



Lufttüchtigkeits-Standard LTS - R

für Drehflügel-Flugmodelle (Rotorcraft)

mit einer max. Abflugmasse von mehr als 25 kg bis einschließlich 150 kg

**LTS_OeAeC_002
01 DEC 2016**

Inhalt

- 1. Geltungsbereich**
 - 1.1. Allgemeines
 - 1.2. Massegrenzen
- 2. Betriebsverhalten**
 - 2.1. Allgemeines
 - 2.1.1. Steuerbarkeit
 - 2.1.2. Nachweismethoden
 - 2.1.3. Umfang der Nachweise
 - 2.2. Grenzen der Lastverteilung
 - 2.3. Massegrenzen
 - 2.3.1. Höchstzulässige Startmasse
 - 2.3.2. Leermasse
 - 2.4. Nachweise - Bodenversuche
 - 2.4.1. Schwerpunktlage
 - 2.4.2. Nachgiebigkeit der Steuerung
 - 2.4.3. Funktionsprüfungen Steuerungsanlage
 - 2.4.4. Betriebsverhalten Rotor(en)
 - 2.4.5. Schwingungen
 - 2.4.6. Zulässige Blattgeschwindigkeit
 - 2.4.7. Sonstige Betriebseinrichtungen
 - 2.5. Nachweise im Flug (Hubschrauber)
 - 2.5.1. Steigleistung
 - 2.5.2. Senkrechtes Absinken und Abfangen
 - 2.5.3. Steuerbarkeit
 - 2.5.4. Schnellflug
 - 2.5.5. Flattern
 - 2.5.6. Abfangen aus Horizontalgeschwindigkeit
 - 2.5.7. Landungen
 - 2.6. Nachweise im Flug (Gyrocopter)
 - 2.6.1. Start- und Landestrecken
 - 2.6.2. Steuerbarkeit und Stabilität
 - 2.6.3. Überziehverhalten
 - 2.6.4. Flattern
- 3. Festigkeit - Struktur**
 - 3.1. Lasten
 - 3.1.1. Sicherheitszahl
 - 3.1.2. Nachweis der Festigkeit
 - 3.1.3. Lastvielfache
 - 3.1.4. Versuche
 - 3.1.5. Steuerung
 - 3.1.6. Rotorkopf-Anlenkung
 - 3.1.7. Stabilitätsprüfung bei Auslenkung der Hauptrotoranlenkung
 - 3.1.8. Anschlagfreie Steuerwege
 - 3.1.9. Festigkeit u. Elastizität Hauptrotor (Blatthalter u. Blätter)
 - 3.1.10. Motorbefestigung
 - 3.1.11. Falltest Fahrwerk
 - 3.1.12. Sonstige Einbauten (z.B. Tank, Akkus)
- 4. Gestaltung und Bauausführung**
 - 4.1. Allgemeines
 - 4.2. Herstellungsverfahren
 - 4.3. Elektrische Überbrückung
 - 4.4. Vorkehrungen zur Überprüfung

- 4.5. Rotorblätter
 - 4.5.1. Allgemeines
 - 4.5.2. Eignung
 - 4.5.3. Sicherung
 - 4.5.4. Kollisions-Sicherheit-Hauptrotor
- 4.6. Elektrische Anlagen
 - 4.6.1. Dokumentation
 - 4.6.2. Belastbarkeit
 - 4.6.3. Verbindungen
 - 4.6.4. Energieversorgung
 - 4.6.5. Energiebilanz und Stromaufnahme
 - 4.6.6. Zusatzfunktionen
 - 4.6.7. Drähte und Leitungen
 - 4.6.8. Hauptschalter
- 5. Triebwerksanlage**
 - 5.1. Bemessung
 - 5.1.1. Elektroantrieb
 - 5.1.2. Verbrennungsmotore
 - 5.2. Kühlung
 - 5.3. Gestaltung
 - 5.4. Brandverhütung
 - 5.5. Schwingungen
 - 5.6. Zündanlage
 - 5.7. Schmierstoffanlage
 - 5.8. Betriebsverhalten
 - 5.9. Abgasanlage
 - 5.10. Abstellen der Triebwerksanlage
 - 5.11. Beeinflussung der Motoren untereinander
 - 5.12. Kraftstoffanlage
 - 5.13. Tankinhalt
 - 5.14. Kraftstoffbehälter
 - 5.15. Siebe und Filter
 - 5.16. Leitungen und Schläuche
- 6. Ausrüstung und Einbauten**
 - 6.1. Elektrische Ausrüstung
 - 6.2. Ausrüstung für Antrieb
 - 6.3. Elektronische Stabilisierungseinrichtungen
 - 6.4. Mindestausrüstung
- 7. Betriebsgrenzen und Informationen**
 - 7.1. Allgemeines
 - 7.2. Flughandbuch
 - 7.3. Wartungshandbuch
 - 7.4. Betriebsaufzeichnungen
- 8. Fernsteuerungsanlage (Funkanlage)**
 - 8.1. Allgemeines
 - 8.2. Schwingungen
 - 8.3. Antenne
 - 8.4. Reichweitentest
 - 8.5. Elektronische Stabilisierungseinrichtungen

ANHANG A Annehmbare Nachweisverfahren

1. Geltungsbereich

1.1. Allgemeines

Diese Richtlinien gelten für ferngesteuerte Flugmodelle nach § 24c (4) LFG die zur Auftriebserzeugung Einrichtungen verwenden, die zufolge ihrer Rotation dynamischen Auftrieb liefern. Diese sind Drehflügelflugzeuge (Rotorcraft) zu denen Hubschrauber (Helicopter) und Tragschrauber (Gyrocopter) zählen.

