

Bekanntmachung von Lufttüchtigkeitsforderungen für ferngesteuerte Modell-Hubschrauber ¹

LTF-FM-H

vom

26.02.2025

Nachstehend gibt das Luftfahrt-Bundesamt
Lufttüchtigkeitsforderungen
für
ferngesteuerte Modell-Hubschrauber mit einer höchstzulässigen Startmasse von mehr als 25
kg und bis zu 150 kg bekannt.

Braunschweig, den 26.02.2025

Az: T323-050801-LTF-FM-H-2025

Luftfahrt-Bundesamt

Im Auftrag

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)

Inhaltsverzeichnis

INHALTSVERZEICHNIS.....	2
0 ÄNDERUNGSVERZEICHNIS.....	6
1 GELTUNGSBEREICH.....	7
1.1 ALLGEMEINES.....	7
2 BETRIEBSVERHALTEN.....	7
2.1 ALLGEMEINES.....	7
2.1.1 STEUERBARKEIT.....	7
2.1.2 NACHWEISMETHODEN.....	7
2.1.3 UMFANG DER NACHWEISE.....	7
2.2 GRENZEN DER LASTVERTEILUNG.....	7
2.3 MASSENGRENZEN.....	7
2.3.1 HÖCHSTZULÄSSIGE STARTMASSE.....	7
2.3.2 LEERMASSE.....	7
2.4 BODENVERSUCHE.....	8
2.4.1 SCHWERPUNKTLAGE.....	8
2.4.2 NACHGIEBIGKEIT DER STEUERUNG.....	8
2.4.3 FUNKTIONSVERSUCHE.....	8
2.5 ROTORBLÄTTER HAUPTROTOR UND HECKROTOR.....	8
2.5.1 ALLGEMEINES.....	8
2.5.2 EIGNUNG.....	8
2.5.3 BETRIEBSVERHALTEN.....	8
2.5.4 SICHERUNG.....	8
2.5.5 SCHWINGUNGEN.....	8
2.5.6 BELASTUNGSGRENZEN.....	9
2.5.7 ZULÄSSIGE BLATTGESCHWINDIGKEIT.....	9
2.5.8 KOLLISIONS-SICHERHEIT HAUPTROTOR.....	9
2.5.9 SONSTIGE BETRIEBSEINRICHTUNGEN.....	9
2.6 FLUGVERSUCHE.....	9

2.6.1	STEIGLEISTUNG.....	9
2.6.2	SENKRECHTES ABSINKEN UND ABFANGEN.....	9
2.6.3	STEUERBARKEIT.....	10
2.6.4	SCHNELLFLUG.....	10
2.6.5	FLATTERN.....	10
2.6.6	ABFANGEN AUS HORIZONTALFLUG.....	10
2.6.7	LANDUNG.....	10
3	<u>FESTIGKEIT.....</u>	10
3.1	LASTEN.....	10
3.1.1	SICHERHEITSAZHL.....	10
3.1.2	NACHWEIS DER FESTIGKEIT.....	11
3.1.3	FLUGVERSUCHE.....	11
3.1.4	BAUTEILVERSUCHE.....	11
3.1.5	STEUERUNG.....	11
3.1.6	ROTORKOPFANLENKUNG.....	11
3.1.7	STEUERWEGE.....	12
3.1.8	FESTIGKEIT UND ELASTIZITÄT HAUPTROTOR (BLATTHALTER UND BLÄTTER).....	12
3.1.9	TRIEBWERKSBEFESTIGUNG.....	12
3.1.10	FESTIGKEIT LANDEGESTELL / FAHRWERK.....	12
3.1.11	SONSTIGE EINBAUTEN (Z.B. KRAFTSTOFFBEHÄLTER UND AKKUS).....	12
4	<u>TRIEBWERKSANLAGE.....</u>	12
4.1	BEMESSUNG.....	12
4.1.1	ELEKTROANTRIEB.....	12
4.1.2	TRIEBWERK.....	12
4.1.3	KÜHLUNG.....	12
4.2	GESTALTUNG.....	13
4.3	BRANDVERHÜTUNG.....	13
4.4	SCHWINGUNGEN.....	13
4.5	ZÜNDANLAGE.....	13
4.6	SCHMIERSTOFFANLAGE.....	13
4.7	BETRIEBSVERHALTEN.....	13
4.8	ABGASANLAGE.....	13

