

**Bekanntmachung von Lufttüchtigkeitsforderungen für
schwerkraftgesteuerte Ultraleichtflugzeuge**
Bauart: Motorschirm und Motorschirm-Trike¹

vom 16.05.2025

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

Braunschweig, den 16.05.2025

Az: T323-050801-LTF-MS/MST-2025

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 Musterzulassung und die Änderung der Musterzulassung von Motorschirme und Motorschirm-Trikes. Sie bestehen aus dem allgemeinen Teil (A) und dem besonderen Teil (B).

Inhaltsverzeichnis

A.	Allgemeiner Teil	5
1	Geltung und Umfang	5
2	Begriffsdefinition der Anwendungsfälle	5
3	Gestaltung und Bauausführung	7
4	Betriebsanweisung	9
B.	Besonderer Teil	11
1	Allgemeines	11
2	Vom Antragsteller einzureichende Unterlagen	11
3	Grenzwertforderungen	11
4	Tragwerk für Motorschirm und Motorschirm-Trike	13
5	Motorschirmgurtzeuge	16
6	Festigkeitsnachweis Antriebseinheit Motorschirm und Motorschirm-Trike	17
7	Triebwerksanlage	19
8	Rettungssystem	19
1	Geltung und Umfang	21
2	Hybridantrieb	21
3	Gestaltung und Bauausführung	21
4	Betriebsanweisung	21
5	Sicherheitseinrichtungen	21
3	Grenzwertforderungen	22
6	Festigkeitsnachweis Antriebseinheit Motorschirm und Motorschirm-Trike	22
7	Triebwerksanlage	22
Anlage 1		26
Anlage 2		28
Anlage 3		28

Änderungsverzeichnis

Im Vergleich zur vorherigen Ausgabe der Lufttüchtigkeitsforderungen für schwerkraftgesteuerte Ultraleichtflugzeuge Bauart: Motorschirm und Motorschirm-Trike vom 17.05.2005 (NfL II 23/05) wurden folgende Änderungen vorgenommen:

Nummerierung alt	Nummerierung neu	Änderung
Teil B, 3.2	Teil B, 3.2	Für das Rettungsgerät dürfen bei Einsitzern pauschal 15kg angesetzt werden, entsprechend des Anhang 1 Nr. 1 e) der europäischen Verordnung (EU) 2018/1139.
-	Anhang 1	Neu

A. Allgemeiner Teil

1 Geltung und Umfang

- 1.1 Der nachstehende Allgemeine Teil gilt in Verbindung mit den Forderungen des Besonderen Teils. 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 und weitere Unterlagen und/oder weitere Versuche anfordern, wenn neu verwendete Materialien, besondere Bauformen, neue Erfahrungswerte oder andere Umstände dies für die Lufttüchtigkeit erfordern.

2 Begriffsdefinition der Anwendungsfälle

- 2.1 Gleitschirm mit Motor (powered paraglider) erlaubt den kombinierten Betrieb von nach den *Lufttüchtigkeitsforderungen für Hängegleiter und Gleitsegel* mustergeprüften Gleitsegeln mit einer Antriebseinheit (Hilfsmotor)
 - Flächenlast frei wählbar
 - Nach dem Prüfverfahren für nicht motorgetriebene Gleitsegel getestet
 - Kombinierte Betrieb zulässig (motorisiert und nicht motorisiert)
 - Musterprüfung für nicht motorgetriebene Gleitsegel plus ergänzende Prüfung für den motorisierten Betrieb nach diesen Lufttüchtigkeitsforderungen.

Erläuterung des Ablaufs Musterprüfung:

- *Antrag auf Musterprüfung für Antrieb*
- *Nachweise Gleitsegel und Gurtzeug werden von anderen Prüfstellen erbracht bzw. liegen vor.*
- *Musterprüfung Antrieb entsprechend dieser Lufttüchtigkeitsforderungen.*
- *Kompatibilitätsnachweis der Antriebseinheit zur Kombination von Antrieb / Tragwerk / Gurtzeug*

- 2.2 Motorschirm (Motor Glider), der ausschließlich für den motorisierten Betrieb vorgesehen ist und auch nur zu diesem Zweck geprüft ist.
 - Flächenlast > 4,5 kg/m²
 - Nur motorisierter Betrieb zulässig
 - Musterprüfung nach diesen Lufttüchtigkeitsforderungen

Erläuterung des Ablaufs Musterprüfung:

- *Antrag auf Musterprüfung für Antrieb und/oder Tragwerk und/oder Gurtzeug*
- *Nachweise für Antrieb / Tragwerk / Gurtzeug sind entsprechend dieser Lufttüchtigkeitsforderungen zu erbringen.*
- *Kompatibilitätsnachweis der Antriebseinheit zur Kombination von Antrieb / Tragwerk / Gurtzeug*

- 2.3 Motorschirm-Trike (Para-Plane) verwendet Tragwerk, das nur für den Rollstart in Verbindung mit einer Antriebseinheit und Fahrwerk vorgesehen ist.
 - Flächenlast > 6 kg/m²
 - Nur motorisierter Betrieb zulässig
 - Nur mit Trike zu verwenden
 - Musterzulassung / Musterprüfung nach diesen Lufttüchtigkeitsforderungen.

Erläuterung des Ablaufs Musterprüfung / -zulassung:

- *Unterscheidung nach zulassungspflichtigen (§1 Abs. 1 Ziff. 7 LuftVZO) und nicht zulassungspflichtigen Luftsportgeräten (§1 Abs. 4 LuftVZO)*

- *Antrag auf Musterprüfung / -zulassung für Antrieb und/oder Tragwerk*
- *Nachweise für Antrieb / Tragwerk sind entsprechend dieser Lufttüchtigkeitsforderungen zu erbringen.*
- *Musterzulassung bei Geräten nach §1 Abs. 1 Ziff. 7 LuftVZO*
- *Kompatibilitätsnachweis der Antriebseinheit zur Kombination von Antrieb / Tragwerk / Gurtzeug bei Geräten nach §1 Abs. 4 LuftVZO*

Erläuterung hinsichtlich Tragwerk:

- *Kategorie 2.1 schließt Kategorie 2.2 und 2.3 ein*
- *Kategorie 2.2 schließt Kategorie 2.3 ein, nicht aber Kategorie 2.1*
- *Kategorie 2.3 schließt keine der anderen Kategorien ein*

Hieraus ergibt sich, dass nach diesen Lufttüchtigkeitsforderungen nur die beiden letzten Schirm-Kategorien geprüft werden.