1.2. Massegrenzen

höchstzulässige Startmasse von mehr als 25 kg bis einschließlich 150 kg.

2. Betriebsverhalten

2.1. Allgemeines

2.1.1 Steuerbarkeit

Das Flugmodell muss sicher steuerbar und ausreichend wendig sein und zwar

- a) beim Start
- b) im Fluge (einschließlich Steigflug, Horizontalflug und Sinkflug)
- c) bei der Landung
- d) beim Rollen am Boden (soweit anwendbar).

2.1.2. Nachweismethoden

Der Nachweis, dass das Flugmodell den in diesem Abschnitt festgelegten Forderungen entspricht, ist durch geeignete Flugversuche und, soweit anwendbar, durch Rollversuche zu führen.

2.1.3. Umfang der Nachweise

Wenn nicht anders angegeben, müssen die einzelnen Forderungen dieses Abschnitts mit allen kritischen Kombinationen von Gewicht und Schwerpunktlagen innerhalb des Bereichs der Beladungszustände, für die die Zulassung gewünscht wird, nachgewiesen werden. Der Nachweis ist für alle Zustandsformen in denen das Flugmodell betrieben werden soll, zu erbringen.

2.2. Grenzen der Lastverteilung

Die Gewichts- und Schwerpunktbereiche, in denen das Flugmodell sicher betrieben werden kann, müssen in den Betriebsunterlagen festgelegt werden.

2.3. Massegrenzen

2.3.1. Höchstzulässige Startmasse

Die höchstzulässige Startmasse muss so festgelegt werden, dass sie nicht größer als die vom Antragsteller für sämtliche Punkte dieser Richtlinie nachgewiesene höchstzulässige Startmasse ist.

2.3.2. Leermasse

Die Leermasse ist das Gewicht des Flugmodells mit dem fest eingebauten Ballast und der festgelegten Ausrüstung. Diese Leermasse muss so definiert sein, dass sie jederzeit wieder hergestellt und zur Schwerpunktbestimmung benutzt werden kann. Treibstoff wird als Zuladung betrachtet.

2.4. Nachweise - Bodenversuche

2.4.1. Schwerpunktlage

Mit der unter 2.3.2 festgelegten Leermasse ist die zugehörige Leermassen-Schwerpunktlage zu ermitteln und zu dokumentieren.

2.4.2. Nachgiebigkeit der Steuerung

Die Nachgiebigkeit der Steuerung ist so gering wie möglich, maximal jedoch 2° (am Rotorblatt gemessen) zu halten, um das Flattern der Rotorblätter weitestgehend auszuschließen. Die Überprüfung wird bei minimaler und maximaler Auslenkung der Taumelscheibe, beziehungsweise Heckrotorsteuerung und bei Rotorblattstellung 90°, 180°, 270° und 360° durchgeführt.

Falls eine Paddelstange vorhanden ist, wird diese Messung auch für den Anstellwinkel der Paddel wiederholt, wobei die anzuwendende Drehkraft 15% der für die tragenden Blätter verwendeten beträgt.

2.4.3. Funktionsprüfungen Steuerungsanlage

Vor Beginn der Prüfflüge müssen alle Bodenfunktionsprüfungen durchgeführt sein. Insbesondere ist die einwandfreie Übertragung der Signale des Senders zum Empfänger und zu den jeweiligen Steuerungselementen der Fernsteueranlage zu prüfen.

Gleiches gilt auch für eine an Bord befindliche Sendeeinrichtung, sofern vorhanden.

Die elektromagnetische Verträglichkeit zu sämtlichen elektronischen Anlagen ist untereinander zu prüfen.

Die Rotoren sind auf ihre Ausschlagsgröße und -richtung zu überprüfen. Die sinngemäße Zuordnung der Steuerausschläge zu den Bedienhebeln der Fernsteueranlage muss gewährleistet sein.

2.4.4. Betriebsverhalten Rotor(en)

In einem Funktionslauf ist nachzuweisen, dass die Rotoren und deren Zubehörteile einwandfrei arbeiten.

2.4.5. Schwingungen

a) Die Größe der Schwingungsbeanspruchung der Rotorblätter unter normalen Betriebsbedingungen darf den Dauerbetrieb des Flugmodells nicht gefährden.

b) Sämtliche Bauteile der Flugmodellstruktur müssen fest und steif genug sein, um Einflüssen von induzierten Schwingungen standzuhalten.

