchlast, bis hinunter zur Rahmenstruktur unterhalb des Mastes zu führen und dort kraftschlüssig anzuschließen.

5.3.3. **Festigkeitsnachweis des Hauptfahrwerks**

5.3.3.1. Das Hauptfahrwerk muss bei maximalen Abflugmasse die im folgenden aufgeführten Bedingungen erfüllen:

- einen vertikalen Landestoß mit einer Sinkgeschwindigkeit von 2,0 m/s ohne Beschädigung standhalten oder 4g statische Belastung ohne Versagen aufnehmen können,
- einem horizontalen Landestoß in Flugrichtung in Höhe von 40% der Energie des vertikalen Landestoßes standhalten,
- einem seitlichen Landestoß von 30% der Energie des vertikalen Landestoßes standhalten.

5.3.4. **Festigkeitsnachweis des Bugrades**

5.3.4.1. Das Bugfahrwerk muss bei maximaler Abflugmasse für nach hinten, vorne und seitlich gerichtete Kraftkomponenten an der Achse eine horizontale Last vom zweifachen Wert der ruhenden Radlast standhalten.

5.3.5. **Bruchlandung für Trikes**

5.3.5.1. Der Festigkeitsverband des ULs muss so bemessen sein, dass die Piloten mit großer Wahrscheinlichkeit bei einer Bruchlandung schweren Verletzungen entgehen, wenn die vorgesehenen Anschnallgurte richtig gebraucht werden. Folgende Beschleunigungen des Piloten bei einer Bruchlandung sind bei der Nachweisführung anzusetzen:

- aufwärts 3g
- nach vorn 9g
- seitlich 1,5g
- abwärts 6g

5.3.6. **Sitz, Rückenlehne und Anschnallgurt**

5.3.6.1. Es muss sichergestellt sein, dass Sitz, Rückenlehne und Anschnallgurte die unter 5.3.5.1 geforderten Beschleunigungen aufnehmen können. Die Piloten sind durch Anschnallgurte (mindestens Vierpunktgurte) so zu fixieren, dass sie bei allen im Betrieb auftretenden Beschleunigungen und Flugzuständen sowie bei hartem Aufschlag sicher in ihrer ursprünglichen Position festgehalten werden.

5.3.7. **Triebwerkshalterung**

5.3.7.1. Es muss sichergestellt sein, dass die Triebwerkshalterung die unter 5.3.5.1 geforderten Beschleunigungen aufnehmen kann.

5.3.8. **Nutzlasthalterung**

5.3.8.1. Soweit am Fluggerät Nutzlasthalterungen vorhanden sind, müssen diese so bemessen sein, dass sie dem größten Lastvielfachen, das sich aus Flug und Bodenlastbedingungen ergibt, standhalten. Eine Anhebung des Bruchlastvielfachen der Lasthalterungen und der Befestigungseinrichtungen auf 9g wird gefordert, wenn im Notfall eine unmittelbare Gefährdung zu befürchten ist.

5.4. **Festigkeitsnachweis Fußstart-UL**

5.4.1. Ultraleichtflugzeuge, die den Hängegleitern entstammen und bei denen der Landestoß regelmäßig durch Muskelkraft mit den Beinen des Piloten aufgefangen wird, müssen keine besonderen Vorrichtungen zur Aufnahme des Landesstoßes aufweisen.

5.5. **Dauerfestigkeitsnachweis**

5.5.1. Vom Antragsteller ist ein Nachweis über die Dauerfestigkeit von mindestens 100 Betriebsstunden bei Musterzulassungen, bzw. mindestens 50 Betriebsstunden bei Einzelzulassungen zu führen. Hierüber sind Betriebsaufzeichnungen zu führen.

5.6. **Festigkeitsnachweis des Propellers**

5.6.1. 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.

5.6.2. **Rechnerischer Nachweis bzw. statischer Zugversuch**

Die erforderliche Prüfkraft für den Nachweis wird wie folgt ermittelt:

$$F_{zug_p} = 2 \times F_z$$

mit

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

wobei:

m = Gewichtskraft pro Blatt (N)

π = Kreiskonstante

n = Drehzahl bei Vollast (U/min)

r = Radius des Massenschwerpunktes (m)

F_z = Zentrifugalkraft (N)

F_{zug_p} = zu prüfende Zugkraft (N)

5.6.3. **Dynamischer Festigkeitsnachweis**

Die Prüfdrehzahl für den dynamischen Festigkeitsnachweis wird wie folgt ermittelt:

$$n_{\text{prüf}} = n \times 1,5$$

mit
 $n_{\text{prüf}}$ = Prüfdrehzahl (U/min)
 n = maximale Propellerdrehzahl (U/min)
Der Propeller muss der Prüfdrehzahl über eine Zeit von mindestens 15 Minuten ohne Beschädigungen widerstehen.

5.7. Festigkeitsnachweis und Funktion der Schleppklinke

5.7.1. Mit einer im Ultraleichtflugzeug eingebauten Schleppklinke sind Zugversuche mit einer Zugkraft von 1500 N durchzuführen. Die Zugversuche sind in Richtung der Propellerachse und mit bis zu 60° seitlicher Auslenkung von der Achsrichtung durchzuführen.