2.4 Kombination von Tragwerk und Antriebseinheit

2.4.1 Grundsatz: Die Lufttüchtigkeit der Kombination von Tragwerk, Antrieb und Gurtzeug ist sicherzustellen. Dies kann in einer kompletten Musterprüfung geschehen oder aber auch durch Erklärung des Herstellers, dass einzeln geprüfte Komponenten in der Kombination lufttüchtig sind. Folgende Parameter sind zu überprüfen und schriftlich der Prüfstelle gegenüber zu erklären (Kompatibilitätsnachweis):

- Flugtauglichkeitsüberprüfung (Handling)
- Abflugmassenbestimmung
- Nachweis der Einhaltung der Tragegurtabstände des Tragwerks

3 Gestaltung und Bauausführung

3.1 Werkstoffe und Herstellungsverfahren

- 3.1.1 Die Eignung und Dauerfestigkeit aller Werkstoffe und Herstellungsverfahren müssen auf Grund von Erfahrungen oder durch Versuche erwiesen sein.
- 3.1.2 Alle für beanspruchte Teile verwendeten Werkstoffe müssen anerkannten Beschreibungen und Festlegungen entsprechen.
- 3.1.3 Die angewendeten Herstellungsverfahren müssen dauerhafte Festigkeitsverbände ergeben. Wenn Herstellungsverfahren (z. B. Faserverbundwerkstoffe, Fügen, Wärmebehandlung oder Umformung) zu diesem Zweck der genauen Überwachung bedürfen, müssen sie nach anerkannten Verfahren durchgeführt werden.

3.2 Schutz der Bauteile

- 3.2.1 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.

3.3 Vorkehrungen für Auf- und Abrüsten

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

3.4 Sicherung von Verbindungselementen

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

3.5 Einstellmöglichkeiten

- 3.5.1 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 aller Einstellmöglichkeiten alle Lufttuchtigkeitsforderungen erfüllt werden. Eine selbständige Verstellung muss ausgeschlossen sein. Einer Überschreitung der Grenzlagen von Einstellmöglichkeiten ist durch technische Maßnahmen vorzubeugen. Einstellmöglichkeiten sind in der Betriebsanweisung darzustellen.

3.6 Vorkehrungen für Überprüfungen

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

3.7 Schutz gegen Verletzung

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

3.8 Temperatur und Feuchtigkeit

- 3.8.1 Lagerungstemperaturen von -30 Grad bis +70 Grad Celsius, Betriebstemperaturen von -30 bis +50 Grad Celsius und Feuchtigkeitsschwankungen zwischen 25 % und 100 % relativer Luftfeuchtigkeit dürfen die Betriebssicherheit nicht beeinträchtigen.

3.9 Statische Festigkeitseigenschaften

- 3.9.1 Die Festigkeitseigenschaften der verwendeten Werkstoffe müssen durch genügend Versuche belegt sein, damit Festigkeitswerte auf statistischer Grundlage festgelegt werden können.
- 3.9.2 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. bauartbedingt oder im Hinblick auf das Umformen, die maschinelle Bearbeitung oder eine nachfolgende Wärmebehandlung) notwendig erscheint.

3.10 Spannungskonzentrationen

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

3.11 Verarbeitung

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

3.12 Gewebenähte

- 3.12.1 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.

3.13 Seile

- 3.13.1 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.

4 Betriebsanweisung

4.1 Allgemeines

- 4.1.1 Die Betriebsanweisung muss mindestens die in diesem Abschnitt und 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 des Geräts und die Funktionskontrolle 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.

4.2 Gerätebeschreibung

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

4.3 Einstellmöglichkeiten

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

4.4 Technische Daten

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

4.5 Anbringung des Rettungsgerätes

- 4.5.1 Das Rettungsgerät ist entsprechend den Vorgaben des Rettungsgeräteherstellers anzubringen. 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 einfach zu erreichen und sicher zu bedienen ist. Es muss sichergestellt sein, dass das Rettungsgerät bei der Auslösung nicht behindert oder beschädigt wird. Insbesondere muss sichergestellt sein, dass ein Kappen der Tragseile durch den Propeller oder andere Teile des ULs verhindert wird.

4.6 Wartung

- 4.6.1 Anzugeben sind:
- Prüfverfahren zur Kontrolle von Daten, die den störungsfreien Betrieb gewährleisten;
 - Daten und Zeitabstände zur Durchföhrung periodischer Kontrollen
 - 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.

4.7 Aufschriften

- 4.7.1 Am Tragwerk sind folgende Angaben in deutscher Sprache sichtbar und dauerhaft anzubringen:
- Hersteller
 - Modell
 - Werknummer

- Gewichtsbereich (min. und max. Zuladung durch Insassen, min. und max. Startgewicht)
- Projizierte Fläche
- Beschleuniger (ja oder nein)
- Trimmer (ja oder nein)
- Herstellungsdatum
- Stückprüfdatum
- Bezeichnung und Ausgabe der angewandten Lufttüchtigkeitsforderungen
- folgender Warnhinweis: „Vor Gebrauch Betriebsanweisung lesen.“

4.7.2 Am Motor sind folgende Angaben in deutscher Sprache sichtbar, dauerhaft und feuerfest anzubringen:

- Hersteller
- Modell
- Werknummer
- Herstellungsdatum
- Stückprüfdatum

4.7.3 Am Rettungsgerät sind folgende Angaben in deutscher Sprache sichtbar und dauerhaft anzubringen:

- Hersteller
- Modell
- Werknummer
- Gewichtsbereich (max. und ggf. min Anhängelast)
- ausgelegte Fläche
- Herstellungsdatum
- Stückprüfdatum