2.4.6. Zulässige Blattgeschwindigkeit

Die Einhaltung der zulässigen Blattspitzengeschwindigkeit ist anhand einer Drehzahlmessung mit Höchstdrehzahl unter Einrechnung der maximal zu erreichenden Vorwärtsgeschwindigkeit zu überprüfen. Diese darf in keinem Flugzustand überschritten werden und ist in den Betriebsunterlagen zu dokumentieren. Die Blattspitzengeschwindigkeit darf nicht die vom Hersteller angegebene oder anderweitig technisch nachgewiesene Höchstgeschwindigkeit überschreiten.

$$v_R = d_{RO} \cdot \pi \cdot \frac{n_{RO} \cdot 1,2}{60} + v_{Hmax}$$

v_R Blattspitzengeschwindigkeit [m/s]
 d_{RO} Rotordurchmesser [m]
 n_{RO} maximale Rotordrehzahl [1/min]
 v_{Hmax} max. Fluggeschwindigkeit [m/s]
 1,2Drehzahlfaktor

- 2.4.7. Sonstige Betriebseinrichtungen
 Alle sonstigen Betriebseinrichtungen sind zu überprüfen und die korrekte Funktion nachzuweisen.

2.5. Nachweise im Flug (Hubschrauber)

2.5.1. Steigleistung

Die im Schwebeflug erreichte Tragkraft soll bei max. Startgewicht eine ausreichende Sicherheitsreserve beinhalten. Hierzu muss der Hubschrauber senkrecht bis zu einer Schwebeflughöhe von mindestens 2 mal Rotordurchmesser (außerhalb des Bodeneffekts) stationär zum Schweben gebracht werden. Aus diesem stationären Zustand soll der Hubschrauber zügig in den Steigflug übergehen. Bei diesem Manöver darf der maximale Anstellwinkel (max. Pitch) nicht erreicht werden.

2.5.2. Senkrechtes Absinken und Abfangen

Aus einer Schwebeflughöhe von zirka 2 mal Rotordurchmesser muss der Hubschrauber zügig senkrecht bis auf etwa 1/2 mal Rotordurchmesser sinken und dort abgefangen werden. Hierbei sollte der maximale Anstellwinkel (max. Pitch) nicht erreicht werden.

2.5.3. Steuerbarkeit

Es muss möglich sein, ausreichend wendige Kursänderungen in alle Richtungen und Achsen vornehmen zu können. Der Heckrotor muss in der Lage sein, das maximal erreichbare Drehmoment ausgleichen zu können. Die Funktionsfähigkeit der Heckrotorsteuerung muss, entgegen dem Drehmoment, bei maximaler Steigleistung deutlich erkennbar sein. Bei Ausfall des Antriebs oder des Heckrotors muss der Hubschrauber sicher steuerbar sein (z.B. Autorotation).

2.5.4. Schnellflug

Mit 60 – 80% der maximalen Pitchstellung (je nach HS-Typ) muss der HS im horizontalen Flug ein stabiles Flugverhalten und ausreichende Manövrierbarkeit aufweisen.

2.5.5. Flattern

Flattern der Rotoren darf in allen zugelassenen Betriebsbereichen nicht auftreten.

- 2.5.6. Abfangen aus Horizontalgeschwindigkeit
Nach Erreichen der maximalen Horizontalgeschwindigkeit soll der Modell-Hubschrauber durch eine Gegenneigung stark abgebremst werden. Der Modell-Hubschrauber soll dabei bis zum horizontalen Stillstand nicht ansteigen oder absinken. Unmittelbar nach dem Abbremsen soll der Modell-Hubschrauber geradegerichtet und ohne Verzögerung oder Störung ins Steigen gebracht werden.
- 2.5.7. Start und Landung
Im Startvorgang müssen ein senkrechtes Abheben und der Übergang zu einem stationären Schwebeflug möglich sein. Landeanflüge mit einer kontinuierlichen Verringerung von Geschwindigkeit und Höhe müssen durchführbar sein. Die Landeanflüge werden in Schwebeflughöhe beendet, sowie bis zum Boden durchgeführt. Die Landung auf einem zuvor bestimmten Absetzpunkt muss mit einer Genauigkeit von 0,5 m Radius möglich sein.
- 2.6. Nachweise im Flug (Gyrocopter)**
- 2.6.1. Start- und Landestrecken
Folgende Werte für Start und Landung sind zu ermitteln und zu dokumentieren
- Startstrecke vom Stillstand bis zum Überfliegen eines 5 m hohen Hindernisses.
 - Landestrecke von 5 m Höhe bis zum Stillstand (siehe auch AMC 2.5.)
- 2.6.2. Steuerbarkeit und Stabilität
Das Modell muss in allen Konfigurationen und Kombinationen von Ruder- und Klappenstellungen, mit aus- und eingefahrenem Fahrwerk, bei mehrmotorigen Modellen mit ausgefallenem kritischen Motor und in allen kritischen Massen- und Schwerpunktkombinationen ein derart eigenstabiles Flugverhalten aufweisen, dass es ohne übermäßige Geschicklichkeit des Piloten sicher betrieben werden kann. Die Steuerbarkeit ist durch ausreichend schnelle Kursänderungen in alle Richtungen und ausreichend schnelle Rollbewegungen um die Längsachse nachzuweisen.
- 2.6.3. Überziehverhalten
Das Überziehverhalten muss bei vorderster und hinterster Schwerpunktlage untersucht und dokumentiert werden.
- im Geradeausflug (Rotorkreisfläche waagrechte Querachse)
 - im Kurvenflug mit ca. 45° Querneigung
- Es muss dabei möglich sein, den normalen Horizontalflug wieder herzustellen, ohne dass eine nicht beherrschbare Neigung zum Trudeln auftritt. Bei motorgetriebenen Modellen ist das Trudelverhalten in den Fällen a) und b) bei Leerlauf und bei maximaler Dauerleistung (-Schub) zu untersuchen.
- 2.6.4. Flattern
Flattern darf im gesamten Geschwindigkeitsbereich nicht auftreten.