5.7.2. Die Auslösekraft an der Klinkvorrichtung muss bei den Zugversuchen zwischen 50 und 150 N liegen.

6. Betriebsverhalten

6.1. Allgemeines

6.1.1. Flugversuche

6.1.1.1. Der Nachweis, dass das Ultraleichtflugzeug den in diesem Abschnitt festgelegten Forderungen entspricht, ist durch Flugversuche zu führen. Diese Flugversuche sind nach dem Flugbericht (Anhang I) durchzuführen und mit diesem zu dokumentieren.

Die Forderungen dieses Abschnittes gelten für Ultraleichtflugzeuge mit laufendem und mit stehendem Triebwerk.

6.1.1.2. Durch einen Testpiloten der prüfenden Stelle erfolgt eine stichprobenartige Überprüfung der Flugversuche. Der Antragsteller muss die entsprechenden Flugmanöver eigenständig testen und diese ggf. der prüfenden Stelle vorfliegen.

6.1.2. Steuer- und Bedienorgane

6.1.2.1. Alle Steuer und Bedienorgane müssen so angeordnet und gekennzeichnet sein, dass eine bequeme Betätigung möglich ist und bei nicht offenkundiger Funktion Verwechslungen oder unbeabsichtigte Betätigungen vermieden werden.

6.2. Start und Landung

6.2.1. Das UL muss, ohne dass es einer außergewöhnlichen Anstrengung oder Geschicklichkeit des Piloten bedarf, zu starten und zu landen sein. Bei der Betätigung von Landehilfen darf bei allen zugelassenen Geschwindigkeiten weder eine übermäßige Änderung der Steuerkräfte oder der Steuerausschläge auftreten, noch die Steuerbarkeit des ULs so beeinflusst werden, dass es einer besonderen Geschicklichkeit des Piloten bedarf.

6.3. Allgemeines Verhalten im Flug

6.3.1. Es muss möglich sein, das Ultraleichtflugzeug unter allen Betriebsbedingungen und in allen Zustandsformen über den gesamten Geschwindigkeitsbereich zu

fliegen und alle normalen Flugmanöver ausführen zu können, ohne dass es dazu außergewöhnlicher Anstrengung oder Geschicklichkeit des Piloten bedarf.

6.4. Trimmung

- 6.4.1. Wenn eine Trimmvorrichtung vorhanden ist, muss es möglich sein, das Ultraleichtflugzeug bei jeder zulässigen Beladung auf eine Geschwindigkeit zwischen geringstem Sinken und besten Gleiten einzutrimmen.

6.5. Schwingungen

- 6.5.1. Im gesamten Geschwindigkeitsbereich darf
- kein starres Bauteil Schwingungen aufzeigen
 - kein flexibles Bauteil übermäßige Schwingungen aufzeigen

Das Ultraleichtflugzeug muss im gesamten Geschwindigkeitsbereich frei von unerwünschter Flügeldeformation mit

- aerodynamischer Auswirkung
- zweideutigem Flugverhalten
- Steuerwirkungsumkehr sein.

6.6. Steuerbarkeit

6.6.1. Höhensteuerung

- 6.6.1.1. Es muss möglich sein, ohne außergewöhnliche Geschicklichkeit des Piloten über den ganzen zulässigen Geschwindigkeitsbereich die Geschwindigkeit konstant zu halten.

6.6.2. Kurvenwechsel

- 6.6.2.1. Es muss möglich sein, aus einer Kurve mit 45° Querneigung in eine gegensinnige Kurve mit 45° Querneigung in 5 Sekunden zu wechseln, ohne dass es einer besonderen Anstrengung oder Geschicklichkeit des Piloten bedarf.

6.7. Stabilität für Trike und Fußstart-UL

- 6.7.1. Die Flugstabilität ist
- um alle Achsen,
 - im gesamten Geschwindigkeitsbereich,
 - in allen zugelassenen Fluglagen,
 - bei allen zulässigen Abflugmassen,
 - mit allen möglichen Triebwerksleistungen und
 - in allen Zustandsformen (Klappen, Fahrwerk, Variable Geometrie) nachzuweisen.

6.8. Flugverhalten mit losgelassenem Steuerbügel

- 6.8.1. Das Ultraleichtflugzeug muss im Geradeausflug mit Trimmgeschwindigkeit mindestens 10 Sekunden verbleiben.

6.9. Statische Längsstabilität

6.9.1. Die Steuerkräfte müssen mit der Geschwindigkeit so ansteigen, dass jede wesentliche Geschwindigkeitsänderung eine sinnrichtige Änderung der Steuerkraft erzeugt, die vom Piloten deutlich wahrgenommen werden kann.

6.9.2. Die Geschwindigkeit muss sich bei jeder konstanten Steuerauslenkung sinnrichtig und in angemessenem Verhältnis ändern.

6.10. Statische Kurs- und Querstabilität

6.10.1. Im Kurvenflug darf die Steuerkraft weder in Längsrichtung noch in seitlicher Richtung so groß werden, dass die Steuerung nur noch mit außergewöhnlicher Anstrengung oder Geschicklichkeit möglich ist.

6.11. Dynamische Stabilität

6.11.1. Alle, zwischen der Überziehgeschwindigkeit und der höchsten im Flugversuch erprobten Fluggeschwindigkeit auftretenden kurzperiodischen Schwingungen, müssen stark gedämpft sein. Diese Forderung muss bei allen zulässigen Motorleistungen erfüllt sein.