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 Tragfläche bei Gleitschirm mit Hilfsmotor

- 2.1.1 Musterprüfung einer anerkannten Prüfstelle
2.1.2 Kompatibilitätsnachweis für Antrieb und Gurtzeug

2.2 für die Tragfläche bei Motorschirm und Motorschirm-Trike

- 2.2.1 Dreiseitenansicht Maßstab mind. 1:50 mit folgenden Angaben:
- Spannweite
 - projizierte Fläche
 - Baugruppenzeichnungen für alle struktur- und festigkeitsgebenden Verbindungen
 - Einzelteilzeichnungen
 - Stücklisten mit Werkstoffspezifikationen
 - Segelwerkstoffe, Gewicht, Beschichtung, Gewebehersteller, Handelsbezeichnung
 - Leinendaten, Leinenplan
 - Tragegurtabstand
- 2.2.2 Angaben über
- maximales Startgewicht
 - minimales Startgewicht
 - Masse der Fläche (ohne Packsack)
- 2.2.3 Angaben über Betriebsgrenzen
- 2.2.4 Vom Antragsteller wird der Prüfstelle auf Verlangen das Prüfaxemplar zur Einlagerung zur Verfügung gestellt.

2.3 für Fahrgestell / Antrieb

- 2.3.1 Dreiseitenansicht im Maßstab mind. 1:50, mit folgenden Angaben:
- Äußere Abmessungen
 - Abstand der Propellerspitzen zu angrenzenden Bauteilen und dem Erdboden
- 2.3.2 Baugruppenzeichnungen für alle struktur- und festigkeitsgebenden Verbindungen
- 2.3.3 Einzelteilzeichnungen
- 2.3.4 Stücklisten mit Werkstoffspezifikationen
- 2.3.5 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 Als maximale Abflugmasse gilt:

- für Einsitzer 300 kg zuzüglich Rettungsgerät
- für Doppelsitzer 450 kg zuzüglich Rettungsgerät

Anmerkung:

Für das Rettungsgerät inkl. aller notwendigen Befestigungs- und Auslöseelemente dürfen pauschal maximal 15 kg für Einsitzer bzw. 22,5 kg für Doppelsitzer zum Ansatz gebracht werden. 30 kg für Schwimmer im Fall von einsitzigen Amphibienflugzeugen oder Schwimmerflugzeugen 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 MTOM-Grenzwerte nicht überschreiten;

3.2.2 Minimale Zuladung für Motorschirm-Trike und Motorschirme

- 3.2.2.1 *Die Massegrenze der Zuladung durch Insassen wird im Rahmen der Festigkeitsgrenzen vom Antragsteller gewählt.*
- 3.2.2.2 *Die Massegrenze der Zuladung durch Insassen soll 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.*

Erläuterung zu 3.2.2

Bedingt durch die insgesamt geringen Massen von weniger als 120 kg, bzw. durch die massenabhängige Steuerung werden hier Herstellerfestlegungen in Abstimmung mit der Prüfstelle vorgenommen.

3.3 Mindestgeschwindigkeit

- 3.3.1 Die Überziehgeschwindigkeit V_{so} 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 Die Triebwerksanlage muss dem Fluggerät im Dauerbetrieb und bei maximaler Abflugmasse folgende Minimalleistungen ermöglichen:
- 3.4.2 Minimale Steiggeschwindigkeit
 - 1,5 m/s bei Motorschirm-Trike
 - 1,0 m/s bei Motorschirm
- 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 Tragwerk für Motorschirm und Motorschirm-Trike

4.1 Gestaltung und Bauausführung

- 4.1.1 In Verbindung mit einem Gurtzeug bzw. einem Motorschirm-Trike muss volle Flugfähigkeit und Steuerbarkeit gewährleistet sein. Bauteile, die ein irreversibles Verhängen von Leinen begünstigen, sind nicht zulässig.
- 4.1.2 Beim Ausfall einer Steuerleine muss das Tragwerk flugfähig bleiben. Die Fangleinen und die Bremsleinen müssen ausreichende Festigkeit aufweisen. Steuerleinen müssen durch dauerhafte farbliche Kennzeichnung eindeutig von den Fangleinen unterscheidbar sein.
- 4.1.3 Die Handschlaufen müssen im Flug jederzeit gut greifbar sein. Die Handschlaufen müssen in der Höhe auf jeden Piloten einstellbar sein. Der Einstellbereich ist an den Steuerleinen zu markieren. Bei anderen Konstruktionen muss die Bedienbarkeit gewährleistet sein.
- 4.1.4 Die Führungsringe der Tragegurte müssen dauerhaft geschlossen sein.
- 4.1.5 Der unverzügliche Druckausgleich innerhalb der Kappe muss gewährleistet sein.
- 4.1.6 Eine Verwechselbarkeit mit der Hauptaufhängung muss konstruktiv ausgeschlossen sein.

4.2 Festigkeit

- 4.2.1 Das Tragwerk muss bei schlagartiger Krafteinleitung über alle Fangleinen einer Last von 6.000 N, bei doppelsitzigen Tragwerken einer Last von 9.000 N, bei einer Prüfgeschwindigkeit von 100 km/h ohne Versagen des Festigkeitsverbandes standhalten.
- 4.2.2 Das Tragwerk muss einer Prüflast vom 8-fachen der maximal festgelegten Startmasse, mindestens jedoch 10.000 N, beim doppelsitzigen Tragwerk mindestens 16.000 N, standhalten. Tragwerke, die ausschließlich für die Kategorie 2.3 verwendet werden, können in Verbindung mit einer jährlichen Kontrolle durch einen Sachkundigen mit der 6-fachen Prüflast der maximalen Startmasse geprüft werden.
- 4.2.3 Jedes einzelne Verbindungsteil zwischen Tragegurt und Gurtzeug muss die neunfache Last der maximal festgelegten Startmasse aufnehmen können. Ausreichende Festigkeit kann angenommen werden, wenn jedes einzelne Verbindungsteil einer Bruchlast des Neunfachen der festgelegten Startmasse, bei einer Belastungsdauer von 10 sec standhält.