3. Festigkeit - Struktur

3.1. Lasten

Die Festigkeitsforderungen sind durch die Angabe von sicheren Lasten (die höchsten im Betrieb zu erwartenden Lasten) und Bruchlasten (die sicheren Lasten multipliziert mit der (den) vorgeschriebenen Sicherheitszahl (en)) festgelegt. Wenn nicht anders angegeben, sind die festgelegten Lasten „sichere Lasten“.

3.1.1. Sicherheitszahl

Als Sicherheitszahl muss 1,5 eingesetzt werden, wenn kein anderer Wert angegeben ist. In folgenden Fällen ist die Sicherheitszahl mit einem Sicherheitsvielfachen zu multiplizieren:

- Rotorblattanschlüsse $j = 2$
- Schlag- Schwenkgelenke $j = 2$
- Blatthaltebolzen $j = 2$
- Sämtliche Steuerstangen Haupt- Heckrotor $j = 3$

3.1.2. Nachweis der Festigkeit

Für den Festigkeitsverband muss nachgewiesen werden, dass er im Stande ist, den, im Betrieb zu erwartenden Lasten, sicher standzuhalten. Der Antragsteller muss eine Fliehkraftberechnung zur Ermittlung der Zugkräfte an den Blattaufnahmen, Drehlagern und gegebenenfalls Schlag- und Schwenkgelenken durchführen.

Zentrifugalkraft [N]:

$$F_{ZF} = \frac{1}{2} \cdot m \cdot d_{ROM} \cdot \left(\frac{\pi \cdot n_{ROmax}}{30} \right)^2$$

F_{ZF} = Zentrifugalkraft [N]

m = Masse Rotorblatt [kg]

d_{ROM} = Durchmesser Rotor Masseschwerpunkt [m]

n_{ROmax} = max. Rotordrehzahl U/min inkl. 20% Zuschlag für AR-Drehzahlerhöhung (s.a. 2.4.6)

Der Hersteller / Erbauer der Rotorblätter muss ein Zertifikat ausstellen, dass die Rotorblätter diesen Zugkräften, unter Berücksichtigung der Sicherheitszahl, standhalten.

3.1.3. Lastvielfache

Folgende sichere Abfanglastvielfache sind einzusetzen: $n = +3g$ und $-1,5g$

3.1.4. Versuche

Soll der Nachweis ausreichender Festigkeit nicht durch Rechnung und Zertifikat erbracht werden, bzw. liegen für die gewählte Bauweise keine oder unzureichende Erfahrungen vor, so sind Versuche durchzuführen.