4.9	ABSTELLEN DER TRIEBWERKSANLAGE.....	13
4.10	GEGENSEITIGE BEEINFLUSSUNG DER MOTOREN.....	13
4.11	KRAFTSTOFFANLAGE.....	14
4.12	INHALT KRAFTSTOFFBEHÄLTER / ANTRIEBSAKKUS / FLUGZEIT.....	14
4.13	KRAFTSTOFFBEHÄLTER.....	14
4.14	SIEBE UND FILTER.....	14
4.15	LEITUNGEN UND SCHLÄUCHE.....	14
5	<u>ELEKTRISCHE ANLAGE.....</u>	14
5.1	UNTERLAGEN.....	14
5.2	BELASTBARKEIT.....	14
5.3	VERBINDUNGEN.....	14
5.4	ENERGIEVERSORGUNG.....	15
5.5	ZUSATZFUNKTIONEN.....	15
5.6	DRÄHTE UND LEITUNGEN.....	15
5.7	HAUPTSCHALTER.....	15
6	<u>FERNSTEUERUNGSANLAGE.....</u>	15
6.1	ALLGEMEINES.....	15
6.2	SCHWINGUNGEN.....	15
6.3	ANTENNE.....	15
6.4	REICHWEITENTEST.....	16
6.5	ELEKTRONISCHE STABILISIERUNG (KREISELSYSTEME).....	16
6.6	AUSFALL DER FUNKVERBINDUNG.....	16
7	<u>GESTALTUNG UND BAUAUSFÜHRUNG.....</u>	16
7.1	ALLGEMEINES.....	16
7.2	HERSTELLUNGSVERFAHREN.....	16
7.3	ELEKTRISCHE ÜBERBRÜCKUNG.....	16
7.4	VORKEHRUNGEN ZUR ÜBERPRÜFUNG.....	16
8	<u>LÄRM.....</u>	17
9	<u>MINDESTAUSRÜSTUNG.....</u>	17

10	<u>ANWEISUNG FÜR BETRIEB UND INSTANDHALTUNG.....</u>	<u>17</u>
10.1	FLUGHANDBUCH.....	17
10.2	BETRIBSAUFZEICHNUNGEN.....	17

0 Änderungsverzeichnis

Im Vergleich zur vorherigen Ausgabe der Lufttüchtigkeitsforderungen für ferngesteuerte Modell-Hubschrauber vom 02.03.2011 (NfL II-22/11) wurden neben redaktionellen Änderungen folgende Änderungen vorgenommen:

Nummerierung alt	Nummerierung neu	Änderung
1.1	1.1	Ergänzung Definition Modell-Hubschrauber
2.4.2	2.5.2	Festlegung der Nachweiskraft durch zuständige Stelle
2.4.3	2.4.3	Entfall Reichweitentest
2.5.8	2.6.7	Verschoben
3.1.2	3.1.2	Entfall Herstellerzertifikat
3.1.3	3.1.3	Definition Flugnachweise mit Datenaufzeichnung
3.1.6	3.1.6	Konkretisierung Art der Prüfung
3.1.7	-	Entfallen
3.1.11	3.1.11	Definition statischer Prüflast
4.3	4.3	Ergänzung elektrische Antriebe
4.9	4.9	Ergänzung „jederzeit“
4.12	4.12	Ermittlung und Festlegung der sicheren Flugzeit
5.3	5.3	Ergänzung Klemmkraft statt Sicherung
5.4	5.4	Ergänzung Kapazität und Belastbarkeit Akkus
5.5	-	Entfallen
5.7	5.6	Ergänzung Schutz gegen Scheuern und Knicken
6.1	6.1	Ergänzung Redundanz
6.3	6.3	Konkretisierung
6.4	-	Entfallen
-	6.6	Ausfallsicherheit der Funkverbindung
9	9	Gleitender Verweis auf aktuelle Lärmvorschrift

1 Geltungsbereich

1.1 Allgemeines

Diese Lufttüchtigkeitsforderungen gelten für Flugmodelle nach § 1 Abs. 1 Nr. 8 LuftVZO Kategorie Modell-Hubschrauber (unbemannte Luftfahrzeuge, die in Sichtweite des Steuerers ausschließlich zum Zweck des Sports oder der Freizeitgestaltung betrieben werden), mit einer höchstzulässigen Startmasse von mehr als 25 kg und bis zu 150 kg.

2 Betriebsverhalten

2.1 Allgemeines

2.1.1 Steuerbarkeit

Der Modell-Hubschrauber muss sicher steuerbar und ausreichend wendig sein

- a) beim Start,
- b) im Fluge (Einschließlich Steigflug, Horizontalflug und Sinkflug) und
- c) bei der Landung.