Erläuterungen:

Folgendes Verfahren ist für die Prüfung ausreichender Festigkeit der Fang- und Bremsleinen geeignet:

Das Leinenmaterial ist im verarbeiteten Zustand einer künstlichen Alterung durch 5000 Knickungen an gefährdeter Stelle zu unterziehen. Der Knickradius soll dem Leinendurchmesser entsprechen (+/- 0,2 mm). Anschließend ist durch einen Zugversuch die Festigkeit der Leinen zu ermitteln.

Die Summe der Festigkeit aller A- und B-Stammleinen muss nach dem Knicken 8 g mindestens jedoch 10.000 N, bei doppelsitzigem Tragwerk mindestens 16.000 N, betragen.

Die Summe der Festigkeit der weiteren Stammleinen muss nach dem Knicken 6 g, mindestens jedoch 7.500 N, bei doppelsitzigem Tragwerk mindestens 12.000 N, betragen.

Alle Leinen-Stockwerke oberhalb der Stammleinen müssen in der Summe mindestens die gleiche Festigkeit aufweisen, wie die zugehörigen Stammleinen.

Die Festigkeit der Hauptbremsleinen muss mit Knoten (Palsteg) mindestens das Vierfache der maximal auftretenden Steuerkraft betragen.

Der Festigkeitsnachweis ist durch Simulation der in Normalfluglage auftretenden Belastung zu erbringen.

Bei einsitzigen Tragwerken unterschiedlicher Größe kann die mehrfache Durchführung von Belastungs- und Schocktests vermieden werden, wenn durch die Prüfung eines einzelnen Mustergerätes ein gleiches Maß an Lufttüchtigkeit sichergestellt ist. Geeignete Kriterien sind:

Die Verkleinerung oder Vergrößerung der Kappe ist maßstäblich oder durch Einfügen oder Entfernen von Zellen in Kappenmitte erfolgt.

Die Verarbeitung und die Fangleinen-Konfiguration müssen gleich sein. Längenänderungen von Fangleinen sind bis zum Vergrößerungs- oder Verkleinerungsfaktor der Kappenspannweite erlaubt. Eingefügte oder entfernte Zellen müssen baugleich mit den danebenliegenden Zellen sein.

Bei maßstäblicher Verkleinerung oder Vergrößerung ist bei der Lastberechnung des nicht geprüften Musters ein Abzug von 20 % von der Belastung des geprüften Musters zu machen.

Bei Einfügen oder Entfernen von Zellen ist bei der Lastberechnung des nicht geprüften Musters die Belastung des geprüften Musters proportional zu den eingefügten oder entfernten Fangleinenreihen zu erhöhen oder zu vermindern und dann ein Abzug von 20 % zu machen.

Die Mindestbelastung von 7.500 N darf nach Abzug der jeweiligen 20 % nicht unterschritten sein.

Beim Schocktest muss das geprüfte Mustergerät einer Belastung von mindestens 7.500 N standgehalten haben.

4.3 Betriebsverhalten des Tragwerks für Motorschirm-Trike und Motorschirm

- 4.3.1 Das Tragwerk muss ohne fremde Hilfe startfähig sein. Das Tragwerk muss bei allen für das Muster zugelassenen Startarten ohne außergewöhnliche Anstrengung oder Geschicklichkeit des Piloten zu kontrollieren sein. Das Tragwerk darf keine Neigung zum Sackflug haben, die nur mit außergewöhnlicher Anstrengung oder Geschicklichkeit des Piloten beherrschbar ist.
- 4.3.2 Das Tragwerk muss ohne außergewöhnliche Anstrengung oder Geschicklichkeit des Piloten gelandet werden können.
- 4.3.3 Das Tragwerk muss bei allen zugelassenen Betriebsbedingungen und Zustandsformen über den ganzen Geschwindigkeitsbereich geflogen werden können. Alle normalen Flugbewegungen müssen ausgeführt werden können, ohne dass es außergewöhnlicher Anstrengung oder Geschicklichkeit des Piloten bedarf.
- 4.3.4 Das Tragwerk muss bei Trimmgeschwindigkeit im Geradeausflug verbleiben. Die Geschwindigkeit muss ohne außergewöhnliche Anstrengung oder Geschicklichkeit des Piloten über den ganzen zulässigen Geschwindigkeitsbereich konstant gehalten werden können. Nach einer Erhöhung des Anstellwinkels muss das Tragwerk ohne außergewöhnliche Anstrengung oder Geschicklichkeit des Piloten in den Normalflug zurückkehren. Bei keiner Flugbewegung darf ungedämpftes Pendeln auftreten. Bei minimalem Startgewicht muss die Trimmgeschwindigkeit mindestens 30 km/h betragen.
- 4.3.5 Aus einer engen Kurve muss in eine gegensinnige enge Kurve zügig übergewechselt werden können, ohne dass es einer außergewöhnlichen Anstrengung oder Geschicklichkeit des Piloten bedarf. Fluggeschwindigkeit und Kurvenlage müssen sich bei jeder konstanten Steuerleinenauslenkung sinnrichtig und im angemessenen Verhältnis ändern.
- 4.3.6 Der beginnende Strömungsabriss muss deutlich erkennbar sein. Der stabile Dauersackflug muss ohne außergewöhnliche Anstrengung oder Geschicklichkeit des Piloten und ohne Einleitung einer Kurve unverzüglich beendet werden können. Das Tragwerk muss den Fullstall nach Freigabe der Steuerleinen selbständig beenden, ohne dass es einer außergewöhnlichen Anstrengung oder Geschicklichkeit des Piloten bedarf.
- 4.3.7 Bei jeder Form des Einklappens des Tragwerks muss zu erwarten sein, dass
- 4.3.8 durch das Einklappen kein irreversibler Flugzustand auftritt,
- im eingeklappten Zustand durch Steuerleinenzug geradeaus gehalten werden kann,
 - ohne Zutun des Piloten (z.B. durch Steuerleinenzug des Piloten) das Einklappen beenden wird.
 - In kontrollierter und jederzeit beendbarer Weise muss die Sinkgeschwindigkeit erhöht werden können.
- 4.3.9 Das Betriebsverhalten ist durch Flugversuche zu prüfen und entsprechend dem von der Prüfstelle festgelegten Protokoll zu dokumentieren.
- 4.3.10 Die Flugversuche sind von fachkundigen und unabhängigen Piloten durchzuführen. Die Piloten dürfen insbesondere nicht in der Entwicklung, der Herstellung, dem Handel oder im Musterprüfbereich dieses Prüfmusters tätig sein.
- 4.3.11 Die Flugversuche sind mit dem vom Hersteller vorgesehenen minimalen Fluggewicht sowie dem maximalen Fluggewicht durchzuführen. Das maximale Fluggewicht darf das maximale Fluggewicht, bis zu welchem der Nachweis der Festigkeit nach 4.2 erbracht wurde, nicht überschreiten. In dem Ausnahmefall, dass das vom Hersteller vorgesehene minimale Fluggewicht unter 65 kg liegt, und die Prüfstelle nicht über einen ausreichend leichten Testpiloten verfügt, wird das Prüfprogramm bei minimalem Fluggewicht durch ein Prüfprogramm mit dem geringst möglichen Fluggewicht ersetzt, das die Prüfstelle realisieren kann. Der Hersteller muss in diesem Fall zusätzlich ein Prüfprogramm mit dem vorgesehenen minimalen Fluggewicht vorführen. Dieses Programm muss von einem Testpiloten der Prüfstelle vorgeflogen und auf Video aufgezeichnet werden.