6.12. Trudeln und Spiralsturz

6.12.1. Es darf keine Neigung zum Trudeln oder zum Spiralsturz vorhanden sein.

6.13. Überziehverhalten

6.13.1. Nach langsamem Überziehen muss es beim Abkippen und bei der Wiederherstellung des normalen Flugzustandes ohne außergewöhnliche Geschicklichkeit möglich sein, mehr als 30° Querneigung zu verhindern.

6.13.2. Nach einer abrupt herbeigeführten Längsneigung von 30° über den Horizont darf das Abkippen nicht heftig sein und das Herbeiführen des Normalzustandes darf keiner außerordentlichen Geschicklichkeit des Piloten bedürfen.

6.14. Strömungsabriss

6.14.1. Der beginnende Strömungsabriss muss deutlich erkennbar sein.

6.15. Stabiler Sackflug

6.15.1. Der stabile Sackflug muss ohne besondere Geschicklichkeit des Piloten und ohne Einleitung einer Kurve unverzüglich beendet werden können.

7. Triebwerksanlage

7.1. Dauerbetrieb

7.1.1. Das Triebwerk muss einen stabilen Leerlauf haben und die maximale Dauerleistung dauerhaft und ohne Drehzahlschwankungen erbringen. Leistungsabfall, Überhitzung und andere Überlastungserscheinungen dürfen dabei nicht auftreten.

7.2. Kraftstoffbehälter

7.2.1. Der Kraftstoffbehälter kann abnehmbar sein. Er muss die folgenden Forderungen erfüllen:

- Es muss ein Behälter sein, der für Kraftstoff geeignet ist und der den zu erwartenden Flüssigkeitsbelastungen standhält.
- Über eine geeignete Füllstandanzeige muss sichergestellt sein, dass der Pilot Aufschluss über den Kraftstoffvorrat erhält.
- Der Kraftstoffbehälter ist gegen statische Ladungspotentiale elektrisch leitend an die Gerätestruktur anzuschließen.
- Die Tankentlüftung ist so auszulegen, dass das Auslaufen von Flüssigkeit in den zulässigen Fluglagen ausgeschlossen ist.
- Auf Gefährlichkeit des Kraftstoffes (brennbare Flüssigkeit) ist mittels gut sichtbaren Symbols hinzuweisen.

7.3. Kraftstoffleitungen

7.3.1. Die Leitungen sind aus dafür geeignetem Material vorzusehen und dürfen nicht an heißen Stellen des Motors anliegen. Scheuerstellen dürfen nicht auftreten.

7.4. Abstand der Luftschraube zu Bauteilen des Fluggerätes

7.4.1. 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.

7.5. Schwingungsdämpfung

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

7.6. Abschaltmöglichkeit

7.6.1. Ein Ausschalter, der den Zündstrom der motorseitigen Zündanlage unterbricht bzw. das Triebwerk auf andere Weise schnellstmöglich stilllegt, ist bequem bedienbar vorzusehen und auffällig zu kennzeichnen.

8. Rettungssystem

Das verwendete Rettungssystem muss ein für Ultraleichtflugzeuge zugelassenes Muster sein.

Anhang I: Prüfprotokoll Testflug für gewichtskraftgesteuerte Ultraleichtflugzeuge (Trike)

Flügel: _____ Ser.-Nr. _____

Trike _____ Ser.-Nr. _____

Motor _____ Ser.-Nr. _____

Propeller _____ Ser.-Nr. _____

Leermasse _____ Abflugmasse _____ kg

Modifikation _____

Prüfergebnis positiv

Testflug durchgeführt von _____

Messgeräte _____

Ort, Datum, Zeit _____

Meteorologische Daten

Lufttemperatur _____ °C Luftfeuchtigkeit _____ %

Windgeschwindigkeit _____ km/h Windrichtung _____ °

1. Start

Angaben für maximale Abflugmasse und null Wind

Startbahnbelag _____

Startrollstrecke _____

Startstrecke über 15 m Hindernis _____

Bemerkung: _____

2. Geschwindigkeiten

Alle nachfolgenden Geschwindigkeiten sind angezeigte Geschwindigkeiten (IAS), ermittelt bei maximaler Abflugmasse.

Mit Vollast

Mindestgeschwindigkeit _____ km/h

Maximale Geschwindigkeit im Horizontalflug _____ km/h

Maximale Geschwindigkeit im Bahnneigungsflug _____ km/h

Bemerkung: _____

Mit Leerlauf

Mindestgeschwindigkeit _____ km/h

Maximale Geschwindigkeit im Horizontalflug _____ km/h

Maximale Geschwindigkeit im Bahnneigungsflug _____ km/h

Bemerkung: _____

3. Steig- und Sinkflug

Alle nachfolgenden Geschwindigkeiten sind angezeigte Geschwindigkeiten (IAS), ermittelt bei maximaler Abflugmasse.

Steigflug

Bestes Steigen _____ m/s

Geschwindigkeit beim besten Steigen _____ km/h

Sinkflug

Geringstes Sinken _____ m/s

Geschwindigkeit beim geringsten Sinken _____ km/h

Bemerkung: _____

4. Flugverhalten

Angaben bezogen auf die maximale Abflugmasse

Start o.k.