2.1.2 Nachweismethoden

Der Nachweis, dass der Modell-Hubschrauber den in diesem Abschnitt festgelegten Forderungen entspricht, ist durch Bodenprüfläufe und geeignete Flugversuche 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 Bereiches der Beladungszustände, für die die Zulassung beantragt wird, nachgewiesen werden. Der Nachweis ist für alle Zustandsformen (z.B. Kameraausrüstung, Lastentransport etc.), in denen der Modell-Hubschrauber betrieben werden soll zu erbringen.

2.2 Grenzen der Lastverteilung

Die Gewichts- und Schwerpunktbereiche, innerhalb derer der Modell-Hubschrauber sicher betrieben werden kann, müssen in den Betriebsunterlagen festgelegt werden.

2.3 Massengrenzen

2.3.1 Höchstzulässige Startmasse

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

2.3.2 Leermasse

Die Leermasse ist das Gewicht des Modell-Hubschraubers mit dem festeingebauten Ballast und der festgelegten Ausrüstung. Diese Leermasse muss so definiert sein, dass sie jederzeit wiederhergestellt und zur Schwerpunktbestimmung benutzt werden kann. Kraftstoff wird als Zuladung betrachtet.

2.4 Bodenversuche

2.4.1 Schwerpunktlage

Mit der unter 2.3.2 festgelegten Leermasse ist die zugehörige Leermassen-Schwerpunktlage zu ermitteln. Der Leermassenschwerpunkt ist entsprechend zu Kennzeichen (z.B. durch rot markierte Schrauben, Kreise, Schwerpunktmarken), so dass der Modell-Hubschrauber jederzeit nachgetrimmt werden kann.

2.4.2 Nachgiebigkeit der Steuerung

Die Nachgiebigkeit der Steuerung des Hauptrotors und Heckrotors ist so gering wie möglich zu halten. Bei Blockade der Neigung eines Hauptrotorblatts darf sich die Neigung des freien Rotorblatts um nicht mehr als 2° ändern. Die Überprüfung erfolgt nach Maßgabe der zuständigen Stelle durch händisches Verdrehen eines Hauptrotorbatts bei minimaler und maximaler Auslenkung der Taumelscheibe und bei Rotorblattstellung 90° , 180° , 270° und 360° .

2.4.3 Funktionsversuche

Vor Beginn der Flugversuche müssen alle Bodenfunktionsversuche durchgeführt sein.

2.5 Rotorblätter Hauptrotor und Heckrotor

2.5.1 Allgemeines

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

2.5.2 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 gleichen Massenschwerpunkt aufweisen.

2.5.3 Betriebsverhalten

Der Antragsteller hat in einem Funktionslauf gemäß 2.4.3 nachzuweisen, dass die Rotoren und deren Zubehörteile einwandfrei arbeiten.

2.5.4 Sicherung

Sämtliche feste und bewegliche Verbindungselemente des Rotorkopfes, der Rotoren und dessen Steuerung müssen ausreichend gesichert sein (z.B. durch selbstsichernde Schrauben, Sicherungslack usw.).

2.5.5 Schwingungen

- a) die Größe der Schwingungsbeanspruchung der Rotorblätter unter normalen Betriebsbedingungen darf den Dauerbetrieb des Modellhubschraubers nicht gefährden.
- b) Sämtliche Bauteile des Hubschraubers müssen fest und steif genug sein, um Einflüssen von induzierten Schwingungen standzuhalten.

2.5.6 Belastungsgrenzen

Für sämtliche funktionalen Bestandteile von Haupt-/ und Heckrotor und deren Kraftübertragung (insbesondere Transmission zum Heckrotor) sind Belastungsgrenzen nachzuweisen. Deren Einhaltung ist bei den jeweils maximal erreichbaren Drehzahlen zu überprüfen.

Die Rotoren sind auf ihre Ausschlaggröße und Richtung zu überprüfen. Die sinngemäße Zuordnung der Steuerausschläge zu den Bedienhebeln der Fernsteuerungsanlage muss gewährleistet sein.

2.5.7 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 Herstellerangaben überschreiten.

$$d_{RO} \times \pi \times \frac{(n_{RO} + 20\%) }{60}$$

(Hinzu addiert werden muss noch die Fluggeschwindigkeit in m/s)

2.5.8 Kollisions-Sicherheit Hauptrotor

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

2.5.9 Sonstige Betriebseinrichtungen

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

2.6 Flugversuche

2.6.1 Steigleistung

Die im Schwebeflug erreichte Tragkraft soll bei maximaler Startmasse eine ausreichende Sicherheitsreserve beinhalten. Hierzu muss der Modell-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 Modell-Hubschrauber zügig in den Steigflug übergehen. Bei diesem Manöver darf der maximale Anstellwinkel (max. Pitch) nicht erreicht werden.