5 Motorschirmgurtzeuge

5.1 Gestaltung und Bauausführung

- 5.1.1 Bei Sitzbrettern müssen durchlaufende Gurte, Seile usw. gegen mechanische Beschädigung speziell geschützt sein. Der Festigkeitsverband muss auch bei Versagen des Sitzbrettes funktionsfähig bleiben.
- 5.1.2 Bei Gurtzeugen für das Tragwerk müssen die Tragegurte des Tragwerks oder die Verbindungsteile für doppelsitzige Tragwerke am Gurtzeug links und rechts jeweils an einer Verbindungsstelle zu befestigen sein. Diese Verbindungsstellen müssen so angeordnet sein, dass ein Eindrehen des Tragwerks vermieden wird. Diese Verbindungsstellen müssen eindeutig farblich abgesetzt und mit der Angabe der maximalen Anhängelast in daN gekennzeichnet werden. Abweichende Konstruktionen sind nur zusammen mit einem zugehörigen Tragwerk zulässig.
- 5.1.3 Das Gurtzeug muss alle auftretenden Belastungen möglichst günstig auf den Körper des Piloten übertragen.
- 5.1.4 Der Pilot muss sich nach der Landung am Boden oder im Wasser sicher und schnell vom Gurtzeug trennen können.
- 5.1.5 Das Gurtzeug darf den Piloten weder bei Start und Landung noch im Flug so behindern, dass es einer außergewöhnlichen Anstrengung oder Geschicklichkeit des Piloten bedarf.
- 5.1.6 Ein Herausfallen aus dem Gurtzeug darf in keiner Pilotenlage möglich sein.
- 5.1.7 Am Gurtzeug müssen das Rettungsgerät und der Rettungsgeräte-Verbindungsgurt so montiert werden können, dass die Funktion von Fluggerät, Gurtzeug und Rettungsgerät gewährleistet ist. Diese Befestigungsstellen müssen eindeutig farblich abgesetzt und mit der Angabe der maximalen Anhängelast in daN gekennzeichnet werden.
- 5.1.8 Ist das Gurtzeug mit einem Aufnahmefach für Rettungsgeräte ausgerüstet und wird das Rettungsgerät von Hand freigesetzt, kann der Betätigungsgriff des Aufnahmefaches durch eine lösbare Einschlaufung mit der Packhülle des Rettungsgerätes verbunden sein, so dass das Gurtzeug auch mit Packhüllen anderer Rettungsgeräte kombiniert werden kann. Für das Aufnahmefach eines Gurtzeuges ist mit ein minimales und maximales Volumen (cm³) zur Kompatibilitätsbestimmung mit einem Rettungsgerät anzugeben. Wird das Rettungsgerät nicht von Hand freigesetzt, so muss das Gurtzeug in Verbindung mit diesem Rettungsgerät geprüft sein. Bei tragend geöffnetem Rettungsgerät muss eine annähernd aufrechte Lage des Piloten möglich sein.

5.2 Festigkeit

- 5.2.1 Das Gurtzeug muss in allen beim Betrieb zu erwartenden Lagen ausreichende Festigkeit aufweisen.

Erläuterungen:

Ausreichende Festigkeit kann angenommen werden, wenn der Festigkeitsverband des Gurtzeugs jeweils 10 sec einer Last standhält in Höhe des

Neunfachen der höchstzulässigen Pilotenmasse, mindestens jedoch 9.000 N, in der Normallage an der Pilotenaufhängung,

Sechsfachen der höchstzulässigen Pilotenmasse, mindestens jedoch 6.000 N, in der Landeposition an der Pilotenaufhängung und,

Sechsfachen der höchstzulässigen Pilotenmasse, mindestens jedoch 6.000 N, in der Überkopflage an der Pilotenaufhängung,

Dabei sind die Lasten zu a) bis. c) auch an gesonderten Befestigungsstellen des Rettungsgeräteverbindungsgurts und an zur Fehlmontage geeigneten Befestigungsstellen zu prüfen.

Der entsprechende Nachweis ausreichender Festigkeit kann auch nach der Norm DIN EN 1651:2022-02 erbracht werden.

6 Festigkeitsnachweis Antriebseinheit Motorschirm und Motorschirm-Trike

- 6.1 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 des Tragwerks.

$$M_{\text{prüf}} = M_{\text{max}} - M_{\text{Tragwerk}}$$

Sichere Last positiv: 4fache Prüflast (Motorschirm und Motorschirm-Trike)

Bruchlast positiv: 6fache Prüflast (Motorschirm und Motorschirm-Trike)

6.1.1 Festigkeitsnachweis der Aufhängepunkte

- 6.1.1.1 Der Aufhängepunkt des Trikes ist mit den nach in Punkt 6.1 ermittelten Bruchlasten zu prüfen.
- 6.1.1.2 Zusätzlich ist eine Sicherheitsaufhängung mit der unter Punkt 6.1 ermittelten Bruchlast, bis hinunter zur Rahmenstruktur zu führen und dort kraftschlüssig anzuschließen.