Steigflug o.k.

Geradeausflug mit Motorleistung o.k.

Geradeausflug ohne Motorleistung o.k.

Kurvenflug mit Motorleistung o.k.

Kurvenflug ohne Motorleistung o.k.

Sinkflug o.k.

Landung o.k.

Bemerkung: _____

5. Landung

Angaben für maximale Abflugmasse und null Wind

Landebahnbelag _____

Landerollstrecke _____m

Landestrecke über 15 m Hindernis _____m

Bemerkung: _____

6. Bedienelemente

Fußgas O o.k. /

Handgas O o.k. /

Choke O o.k. /

Bremse O o.k. /

Hauptschalter O o.k. /

Zündschalter O o.k. /

Starter O o.k. /

Rettungssystem O o.k. /

Bemerkung: _____

Ort und Datum

Unterschrift Testpilot

Verteiler: Geräteakte
Testpilot
Antragsteller

Anhang II Einbau von Elektroantrieben in schwerkraftgesteuerte Ultraleichtflugzeuge

<i>Erläuterung:</i>	4
Vorwort	21
Zweck	21
Begriffsbestimmungen, Abkürzungen und Bezeichnungen	21
1. Geltung und Umfang	23
Hybridantrieb	23
2. Gestaltung und Bauausführung	23
3. Betriebsanweisung und Typenschild	23
4. Sicherheitseinrichtungen	23
Brandschutz	23
Gesundheitsschutz	23
Hauptschalteinrichtung	23
Rettungskarte	24
3. Grenzwertforderungen	25
Leermasse	25
5. Festigkeitsnachweise	25
Bruchlandung	25
Triebwerkshalterung	25
6. Betriebsverhalten	25
Steuer- und Bedienorgane	25
7. Triebwerksanlage	26
Dauerbetrieb	26
Schwingungsdämpfung	26
Abschaltmöglichkeit	26
Drehzahl- und Steigungsregelung für Propeller	26
Elektrische Energieanlage	27
Energiequellen	28
Einbau der Energiequellen	28
Elektrische Leitungen und Zubehör	29
Triebwerks-Überwachungsgeräte	29

Vorwort

Zweck

In diesem Anhang sind Mindestforderungen für den Einbau von Elektroantrieben in motorgetriebene, schwerkraftgesteuerte Ultraleichtflugzeuge festgelegt, die sicherstellen sollen, dass deren Verwendung für den beabsichtigten Zweck unbedenklich ist und die Sicherheit des Luftverkehrs sowie die öffentliche Sicherheit und Ordnung nicht gefährdet werden.

Die geforderten Nachweise aller Bereiche der Lufttüchtigkeitsforderungen für schwerkraftgesteuerte Ultraleichtflugzeuge Bauart: Trike und Fußstart-UL werden hierdurch ergänzt.

Begriffsbestimmungen, Abkürzungen und Bezeichnungen

Abgeschirmte Leitung	Abgeschirmte Leitungen dienen dazu, die elektromagnetische Verträglichkeit zu verbessern und die bei höheren Frequenzen auftretenden elektrischen und/oder magnetischen Felder von diesen fernzuhalten oder umgekehrt die Umgebung vor den von den Leitungen ausgehenden Feldern zu schützen.
Antriebsbatterie	Batterie für den Antrieb; Spannung typischerweise 60...120 V, aber auch im Bereich von 120...900V
Avionik-Bordnetz	Üblicherweise die normale Bordspannungsversorgung mit 12...14 V für Funk, Transponder, Navigation und weiterer Elektronik.
Batteriemanagementsystem/BMS	Ein BMS hat die Aufgabe, die Batterie zu schützen und zu überwachen. Das BMS sorgt dafür, dass die Batterie immer innerhalb seiner Betriebsgrenzen und seiner Spezifikation betrieben wird.
Bordnetzversorgung	Eigene Batterie für 12...14V oder Gleichspannungswandler, der von der Antriebsbatteriespannung versorgt wird.
Elektrische Leitung (Kabel)	Metallische Leitung aus Kupfer oder Aluminium mit Isolation; Hauptleitungen meist als Einzelleitungen.
Elektrischer Antrieb	In der Regel bürstenloser Gleichstrommotor mit Permanentmagneten, der über einen Controller betrieben wird
Energiespeicher	z. B. wiederaufladbare Lithium-Ionen-Batterie