2.6.2 Senkrechtes Absinken und Abfangen

Aus einer sicheren Schwebeflughöhe außerhalb des Bodeneffekts muss der Hubschrauber zügig senkrecht bis auf eine sicher Abfanghöhe sinken und dort abgefangen werden. Hierbei sollte der maximale Anstellwinkel (max. Pitch) nicht erreicht werden.

2.6.3 Steuerbarkeit

Es muss möglich sein, ausreichend notwendige Kursänderungen in alle Richtungen und Achsen vornehmen zu können. Der Heckrotor muss in der Lage sein, dass 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)

2.6.4 Schnellflug

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

2.6.5 Flattern

Flattern der Rotoren darf in allen zugelassenen Betriebsbereichen nicht auftreten.

2.6.6 Abfangen aus Horizontalflug

Nach Erreichen der maximalen Horizontalfluggeschwindigkeit 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.

2.6.7 Landung

Der Steuerer hat mehrere Landeanflüge bis zur Erfüllung aller Punkte der Lufttüchtigkeitsforderung durchzuführen. Die Anzahl bestimmt der Prüfer. Hierbei ist auf eine kontinuierliche Verringerung von Geschwindigkeit und Höhe zu achten. Die Landeanflüge werden in Schwebeflughöhe beendet, sowie bis zum Boden durchgeführt. Der Absetzpunkt wird zuvor vom Steuerer bestimmt.

3 Festigkeit

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 unter 3.1.1 aufgeführten Sicherheitszahl) festgelegt. Wenn nicht anders angegeben, sind die festgelegten Lasten „sichere Lasten“.

3.1.1 Sicherheitszahl

Als Sicherheitszahl j muss 1,5 eingesetzt werden, wenn kein anderer Wert angegeben ist.

Abweichend ist als Sicherheitszahl anzusetzen:

- | | |
|--|-----------|
| a) Rotorblattanschlüsse | $j = 3$ |
| b) Schlag- und Schwenkgelenke | $j = 3$ |
| c) Blatthaltebolzen | $j = 3$ |
| d) Sämtliche Steuerstangen Haupt und Heckrotor | $j = 4,5$ |

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 $[N]$:

$$F_{zF} = \frac{1}{2} \times m \times d_{ROM} \left(\frac{\pi \times n_{Ro max}}{30} \right)^2$$

F_{zF} = Zentrifugalkraft $[N]$

m = Masse Rotorblatt $[kg]$

d_{ROM} = Durchmesser Rotor Masseschwerpunkt $[m]$

$n_{Ro max}$ = max. Rotordrehzahl $[U/min]$ incl. 20% Zuschlag für AR-Drehzahlerhöhung

3.1.3 Flugversuche

Der Nachweis ausreichender Festigkeit ist durch 3 Flugversuche mittels elektronischer Datenaufzeichnung (Datenlogger) zu erfassen bzw. zu erbringen.

Erfasst werden:

- a) Lastvielfaches der 3 Achsen
 - Längsachse (rollen)
 - Hochachse (gieren)
 - Querachse (nicken)
- b) maximale Fluggeschwindigkeit

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

3.1.4 Bauteilversuche

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

3.1.5 Steuerung

Steuergestänge, deren Verbindungsglieder und die Befestigung von Steuerungselementen (Servos und dergleichen) sind so auszulegen, dass die auftretenden Momente / Kräfte, z.B. aus den Servos, mit der unter 3.1.1 ausgewiesenen 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 Rotorkopfanlenkung

Die Anlenkung muss die Stellkraft aller beteiligten Servos sicher aushalten, ohne dass Schubstangen etc. herausspringen oder Einstellungen dauerhaft verstellt werden. Die Prüfung hat durch eine Blockade von Neigung zweier Rotorblätter zu erfolgen.

3.1.7 Steuerwege

Bei Vollausschlag aller Funktionen, auch gleichzeitig für Pitch, Nick, und Roll, darf die Mechanik nicht auf Anschlag laufen.

3.1.8 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.

3.1.9 Triebwerksbefestigung

Der Triebwerksträger und seine Aufhängung müssen so bemessen sein, dass sie allen Beschleunigungen aus dem Flugbetrieb ertragen können. Der Nachweis ist durch Flugversuche zu erbringen.