6.1.2 Festigkeitsnachweis des Hauptfahrwerks

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

6.1.3 Festigkeitsnachweis des Bugrades

- 6.1.3.1 Das Bugfahrwerk muss bei maximaler Abflugmasse die im folgenden aufgeführten Bedingungen erfüllen:
- 6.1.3.2 Für nach hinten, vorne und seitlich gerichtete Kraftkomponenten an der Achse, eine horizontale Last vom zweifachen Wert der ruhenden Radlast standhalten.

6.1.4 Bruchlandung für Motorschirm-Trike

- 6.1.4.1 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

6.1.5 Sitz, Rückenlehne und Anschnallgurt

- 6.1.5.1 Es muss sichergestellt sein, dass Sitz, Rückenlehne und Anschnallgurte, die unter 6.1.4.1 geforderten Beschleunigungen aufnehmen können. Die Piloten sind durch Anschnallgurte (mindestens 4-Punktgurte) so zu fixieren, dass sie bei allen im Betrieb auftretenden Beschleunigungen und Flugzuständen sowie bei hartem Aufschlag sicher in ihrer ursprünglichen Position festgehalten werden.

6.1.6 Propellerkäfig

- 6.1.6.1 Die Leinen des Gleitschirms und der Pilot sind durch einen geeigneten Käfig vor Propellerberührung zu schützen. Es muss sichergestellt sein, dass keine losen Teile des Gurtzeugs oder der Kleidung mit dem Propeller in Berührung kommen können. Die Festigkeit des Käfigs muss den Anforderungen an die Dauerfestigkeit nach Punkt 6.2.2 entsprechen.

6.1.7 Motoraufhängung und Tragegestell

6.1.7.1 Die Motoraufhängung und das Tragegestell müssen den Anforderungen unter Punkt 5.2. (*Erläuterung*) standhalten.

6.1.8 Triebwerkshalterung

6.1.8.1 Es muss sichergestellt sein, dass die Triebwerkshalterung, die unter 6.1.4 geforderten Beschleunigungen aufnehmen kann.

6.1.9 Nutzlasthalterung

6.1.9.1 Soweit am Fluggerät Nutzlasthalterungen vorhanden sind, müssen diese so bemessen sein, dass sie dem größten Lastvielfachen, das sich aus Flug und Bodenlastbedingungen inkl. der Belastungen nach 10.1.4.1. ergibt, standhalten. Eine Anhebung des Bruchlastvielfachen der Lasthalterungen und der Befestigungseinrichtungen auf 9g wird gefordert, wenn im Notfall eine unmittelbare Gefährdung zu befürchten ist.

6.2 Dauerfestigkeitsnachweis der Antriebseinheit

6.2.1 Alle Teile des Triebwerks müssen so gebaut, angeordnet und eingebaut sein, dass ein sicherer Betrieb innerhalb festzulegender Inspektions- und Überholungsintervalle gewährleistet ist.

6.2.2 Vom Antragsteller ist ein Nachweis über die Dauerfestigkeit der gesamten Anlage von mindestens 100 Betriebsstunden bei Musterzulassungen, bzw. mindestens 50 Betriebsstunden bei Einzelzulassungen zu führen.

6.2.3 Alle Teile, die ständiger Kontrolle und Wartung bedürfen, müssen leicht zugänglich sein. Ein besonderer Hinweis hierüber ist im Betriebshandbuch hervorzuheben. Die Dokumentation erfolgt in den Betriebsaufzeichnungen.

6.3 Festigkeitsnachweis des Propellers

6.3.1 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.

6.3.2 Rechnerischer Nachweis bzw. statischer Zugversuch

Die erforderliche Prüfkraft für den Nachweis wird wie folgt ermittelt:

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

mit

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

m = Masse pro Blatt (kg)

n = Drehzahl bei Volllast (U/s)

r = Radius des Massenschwerpunktes (m)

F_z = Zentrifugalkraft (N)

$F_{\text{zug p}}$ = zu prüfende Zugkraft (N)

6.3.3 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 = Drehzahl bei Volllast (U/min)

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

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 Füllstandsanzeige 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 jeder Lage vermieden wird.
- Auf Gefährlichkeit des Kraftstoffes (brennbare Flüssigkeit) ist mittels gut sichtbarem Symbol 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 einfach bedienbar vorzusehen und auffällig zu kennzeichnen.

8 Rettungssystem

Das verwendete Rettungssystem muss ein für diese Anhängelast und den Geschwindigkeitsbereich geprüftes Muster sein.

Anhang I Einbau von Elektroantrieben in schwerkraftgesteuerte Ultraleichtflugzeuge

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: Motorschirm und Motorschirm-Trike 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
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
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.

A. Allgemeiner Teil

1 Geltung und Umfang

- 1.1 Dieser Anhang I der LTF-MS/MST ist anzuwenden für motorgetriebene, schwerkraftgesteuerte Ultraleichtflugzeuge, die mit Elektromotoren als Hauptantrieb ausgerüstet sind und ergänzt die Bestimmungen der LTF-MS/MST.

2 Hybridantrieb

- 2.5 Die Anforderungen aus der LTF-MS/MST für Verbrennungsmotoren, Kraftstoffversorgung und Schmierung bleiben bei Hybridantrieben bestehen.

3 Gestaltung und Bauausführung

- 3.8.2 Für das elektrische Antriebssystem gilt abweichend von 3.8.1.:
Lagertemperaturen von -20 bis +50 Grad Celsius, Betriebstemperaturen von -10 bis +35 Grad Celsius und Feuchtigkeitsschwankungen dürfen sich nicht auf die Lufttuchtigkeit auswirken.

4 Betriebsanweisung

- 4.8
- 4.8.1 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.