Gleichspannungswandler / DC-Konverter	Isolierte oder nicht isolierte Gleichspannungswandler, die aus der Antriebsbatterie eine andere Spannungslage zur Versorgung von weiteren Verbrauchern erzeugen.
Hybridantrieb	Verbrennungsmotor mit Elektromotor, meist mit gemeinsamer Welle; E-Motor unterstützt den Start- und Steigvorgang; Reiseflug mit Verbrennungsmotor; E-Motor kann auch als Generator benutzt werden, um die Antriebsbatterie zu laden.
Isolationsüberwachung	Notwendig bei Gleichspannungen oberhalb von 60 V. Erkennung von Isolationsfehlern zwischen dem Innenleiter der Leitung (Kabel) und den leitfähigen Gehäusen und evtl. Leitungsabschirmung. Isolationsüberwachungsgerät z.B. nach DIN EN 61557-8
IT-Netz	Netzinstallation für die Antriebsbatterie, Kontroller und Motor ohne leitende Verbindung zur leitfähigen Struktur wie Metall oder CFK; Gehäuse der elektrischen Komponenten werden bei Spannungen oberhalb von 120 V untereinander und mit leitfähiger Struktur des Flugzeugs verbunden.
Laderegler/Ladeschaltung	Ein Laderegler oder eine Ladeschaltung hat die Aufgabe ein Ladeverfahren umzusetzen. Das Ladeverfahren ist dabei auf die Ladespezifikation des zu ladenden Energiespeichers ausgelegt.
Range Extender	Bei einem Range Extender wird ein Generator oder Laderegler mitgeführt, der die Reichweite des elektrisch angetriebenen Fluggerätes verlängern kann.
Solarpanel	Photovoltaik-Panel auf dem Flügel, Rumpf und/oder Leitwerk zur Umwandlung von Solarenergie in elektrische Energie. Die verfügbare Leistung ist stark von der Intensität der Sonnenstrahlung und der Ausrichtung des Ultraleichtflugzeugs gegenüber der Sonne abhängig

A. Allgemeiner Teil

1. Geltung und Umfang

Dieser Anhang II der LTF-UL ist anzuwenden für motorgetriebene, schwerkraftgesteuerte Ultraleichtflugzeuge, die mit Elektromotoren als Hauptantrieb ausgerüstet sind und ergänzt die Bestimmungen der LTF-UL.

Hybridantrieb

Die Anforderungen aus der LTF-UL für Verbrennungsmotoren, Kraftstoffversorgung und Schmierung bleiben bei Hybridantrieben bestehen.

2. Gestaltung und Bauausführung

2.8.2.

Für das elektrische Antriebssystem gilt abweichend von 2.8.1.:

Lagertemperaturen von -20 bis +50 Grad Celsius, Betriebstemperaturen von -10 bis +35 Grad Celsius und Feuchtigkeitsschwankungen dürfen sich nicht auf die Lufttuchtigkeit auswirken.

3. Betriebsanweisung und Typenschild

3.1.2.

In der Betriebsanweisung müssen im Abschnitt "Notverfahren" Angaben enthalten sein,

- wie bei einer Notlandung im Wasser (u.a. Stromschlaggefahr) zu verfahren ist, z.B. die Betätigung der Notabschaltung vor oder spätestens nach der Landung
- welche Gefahren bei Unfall oder im Brandfall durch die verwendeten Materialien, insbesondere durch die wiederaufladbaren Antriebsbatterien entstehen können.

4. Sicherheitseinrichtungen

Brandschutz

4.1.

Gefährdung durch Flammen/Rauch/Gase aus der gesamten Energieanlage muss jederzeit ausgeschlossen sein.

Gesundheitsschutz

4.2.

Es dürfen keine gesundheitsschädigenden Stoffe während des normalen Betriebs emittiert werden.

Hauptschaltereinrichtung

4.2.

Es ist eine elektromechanische Haupttrenneinrichtung bei Spannungen über 60 V nah an der Spannungsquelle vorzusehen, deren Ansteuerungsleitung im Notfall von Rettungskräften mit

einem einfachen Seitenschneider geöffnet werden kann. Die Haupttrenneinrichtung ist mit Warnaufkleber gemäß Anlage 3 zu markieren und zu beschriften und darf nicht in der Ausschussrichtung des Rettungsgeräts liegen.

Rettungskarte

4.3.

Um bei eventuellen Rettungsmaßnahmen Hinweise zu erhalten, in welchen Bereichen sich Hochspannungsanlagen und Kabel, die Akkus oder eine Leistungselektronik befinden, ist eine Rettungskarte gemäß Anlage 1 wetterfest zu gestalten. Die Karte ist am Rumpf von außen gut sichtbar anzubringen.

B. Besonderer Teil

3. Grenzwertforderungen

Leermasse

3.2.3.

3.2.3.1.

Alle für den elektrischen Betrieb nötigen Komponenten (z.B. E-Motoren, Leistungssteller/Regler, Kabel, Steuereinheiten, Schutzeinrichtungen, Energiespeicher) sind Teil der Leermasse.

3.2.3.2.

Die Masse der Antriebsbatterie (Energieträger) zählt nicht zur Leermasse.

5. Festigkeitsnachweise

Bruchlandung

5.3.5.2

Energiespeicher und ihre Befestigungen müssen einer Bruchträgheitslast von 9 g standhalten. Im Falle einer Notlandung dürfen die Insassen nicht durch die Energiequellen gefährdet werden.

Triebwerkshalterung

5.3.7.2

Der Motorträger und seine Aufhängung müssen für folgende Einflüsse bemessen sein: Für das maximale sichere Propellerdrehmoment, sicheren Propellerschub und gleichzeitiger Wirkung der Bruchlasten nach 5.3.1.

Der anzusetzende Schub S berechnet sich:

$$S = 100 \cdot (d \cdot P)^{2/3} \text{ [N]}$$

d = Propellerdurchmesser [m]

P = max. Motorleistung [kW]

5.3.7.3

Für E-Motoren wird das in 5.3.7.2. zu berücksichtigende sichere Motordrehmoment erhalten, indem das maximale Motordrehmoment mit dem Faktor 1,25 multipliziert wird. Weiterhin ist das Moment beim Anlauf (Sanftanlauf) oder Drehzahländerung zu berücksichtigen. Der Motorträger muss dimensioniert sein für den plötzlichen Ausfall der Spannungsversorgung.