- 3.1.5. Steuerung
Steuergestänge, deren Verbindungsglieder und die Befestigung von Steuerungselementen (Servos und dgl.) sind so auszulegen, dass die auftretenden Momente und Kräfte, z. B. aus den Servos, mit der Sicherheitszahl aufgenommen werden können. Es müssen Servotypen mit Stellkräften verwendet werden, die unter Berücksichtigung von Modell-Hubschraubergröße und Anlenkungsart den zu erwartenden Stellkräften angemessen sind.
- 3.1.6. Rotorkopf-Anlenkung
Die Anlenkung muss die Stellkraft aller beteiligten Servos sicher aushalten, ohne dass Schubstangen etc. herausspringen oder Einstellungen dauerhaft verstellt werden. Die Prüfung hat durch die Blockade von Neigungen zweier Rotorblätter zu erfolgen. Der Prüfvorgang ist gemäß einer Verfahrensanweisung vorzunehmen. Für die verwendeten Gelenke muss ein Festigkeitsnachweis erbracht werden. Für Kunststoffgelenke muss zusätzlich ein Temperaturnachweis erbracht werden.
- 3.1.7. Stabilitätsprüfung bei Auslenkung der Hauptrotor-Anlenkung
Die Anlenkung muss stabil genug sein, um bei abgeschalteter Fernsteuer-Anlage den vom Rotorblatt erzwungenen Ausschlägen gegen den Widerstand der Servos zu folgen, ohne zerstört zu werden.
- 3.1.8. Anschlagfreie Steuerwege
Bei Vollausschlägen aller Funktionen, auch gleichzeitig für Pitch, Nick und Roll, darf die Mechanik nicht auf Anschlag laufen.
- 3.1.9. Festigkeit und Elastizität Hauptrotor (Blatthalter und Blätter)
Der Eignungsnachweis des Rotorblattes, der Aufbau, das verwendete Material und die Belastungsgrenzen (Zugbelastung des Rotorblattauges) sind anhand einer Berechnung nachzuweisen.
- 3.1.10. Motorbefestigung
Der Motorträger und seine Aufhängung müssen so bemessen sein, dass sie alle Beschleunigungen aus dem Flugbetrieb ertragen können. Der Nachweis ist durch Flugversuche zu erbringen.
- 3.1.11. Falltest Fahrwerk
Der Falltest mit abgenommenen Hauptrotorblättern auf das Landegestell ist aus 12 cm Höhe durchzuführen. (siehe auch AMC 3.1.11).
- 3.1.12. Sonstige Einbauten (z.B. Tank, Akkus)
Die Halterungen für sonstige Einbauten sind so zu bemessen, dass sie die auftretenden Beschleunigungen gem. 3.1.3. ohne zu versagen, aufnehmen können.

4. Gestaltung und Bauausführung

4.1. Allgemeines

Flugmodelle müssen an sichtbarer Stelle den Namen und die Anschrift des Eigentümers in dauerhafter und feuerfester Beschriftung führen.

4.2. Herstellungsverfahren

Die angewendeten Herstellungsverfahren müssen durchgehend einwandfreie Festigkeitsverbände ergeben.

4.3. Elektrische Überbrückung

Zur Vermeidung von „Knackimpulsen“ sind Metallteile, die sich reiben, elektrisch zu überbrücken.

4.4. Vorkehrungen zur Überprüfung

Damit die Teile zugänglich sind, die im Rahmen der regelmäßigen Kontrollen und Wartungsarbeiten überprüft, nachgestellt oder geschmiert werden müssen, sind Vorkehrungen zu treffen.

4.5. Rotorblätter

4.5.1. Allgemeines

Rotorblätter dürfen keine Gestaltungsmerkmale aufweisen, die erfahrungsgemäß gefährlich oder unzuverlässig sind.

4.5.2. Eignung

- a) Die Eignung der zur Herstellung verwendeten Werkstoffe muss aufgrund von Festigkeitsnachweisen des verwendeten Materials nachgewiesen sein.
- b) Der Profilschwerpunkt sollte zur Verhinderung von Flattern immer vor dem Schubmittelpunkt (Torsion) des Rotorblatts liegen. Der Neutralpunkt soll hinter oder auf der Drehachse des Rotorblatts liegen.
- c) Die Rotorblätter müssen ausgewogen sein und den gleichen Masseschwerpunkt aufweisen.

4.5.3. Sicherung

Sämtliche feste und bewegliche Verbindungselemente des Rotorkopfes, der Rotoren und dessen Steuerung müssen ausreichend gesichert sein.

4.5.4. Kollisions-Sicherheit Hauptrotor

Es muss nach Erreichen des Endausschlages der Kopfdämpfung genügend Abstand zwischen Hauptrotorblattspitzen und benachbarten Bauteilen der Struktur (z.B. Heckausleger) vorhanden sein, um eine Kollision der Hauptrotorblätter mit der Struktur zu verhindern.

4.6. Elektrische Anlagen

4.6.1. Dokumentation

Für die gesamte elektrische Anlage ist ein schematischer Schaltplan mit allen Komponenten zu erstellen. Hierbei ist die Positionierung der Kabelführungen für den HF-Standpunkt unabdinglich. Der schematische Schaltplan muss alle Drosseln und galvanische Trennungen, sowie Metall und Karbon-Teile und

deren Verbindungen beinhalten. Zur Erläuterung ist eine entsprechende Dokumentation beizufügen.

- 4.6.2. **Belastbarkeit**
Die maximale Belastbarkeit der Leitungen darf nicht überschritten werden.(siehe auch AMC 4.6.2.).
- 4.6.3. **Verbindungen**
Als Kabelverbindungen bzw. –anschlüsse sind wegen evtl. auftretender Schwingungen nur Steck- und Klemmverbindungen zulässig. Steckverbindungen sind zu sichern.
- 4.6.4. **Energieversorgung**
Die Art der verwendeten Akkus muss für den Verwendungszweck geeignet sein. Die Empfangsanlage muss von zwei unabhängigen Akkus mit einer Doppelstromversorgung mit Stromverteiler betrieben werden.
- 4.6.5. **Energiebilanz und Stromaufnahme**
Es ist eine Energiebilanz aufzustellen.
- 4.6.6. **Zusatzfunktionen**
Zusatzfunktionen wie Beleuchtung usw., sind an eine gesonderte Versorgung anzuschließen.
- 4.6.7. **Drähte und Leitungen**
Die elektrischen Leitungen müssen aus flexiblen Drähten bestehen und in Bündeln verlegt werden.
- 4.6.8. **Hauptschalter**
Für die modellseitige Anlage ist ein Hauptschalter direkt hinter den Stromquellen vorzusehen.