5 Sicherheitseinrichtungen

- 5.1 Brandschutz
- Gefährdung durch Flammen/Rauch/Gase aus der gesamten Energieanlage muss jederzeit ausgeschlossen sein.
- 5.2 Gesundheitsschutz
- Es dürfen keine gesundheitsschädigenden Stoffe während des normalen Betriebs emittiert werden.
- 5.3 Hauptschalteinrichtung
- 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.
- 5.4 Rettungskarte
- 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 von außen gut sichtbar anzubringen.

B. Besonderer Teil

3 Grenzwertforderungen

3.2 Massegrenzen

3.2.2 Minimale Zuladung für Motorschirm-Trike und Motorschirme

3.2.2.3 *Bei Elektroantrieb ist mindestens die Masse für eine Antriebsbatterie (Energieträger) für 15 Minuten Betriebszeit unter Reiseflugleitung vorzusehen.*

3.2.3 Leermasse

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.*

6 Festigkeitsnachweis Antriebseinheit Motorschirm und Motorschirm-Trike

6.1

6.1.4 Bruchlandung

6.1.4.2 *Energiespeicher und ihre Befestigungen müssen einer Bruchträgheitslast von 9 g standhalten.*

6.1.4.3 *Im Falle einer Notlandung dürfen die Insassen nicht durch die Energiequellen gefährdet werden.*

6.1.7.2 *Der Motorträger und seine Aufhängung müssen für folgende Einflüsse bemessen sein: Für das maximale sichere Propellerdrehmoment, sicheren Propellerschub und gleichzeitiger Wirkung der Bruchlasten nach 6.1. des Besonderen Teils.*

Der anzusetzende Schub S berechnet sich:

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

d = Propellerdurchmesser [m]

P = max. Motorleistung [kW]

6.1.7.3 *Für E-Motoren wird das in 6.1.7.2. 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.*

7 Triebwerksanlage

7.1 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.

7.5 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.

7.6 Abschaltmöglichkeit

- 7.6.1 Der Motorbetrieb muss gegen unbeabsichtigtes Anlaufen gesichert werden können.
- 7.6.2 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.

7.7 Drehzahl- und Steigungsregelung für Propeller

- 7.7.1 Drehzahl und Steigung des Propellers müssen auf Werte begrenzt sein, die einen sicheren Betrieb unter normalen Betriebsbedingungen gewährleisten
- 7.7.2 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.
- 7.7.3 Während eines Gleitfluges mit VNE 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.
- 7.7.4 Der Leistungssteller/Regler darf bei Generatorbetrieb des Motors keinen Schaden nehmen.

7.8 Steuer- und Bedienorgane

- 7.8.1 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.
- 7.8.2 Die Bedienelemente müssen innerhalb der funktionellen Reichweite und innerhalb des primären Gesichtsfeldes des Piloten liegen.
- 7.8.3 Betätigungsweisen:
- | | | |
|-------------------------|-------------------|------------------|
| Drehknopf für Leistung: | im Uhrzeigersinn: | Leistung erhöhen |
| Leistungshebel: | nach vorn: | Leistung erhöhen |

7.9 Elektrische Energieanlage

- 7.9.1 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.
- 7.9.2 Auswirkungen auf die Antriebsbatterie, wenn das Antriebssystem durch den Wind angetrieben wird und der Motor möglicherweise als Generator arbeitet, müssen betrachtet werden.
- 7.9.3 Sichere Batteriezellentemperaturen und -drücke müssen während jeder Art des normalen Betriebs aufrechterhalten werden (Laden oder Entladen, Boden- oder Flugbetrieb).
- 7.9.4 Die Konstruktion und die Installation der Batterie müssen das Auftreten von unkontrolliertem Ansteigen von Temperatur und Druck in der Batterie ausschließen.
- 7.9.5 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.
- 7.9.6 Eigenschaften der Batterie, einschließlich der Fehlermodi wie z.B. thermisches Durchgehen, Expansion, Explosion und toxische Emission sollen identifiziert werden.

- 7.9.7 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.
- 7.9.8 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.
- 7.9.9 Es muss ein Schutz gegen Überladung und Tiefentladung der Energiespeicher vorgesehen sein.
- 7.9.10 Die nicht nutzbare Energie-Restmenge muss ermittelt/festgelegt sein und durch eine Anzeige der Restladung (Low-Level Angabe) angezeigt werden.
- 7.9.11 Das Ladegerät muss für die vorgesehenen Energiespeicher geeignet und gekennzeichnet sein.
- 7.9.12 Alle Bauteile, an denen Spannungen über 120 V Gleichspannung anliegen, sind mit Warnzeichen gemäß Anlage 2 zu kennzeichnen.
- 7.9.13 Die Energiespeicheranschlüsse müssen konstruktiv gegen Berühren, Verpolen und Kurzschließen geschützt sein.
- 7.9.14 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.
- 7.9.15 Berührungsschutz/Isolation ist bei allen für den normalen Betrieb zu bedienenden Einrichtungen vorzusehen.
- 7.9.16 Alle Bauteile zur Leistungsübertragung sind so zu dimensionieren, dass sie bei maximal möglicher Startleistung nicht die maximal zulässigen Temperaturen überschreiten.
- 7.9.17 Die maximale Nenn-Spannung darf 900 V Gleichspannung nicht übersteigen.

7.10 Energiequellen

- 7.10.1 Die Eignung und Zuverlässigkeit der Energiequellen müssen aufgrund von Erfahrungen oder Versuchen nachgewiesen sein. Die Batteriezellen müssen qualifiziert sein gemäß UN T 38.3.
- 7.10.2 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.

- 7.10.3 Jeder Einbauraum einer Energiequelle muss belüftet sein. Sollte die Möglichkeit bestehen, dass Flüssigkeiten austreten können, ist ein Ablauf mit einem Auffangvolumen vorzusehen.
- 7.10.4 Es muss nachgewiesen werden, dass der Einbauort der Energiequellen den Betrieb des Luftsportgerätes oder die normale Bewegungsfreiheit des/der Insassen in keiner Weise behindert.
- 7.10.5 Energiequellen sind so einzubauen, dass Insassen und Struktur nicht gefährdet werden können.
- 7.10.6 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).