6. Betriebsverhalten

Steuer- und Bedienorgane

6.1.2.2

Die Bedienelemente müssen innerhalb der funktionellen Reichweite und innerhalb des primären Gesichtsfeldes des Piloten liegen.

Betätigungsweisen:

Drehknopf für Leistung: im Uhrzeigersinn Leistung erhöhen

Leistungshebel: nach vorn: Leistung erhöhen

7. Triebwerksanlage

Dauerbetrieb

7.1.2.

Die festzulegenden Leistungen und Betriebsgrenzen des Motors beruhen auf den Betriebsbedingungen, für die in diesem Abschnitt vorgeschriebenen Prüfläufen ein Nachweis erbracht wurde. Sie umfassen die Leistungs- und Grenzwerte für Drehzahlen, Temperaturen, Umweltbedingungen, Lebensdauer und Belastbarkeit, die der Antragsteller für den sicheren Betrieb des Motors für notwendig erachtet. Die Betriebsgrenzen sind anzugeben.

Schwingungsdämpfung

7.5.2.

Der Motor muss so gestaltet und ausgeführt sein, dass im normalen Betriebsbereich von Motordrehzahl und Motorleistung keine übermäßigen Beanspruchungen in irgendeinem Motorteil infolge Schwingungen entstehen und keine übermäßigen Schwingungskräfte vom Motor auf den Festigkeitsverband übertragen werden.

Abschaltmöglichkeit

7.6.2.

Der Motorbetrieb muss gegen unbeabsichtigtes Anlaufen gesichert werden können.

7.6.3.

Eine vom Piloten im Cockpit elektrisch/manuell bedienbare Notabschaltung für den Motor und den Hochspannungsteil muss vorhanden sein. Diese Einrichtung muss vom normalen Steuergerät unabhängig sein.

Drehzahl- und Steigungsregelung für Propeller

7.7.

Drehzahl und Steigung des Propellers müssen auf Werte begrenzt sein, die einen sicheren Betrieb unter normalen Betriebsbedingungen gewährleisten

7.7.1.

Während des Starts und des Steigfluges mit der Geschwindigkeit für bestes Steigen muss der Propeller die Motordrehzahl bei 100 % Leistungseinstellung auf eine Drehzahl begrenzen, die die höchstzulässige Drehzahl nicht überschreitet.

7.7.2.

Während eines Gleitfluges mit V_{NE} bei Leistungseinstellung 0 % oder abgestelltem Motor darf der Propeller keine Motordrehzahl bewirken, die oberhalb 110 % der höchstzulässigen Motordrehzahl oder Propellerdrehzahl, maßgebend ist der kleinere Wert, liegt. Andernfalls ist eine Betriebseinschränkung zu definieren.

7.7.3.

Der Leistungssteller/Regler darf bei Generatorbetrieb des Motors keinen Schaden nehmen.

Elektrische Energieanlage

7.8.

Die Energieanlage muss so gestaltet und ausgeführt sein, dass der Motor im gesamten Betriebsbereich unter allen Anlass-, Flug- und atmosphärischen Bedingungen mit der für das einwandfreie Arbeiten nötigen Energie versorgt wird.

7.8.1.

Auswirkungen auf die Antriebsbatterie, wenn das Antriebssystem durch den Wind angetrieben wird und der Motor möglicherweise als Generator arbeitet, müssen betrachtet werden.

7.8.2.

Sichere Batteriezellentemperaturen und -drücke müssen während jeder Art des normalen Betriebs aufrechterhalten werden (Laden oder Entladen, Boden- oder Flugbetrieb).

7.8.3.

Die Konstruktion und die Installation der Batterie müssen das Auftreten von unkontrolliertem Ansteigen von Temperatur und Druck in der Batterie ausschließen.

7.8.4.

Es muss ein Batterietemperaturerfassungs- und Übertemperaturwarnsystem mit einem Mittel zum automatischen Trennen der Batterie von seiner Ladequelle bzw. des Antriebssystems vorgesehen werden im Falle eines Übertemperaturzustandes sowie ein System zur Erkennung und Warnung von Batteriefehlern, welches ebenfalls eine automatische Trennung im Fehlerfall bewirkt.

7.8.5.

Eigenschaften der Batterie, einschließlich der Fehlermodi wie z.B. thermisches Durchgehen, Expansion, Explosion und toxische Emission sollen identifiziert werden.

7.8.6.

Batteriezellen und andere Unterkomponenten des Systems sollen so entworfen, montiert und installiert werden, um Auswirkungen dieser Fehlermodi zu minimieren. Die Auslegungsmaßnahmen können umfassen:

- Minderung der Auswirkungen von thermischem Durchgehen oder Feuer und Sicherstellung, dass die umgebende Struktur in der Lage ist thermische Belastungen, ätzende Flüssigkeiten oder Gasen standzuhalten.
- Konstruktion der Batterie und/oder des Batteriefachs, um gefährliche Überdruckszenarien zu verhindern.

7.8.7.