5. Triebwerksanlage

- 5.1. Bemessung**
Die Triebwerksanlage muss in Bezug auf die Leistung ausreichend bemessen werden. Bei Hubschraubern darf die Drehzahl auch bei maximalem Anstellwinkel der Rotorblätter nicht zusammen brechen. Die verwendete Kupplung und / oder Freilauf müssen für die maximal zu erwartenden Drehzahlen und Drehmomente geeignet und ausreichend dimensioniert sein.
- 5.1.1. **Elektroantrieb**
Elektromotoren sind sorgfältig zu entstören. Die Stromleitungen zu den Motoren müssen einen genügenden Querschnitt aufweisen, um starkes Erwärmen zu vermeiden.
- 5.1.2. **Verbrennungsmotore**
Es dürfen nur Motore mit gutem Laufverhalten verwendet werden. Im eingebauten Zustand müssen die Motore für die Wartung leicht zugänglich sein.
- 5.2. Kühlung**

Eine ausreichende Motorkühlung ist erforderlich. Beim Einsatz von taktgesteuerten Motoren ist durch leistungsfähige Lüfterräder eine ausreichende Kühlung sicherzustellen. Elektronische Regler dürfen im gesamten Betriebsbereich die höchstzulässigen Betriebsparameter des Antriebs nicht überschreiten.

5.3. Gestaltung

Der Antrieb darf keine Gestaltungsmerkmale aufweisen, die erfahrungsgemäß gefährlich oder unzuverlässig sind.

5.4. Brandverhütung

Durch entsprechende Gestaltung und Bauausführung des Antriebs und der Zuleitungen und durch Wahl geeigneter Werkstoffe ist die Wahrscheinlichkeit auftretender Brände so gering wie möglich zu halten.

5.5. Schwingungen

Der Antrieb darf im normalen Betriebsbereich keine kritischen Schwingungen erzeugen, die diesen und die Zelle übermäßig beanspruchen (Verwendung von Schwingmetallen). Das Auftreten von Resonanzen bei bestimmten Drehzahlen ist durch geeignete Mittel zu unterbinden (Elastizität der Aufhängung, Drehzahlsteuerung o.a.). Ein entsprechender Nachweis ist im Rahmen der Bodenversuche zu erbringen.

5.6. Zündanlage

Die Zündanlage muss eine ausreichende Betriebssicherheit ergeben und darf nicht zu Störungen führen, die die Funktion der Fernsteuerungsanlage beeinträchtigen.

5.7. Schmierstoffanlage

Ist eine Schmierstoffanlage vorhanden, so muss diese so gebaut und gestaltet sein, dass sie im normalen Betriebsbereich und unter den voraussichtlichen Betriebsbedingungen einwandfrei arbeitet.

5.8. Betriebsverhalten

Die Prüfung des Betriebsverhaltens muss alle Versuche umfassen, die notwendig sind, das Verhalten des Antriebs z. B. beim Anlassen, Leerlauf, Übergang, Maximaldrehzahl usw. zu zeigen.

5.9. Abgasanlage

Bei der Installation der Abgasanlage ist die Hitzeabstrahlung zu berücksichtigen.

5.10. Abstellen der Triebwerksanlage

Zur Berücksichtigung der besonderen Umstände beim Flugmodellbetrieb muss gewährleistet sein, dass die Triebwerke mittels Fernsteuerungsanlage abgestellt werden können.

5.11. Beeinflussung der Motoren untereinander

Motoren müssen so angeordnet und voneinander getrennt sein, dass das Versagen oder fehlerhafte Arbeiten irgendeines Motors oder irgendeiner Anlage, die den Motor beeinflussen kann, nicht den dauernden, sicheren Betrieb der übrigen Motoren beeinträchtigt.

Mehrere Elektromotoren müssen in mindestens zwei getrennten Einheiten geregelt werden.

5.12. Kraftstoffanlage

Die Kraftstoffanlage muss so ausgelegt sein, dass sie in der Lage ist, das Triebwerk im normalen Betriebsbereich und unter den voraussichtlichen Betriebsbedingungen ausreichend und sicher mit Kraftstoff zu versorgen.

5.13. Tankinhalt / Akkukapazität

Der Tankinhalt soll eine Mindestflugzeit von 10 Minuten beim Betrieb mit Turbinen oder Kolbenmotoren gewährleisten. Bei Elektroantrieb ist eine dementsprechende Akkukapazität sicherzustellen.

5.14. Kraftstoffbehälter

a) Kraftstoffbehälter müssen in der Lage sein, ohne Versagen den Schwingungs-, Trägheits- und Flüssigkeitsbelastungen und den Beschleunigungen aus den Zuständen, denen sie im Betrieb ausgesetzt sind, standzuhalten.

b) Bei flexiblen Kraftstoffbehältern muss nachgewiesen sein, dass sie für die besondere Anwendung geeignet sind.