7.11 Elektrische Leitungen und Zubehör

- 7.11.1 Jede elektrische Leitung muss einen ausreichenden Querschnitt haben und einwandfrei verlegt, befestigt und angeschlossen sein, so dass Kurzschlüsse und Brandgefahr ausgeschlossen sind.
- 7.11.2 Elektrische Leitungen sind so zu verlegen, dass elektromagnetische und gegenseitige Beeinflussungen den sicheren Betrieb nicht gefährden. Im gesamten Betriebsbereich
 - muss ein einwandfreier Betrieb eines Funk- bzw. Navigationsgeräts (einschließlich GPS) 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)
- 7.11.3 Die Verlegung muss den Angaben des Kabelherstellers folgen (Biegeradien etc.)
- 7.11.4 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.

7.12. Triebwerks-Überwachungsgeräte

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

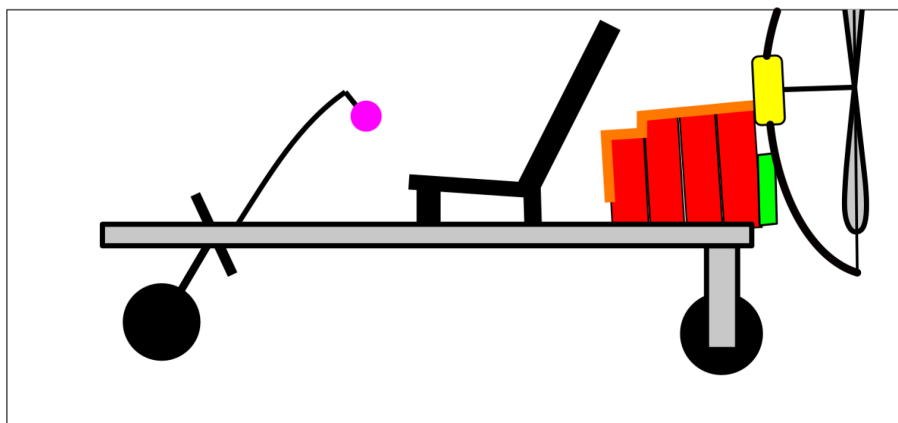
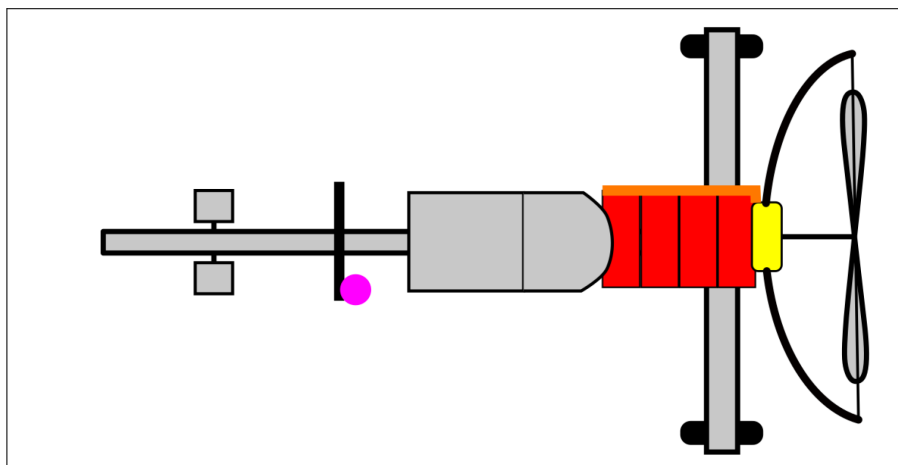
Anlage 1

Rettungskarte

Gewichtskraftgesteuerte Ultraleichtflugzeuge
mit Elektro-Antrieb

Bauart Motorschirm-Trike

Elektromotor wird mit XXX Volt betrieben



- | | |
|---|--|
| Antriebsbatterien | Notausschalter |
| Leistungselektronik | |
| Hochvoltanlage | |
| Hochvoltleitung | |

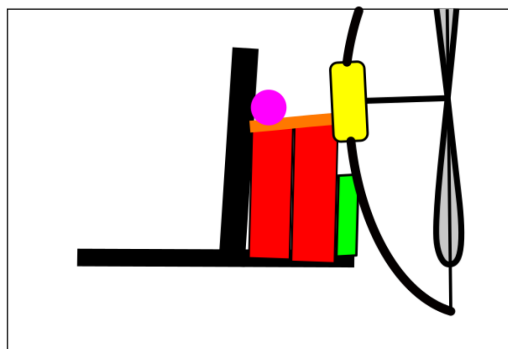
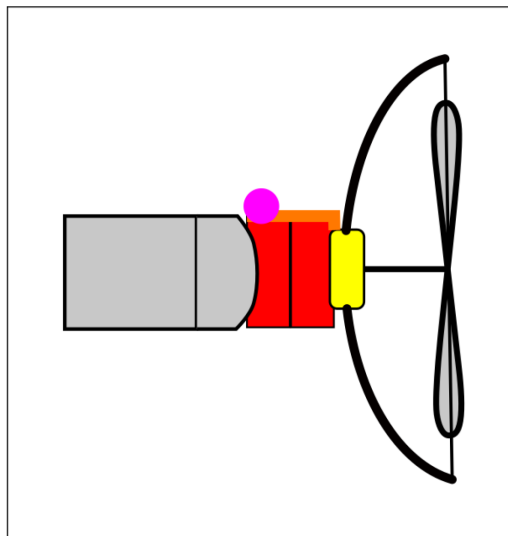
Anmerkung: Im UL „XXX“ durch die entsprechende Spannung ersetzen.

Rettungskarte

Gewichtskraftgesteuerte Ultraleichtflugzeuge
mit Elektro-Antrieb

Bauart Motorschirm fußstartfähig

Elektromotor wird mit XXX Volt betrieben



- | | |
|---|--|
| Antriebsbatterien | Notausschalter |
| Leistungselektronik | |
| Hochvoltanlage | |
| Hochvoltleitung | |

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.