Jede Energieanlage muss so angeordnet sein, dass eine gleichmäßige Belastung der Batteriezellen durch eine geeignete Einrichtung kontrolliert wird. Hinweis: Bei Lithiumbatterien z.B. durch Einzelzellenüberwachung/Einzelabschaltung.

7.8.8.

Es muss ein Schutz gegen Überladung und Tiefentladung der Energiespeicher vorgesehen sein.

7.8.9.

Die nicht nutzbare Energie-Restmenge muss ermittelt/festgelegt sein und durch eine Anzeige der Restladung (Low-Level Angabe) angezeigt werden.

7.8.10.

Das Ladegerät muss für die vorgesehenen Energiespeicher geeignet und gekennzeichnet sein.

7.8.11.

Alle Bauteile, an denen Spannungen über 120 V Gleichspannung anliegen, sind mit Warnzeichen gemäß Anlage 2 zu kennzeichnen.

7.8.12.

Die Energiespeicheranschlüsse müssen konstruktiv gegen Berühren, Verpolen und Kurzschließen geschützt sein.

7.8.13.

Es muss eine Überstromsicherung nah an der Spannungsquelle vorgesehen sein, die für die maximal im System auftretende Gleichspannung ausgelegt ist. Die Sicherung kann mit dem Haupttrennschalter kombiniert werden.

7.8.14.

Berührungsschutz/Isolation ist bei allen für den normalen Betrieb zu bedienenden Einrichtungen vorzusehen.

7.8.15.

Alle Bauteile zur Leistungsübertragung sind so zu dimensionieren, dass sie bei maximal möglicher Startleistung nicht die maximal zulässigen Temperaturen überschreiten.

7.8.16.

Die maximale Nenn-Spannung darf 900 V Gleichspannung nicht übersteigen.

Energiequellen

7.9.

7.9.1.

Die Eignung und Zuverlässigkeit der Energiequellen müssen aufgrund von Erfahrungen oder Versuchen nachgewiesen sein. Die Batteriezellen müssen qualifiziert sein gemäß UN T 38.3.

7.9.2.

Für die je nach Einbauort individuell aus Einzelzellen konfektionierte Gesamtbatterie sind in Anlehnung an RTCA DO 311A mindestens folgende Versuche durchzuführen:

- Batteriemanagementsystem (BMS) Datenerfassungsversuche (Genauigkeit der Sensoren (Spannung, Temperatur))
- BMS Versuche zur aktiven Schutzfunktionen (Über-/Unterspannung, Übertemperatur)
- Versuche zur Batterieleistungsfähigkeit (Ladezustand (state of charge), Dauerleistung, Isolation, Spannungsfestigkeit) - Sicherheitsversuche:
 - Kurzschlussstest einer Einzelzelle
 - Kurzschlussstest der Gesamtbatterie ohne Schutz (BMS und Sicherungen)
 - Kurzschlussstest der Gesamtbatterie mit Schutz (auf Batterielevel)
 - Thermal runaway Versuch, initiiert in einer Zelle (Appendix C, DO 311A)
 - Tiefentladungsversuch ohne Schutz
 - Im Fall von aus dem Flugzeug entnehmbaren Batterien Fallversuch, um Schutzfunktion zu überprüfen (Accelerometer/shock sticker)

Auf Grundlage dieser Punkte ist ein Versuchsplan zu erstellen, der die individuelle Einbausituation des jeweiligen Antriebssystems berücksichtigt.

Einbau der Energiequellen

7.9.4.

7.9.4.1.

Jeder Einbauraum einer Energiequelle muss belüftet sein. Sollte die Möglichkeit bestehen, dass Flüssigkeiten austreten können, ist ein Ablauf mit einem Auffangvolumen vorzusehen.

7.9.4.2.

Es muss nachgewiesen werden, dass der Einbauort der Energiequellen den Betrieb des Luftsportgerätes oder die normale Bewegungsfreiheit des/der Insassen in keiner Weise behindert.

7.9.4.3.

Energiequellen sind so einzubauen, dass Insassen und Struktur nicht gefährdet werden können.

7.9.4.4.

Es müssen ein aktives Feuerwarnsystem im Einbauort der Antriebsbatterie und entsprechende Notverfahren eingesetzt werden. Es muss sichergestellt sein, dass das aktive Feuerwarnsystem bei jedem Flug betriebsbereit ist (z.B. durch Vorflugkontrollen)

Elektrische Leitungen und Zubehör**7.10.**

Jede elektrische Leitung muss einen ausreichenden Querschnitt haben und einwandfrei verlegt, befestigt und angeschlossen sein, so dass Kurzschlüsse und Brandgefahr ausgeschlossen sind.

7.10.1.

Elektrische Leitungen sind so zu verlegen, dass elektromagnetische und gegenseitige Beeinflussungen den sicheren Betrieb nicht gefährden. Im gesamten Betriebsbereich

- muss ein einwandfreier Betrieb eines Funkgeräts möglich sein
- darf keine Funkstörung intern und extern auftreten
- darf keine Gefährdung von Personen durch Kontaktstrom oder induzierten Strom auftreten (z. B. gemäß DIN EN 62311 oder CE Kennzeichnung)

7.10.2.

Die Verlegung muss den Angaben des Kabelherstellers folgen (Biegeradien etc.)

7.10.3.