5.15. Siebe und Filter

a) Zwischen Kraftstoffbehälter und Motor ist an geeigneter Stelle in der Kraftstoffleitung ein Sieb/Filter vorzusehen.

b) Jedes Sieb bzw. jeder Filter muss für Kontrollen und Reinigungen zugänglich sein.

5.16. Leitungen und Schläuche

Kraftstoffleitungen und Schläuche müssen für die ihnen zugeordnete Aufgabe geeignet sein. Sie sind so einzubauen und zu befestigen, dass übermäßige Schwingungen verhindert werden und dass sie den Belastungen standhalten, die sich aus den Flugzuständen ergeben.

6. Ausrüstung und Einbauten

6.1. Elektrische Ausrüstung

Die eingebaute elektrische Ausrüstung muss den Anforderungen gemäß der Punkte 4.5.2. bis 4.5.7. entsprechen.

6.2. Ausrüstung für Antrieb

Die für den Antrieb notwendige Ausrüstung muss den Anforderungen des Punktes 5., soweit anwendbar, entsprechen.

6.3. Elektronische Stabilisierungseinrichtungen

a) Heck-(Gier)-Kreisel und

b) Zusätzliche elektronische Flug-Stabilisatoren (andere als Heck-Kreisel) müssen den Forderungen des Punktes 8.5. entsprechen.

6.4. Mindestausrüstung

Ladekontrollanzeige für Sender und Empfangsanlage, sowie ein Hauptschalter gemäß Punkt 4.6.8.

7. Betriebsgrenzen und Informationen

7.1. Allgemeines

Die Betriebsgrenzen sowie alle anderen Angaben, die den Modell-Hubschrauber/ Gyrocopter kennzeichnen und für den sicheren Betrieb des Flugmodells notwendig sind müssen dokumentiert sein.

7.2. Flughandbuch

Mindestens folgende Angaben müssen im Flughandbuch vorhanden sein (Details siehe AMC 7.2):

- 7.2.1. Allgemeines
- 7.2.2. Betriebsgrenzen
- 7.2.3. Notverfahren (z. B. Ausfall des Antriebs und/ oder Heckrotors)
- 7.2.4. Normale Betriebsverfahren
- 7.2.5. Flugleistungen
- 7.2.6. Massen und Schwerpunkt
- 7.2.7. Systembeschreibung

7.3. Wartungshandbuch (siehe auch AMC 7.3)

Das Wartungshandbuch muss alle Angaben hinsichtlich der Pflege, Kontrolle, Instandhaltung und Wartung des Flugmodells und seiner Komponenten enthalten, die zur Aufrechterhaltung der Lufttüchtigkeit erforderlich sind.

7.4. Betriebsaufzeichnungen

Die Dokumentation über durchgeführte Flüge, Instandsetzungsarbeiten und Wartungen erfolgt mittels eines Bordbuchs in Anlehnung eines in der allgemeinen Luftfahrt üblichen Bordbuchs.

8. Fernsteuerungsanlage (Funkanlage)

8.1. Allgemeines

Die Fernsteuerungsanlage muss für das Modell geeignet sein. Es dürfen nur Funkanlagen verwendet werden, die den geltenden Vorschriften der obersten Fernmeldebehörde entsprechen. Bei dem Betrieb dieser Funkanlagen sind die geltenden Verfügungen der obersten Fernmeldebehörde zu beachten.

Die Echtzeit-Steuerung durch die Fernsteuerungsanlage (Funkanlage) muss über die Steuerknüppel-Proportionalsteuerung jederzeit gegeben sein. Der Modell-Hubschrauber muss den Steuerknüppel-Signalen in jedem Betriebszustand (außer Funkausfall) folgen.

Stabilisierungsvorrichtungen sind zulässig, sofern sie dieses Kriterium erfüllen.

8.2. Schwingungen

Empfänger und Rudermaschinen müssen vibrationsgeschützt eingebaut sein.

8.3. Antenne(n)

Die modellseitige Antenne(n) muss (müssen) so positioniert sein, dass eine störungsfreie Signalübertragung aus jeder Richtung gewährleistet ist. Die Verlegung und Befestigung muss in sicherer Art ausgeführt sein und den Vorgaben des Herstellers entsprechen.

8.4. Reichweitentest

Der Reichweitentest ist gemäß Angaben des Fernsteuerungsherstellers durchzuführen. Wegen der Störunterdrückung (hold) soll beim Reichweitentest eine definierte Steuer-Aktion fortlaufend wiederholt werden. Bei Vorhandensein oder möglichem Ausrüsten mit einer der folgenden Einrichtungen:

- Funksender (Telemetrie, Video etc.)
- Weitere Funkempfänger (Daten-Uplink)
- GPS-Empfänger

ist der durchgeführte Reichweitentest ein zweites Mal mit allen laufenden Einrichtungen (und ggf. gleichzeitig mit laufendem Antrieb) durchzuführen.