Alle Kabel, die Gleichspannungen über 120 V führen, sind in Farbe Orange zu ummanteln, bzw. alle 30 cm mit Warnzeichen gemäß Anlage 2 dauerhaft zu versehen. Am Kabelende ist jeweils deutlich eine (+) oder (-) bzw. Motoranschluss-Kennzeichnung anzubringen.

Triebwerks-Überwachungsgeräte**7.11.**

Es müssen folgende Überwachungsgeräte eingebaut sein:

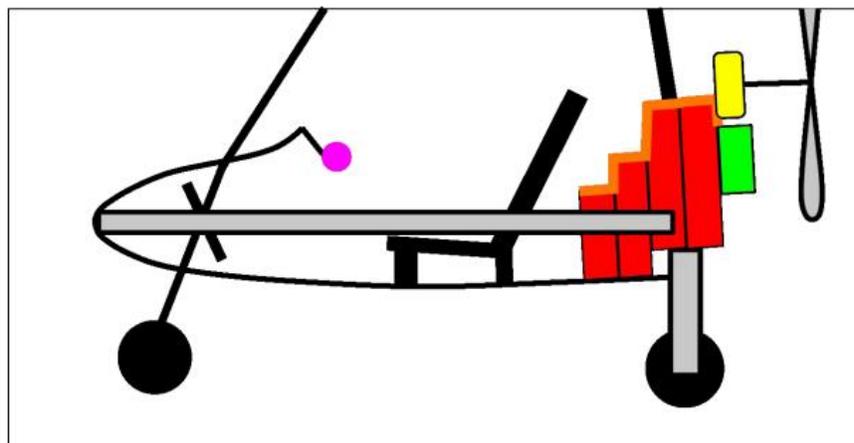
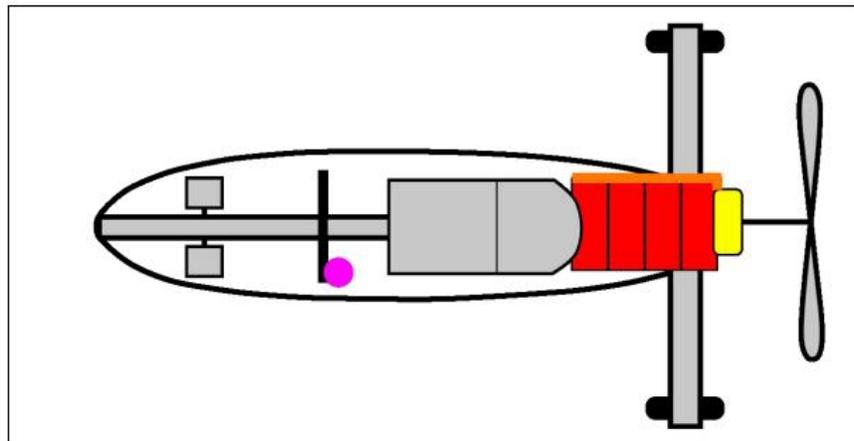
- Triebwerks-Drehzahl-/ Leistungsanzeige
- Ladezustandsanzeige der Energiequelle mit Anzeige der Restladung (Low-Level Angabe)
- Temperaturanzeige/n Motor
- Betriebsstundenzähler
- Temperaturanzeige Umrichter/Regler
- Warnanzeige für Temperaturüberschreitung der Batteriezellen
- Warnanzeige Batterie- und BMS-Fehler
- unabhängige Warnanzeige Rauch-/Feuermelder für Batteriefach

Anlage 1

Rettungskarte

Gewichtskraftgesteuerte Ultraleichtflugzeuge
mit Elektro-Antrieb

Elektromotor wird mit XXX Volt betrieben

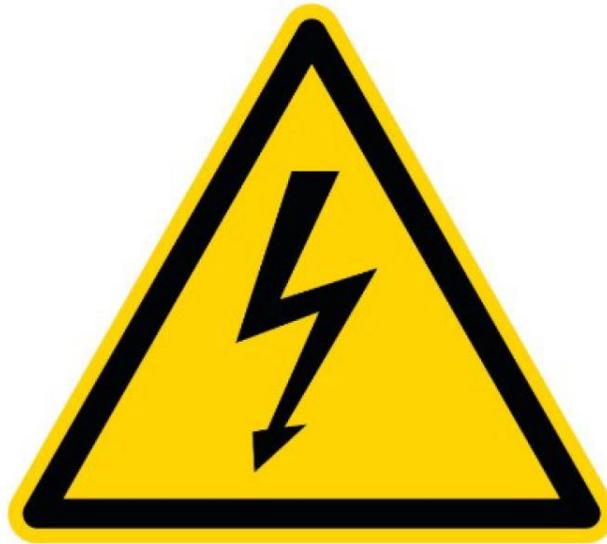


- | | | | |
|---|---------------------|---|-----------------|
|  | Antriebsbatterien |  | Hochvollleitung |
|  | Leistungselektronik | | |
|  | Hochvoltanlage | | |
|  | Notausschalter | | |

Anmerkung: Im UL „XXX“ durch die entsprechende Spannung ersetzen.

Anlage 2

Kennzeichnung von Spannungsführenden Teilen über 120V



Anlage 3

Hauptschalter über Hilfsstromkreis (Kleinspannung) mit Seitenschneider öffnen.