8.5. Elektronische Stabilisierungseinrichtungen

a) Heck-(Gier)-Kreisel

Zulässig sind nur Geräte die dem Stand der Technik entsprechen und für den Flugmodellbau vorgesehen oder Luftfahrt geprüft sind. Die Kreisel-Empfindlichkeit muss am Sender einstellbar sein. Eine sichere Befestigung des Sensors ist vorzunehmen.

b) Zusätzliche elektronische Flug-Stabilisatoren (andere als Heck-Kreisel) sind als zusätzliche Sicherheit zulässig. Die Flugstabilisierungsvorrichtung muss zumindest folgendes erfüllen:

- Jeder gewählte Betriebszustand der Stabilisier-Einrichtung muss jederzeit von der Sendeanlage abschaltbar sein, sodass die manuelle Steuerbarkeit in Echtzeit durch (Knüppel-)Proportional-Steuerung wieder herstellbar ist.
- Eine von einer optischen Horizontlinie abhängige Steuerung, auch als Failsafe, ist nicht zulässig.

ANHANG A

Annehmbare Nachweisverfahren (AMC)

- AMC 3.1.1. Erläuterungen:
Die Fallversuche (Drop Tests) sind auf ebenen Hartbelagsuntergründen oder auf kurz gemähten Grasoberflächen durchzuführen.
(1) Der Falltest kann auch am abgenommenen Landegestell aus 12cm Höhe durchgeführt werden. Dabei ist eine Ersatzmasse auf dem Landegestell anzubringen, die der maximal zulässigen Startmasse des Hubschraubers (abzüglich der Masse des Landegestells) entspricht
(2) Es kann auch durch Berechnung nachgewiesen werden, dass das Landegestell imstande ist, die Lasten sicher aufzunehmen, die sich aus der geforderten Fallhöhe von 12cm ergeben.“

- AMC 4.6.2. Der erforderliche Querschnitt der Kabel muss mindestens die Größe des errechneten Querschnitts aufweisen.
Berechnung d. erforderlichen Kabelquerschnitts:

Querschnittsfläche $A = \frac{I \cdot \rho \cdot 2 \cdot L}{U_v}$

I = Maximale Stromstärke in Ampere

ρ = Spezifischer Widerstand von Kupfer $0,0172 \Omega \text{ mm}^2 / \text{m}$

$2 \cdot L$ = Benötigte Kabellänge (zweiadrig - hin und zurück)

U_v = Angenommener zulässiger Spannungsverlust z. B. 0,5 V.

(zulässig zwischen 3 % bis 5 %, Angabe in Volt); $U_v = R \cdot I$

AMC 7.2.

AMC 7.2.1. Allgemeines

- Dreiseitenansicht mit Abmaßen
- Kurzbeschreibung
- Beschreibung des Antriebs
 - Antriebsart, Leistung
 - Tankinhalt und Betriebszeit bis zum Erreichen der Reservemenge
 - Art des Treibstoffs / Schmierstoffs
 - Kapazität des Antriebsakkus und Nennspannung
 - Kapazität und Nennspannung der Stromversorgung für Empfangsanlage und Servos

AMC 7.2.2. Betriebsgrenzen

- Belastungsgrenzen – zulässige Lastvielfache
- Höchstzulässige Startmasse
- zulässiger Bereich der Schwerpunktlage
- zulässige maximale Drehzahlgrenzen des(r) Motors(e)
- zulässige maximale Drehzahlgrenzen des(r) Rotors(en)
- maximal zulässige Fluggeschwindigkeit
- Zugelassene Flugmanöver

- AMC 7.2.3. Notverfahren
- vor dem Start (beim Starten des Motors und Rollen, soweit anwendbar)
 - im Startvorgang
 - im Reiseflug
 - Wiederherstellung eines normalen Flugzustands (Recovery)
 - bei Landeanflug und Landung
- AMC 7.2.4. Normale Betriebsverfahren
- Vorflugkontrolle (Checkliste)
 - Triebwerksstart
 - Rollen
 - Vorabflugkontrolle (Checks unmittelbar vor Start)
 - Abheben und Steigflug
 - Verfahren im Reiseflug und bei Manövern
 - Landeanflug und Landung
 - Abstellen des Triebwerks und Kontrolle nach Landung
- AMC 7.2.5. Flugleistungen
- Minimaler Raum, der einen sicheren Start, Flug und Landung ermöglicht
 - Startstrecke (bei Gyrocopter)
 - Landestrecke (bei Gyrocopter)
- AMC 7.2.6. Massen und Schwerpunkt
- aktuelle Leermasse
 - aktueller Leermassenschwerpunkt
 - Beladungsplan
 - Ausrüstungsliste
- AMC 7.2.2. Systembeschreibung
- elektrisches System
 - pneumatisches oder hydraulisches System (soweit vorhanden)
 - Kraftstoffsystem (soweit vorhanden)
 - Stromversorgungssystem für Antrieb (soweit vorhanden)