3.1.10 Festigkeit Landegestell / Fahrwerk

Die Festigkeit des Landegestells / Fahrwerks ist für ein sicheres Lastvielfaches von 3 der maximalen Startmasse nachzuweisen. Der Nachweis kann erfolgen durch:

- a) Berechnung mit Sicherheitszahl $j = 1,5$
- b) Bauteilversuch mit Sicherheitszahl $j = 1$
- c) Erfahrungen mit technisch gleichen Konstruktionen (z.B. bei Bausätzen oder bestehenden identischen Modellhubschraubern)

3.1.11 Sonstige Einbauten (z.B. Kraftstoffbehälter und Akkus)

Die Halterung für sonstige Einbauten sind so zu bemessen, dass sie die auftretenden Beschleunigungen gemäß 3.1.3 ohne zu versagen aufnehmen können.

4 Triebwerksanlage

4.1 Bemessung

Die Triebwerksanlage muss in Bezug auf die Leistung ausreichend bemessen sein. Die Drehzahl darf auch bei maximalem Anstellwinkel der Rotorblätter nicht zusammenbrechen.

Die verwendete Kupplung und / oder Freilauf müssen für die maximal zu erwartenden Drehzahlen und Drehmomente geeignet und ausreichend dimensioniert sein.

4.1.1 Elektroantrieb

Elektromotoren sind sorgfältig zu entstören. Die Stromleitungen zu den Motoren müssen einen genügenden Querschnitt aufweisen, um starkes erwärmen zu vermeiden.

4.1.2 Triebwerk

Es dürfen nur Triebwerke mit gutem Laufverhalten verwendet werden. Im eingebauten Zustand müssen die Triebwerke für die Wartung leicht zugänglich sein.

4.1.3 Kühlung

Der Kühlung ist in jeden Fall ausreichende Beachtung zu schenken. Beim Einsatz von taktgesteuerten Motoren ist durch leistungsfähige Lüfterräder eine ausreichende Kühlung sicherzustellen. Elektronische Regler dürfen im gesamten Betriebsbereich die höchstzulässige Betriebstemperatur des Antriebs nicht überschreiten.

4.2 Gestaltung

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

4.3 Brandverhütung

Durch eine entsprechende Gestaltung und Bauausführung des gesamten Antriebs und der Zuleitungen und die Wahl geeigneter Werkstoffe ist die Wahrscheinlichkeit auftretender Brände so gering wie möglich zu halten (dickwandige Kraftstoffschläuche und Absperrventile). Gleiches gilt für strombelastete Kabel, insbesondere bei elektrischen Antrieben.

4.4 Schwingungen

Der Antrieb darf im normalen Betriebsbereich keine kritischen Schwingungen erzeugen, die die Zelle übermäßig beanspruchen (z.B. 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.

4.5 Zündanlage

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

4.6 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.

4.7 Betriebsverhalten

Die Prüfung des Betriebsverhaltens muss alle Versuche umfassen, die notwendig sind, das Verhalten des Antriebs z.B. beim Anlassen, Leerlauf, Teillast und maximaler Drehzahl zu zeigen.

4.8 Abgasanlage

Bei der Installation der Abgasanlage ist die Hitzeabstrahlung zu berücksichtigen.

4.9 Abstellen der Triebwerksanlage

Es muss gewährleistet sein, dass die Triebwerksanlage jederzeit mittels der Fernsteuerungsanlage abgestellt werden kann.

4.10 Gegenseitige Beeinflussung der Motoren

Motoren müssen so angeordnet und voneinander getrennt sein, dass das Versagen oder fehlerhafte Arbeiten irgendeines Motors oder irgendeiner Anlage, die dem Motor beeinflussen kann, nicht den dauernden, sicheren Betrieb der übrigen Motoren beeinträchtigt. Mehrere Elektromotoren müssen in mindestens zwei getrennten Einheiten geregelt werden.

4.11 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.

4.12 Inhalt Kraftstoffbehälter / Antriebsakkus / Flugzeit

Aus dem Inhalt des Kraftstoffbehälters und dem Kraftstoffverbrauch des Antriebs bei Vollast ist die sichere Flugzeit zu errechnen. Aus Sicherheitsgründen ist eine Reserve in Höhe von 20% der errechneten sicheren Flugzeit in Abzug zu bringen.

(Errechnete sichere Flugzeit – 20% Reserve = anzugebende Flugzeit)

Bei Elektroantrieben ist aus der Akkukapazität und der maximalen Stromaufnahme des Antriebs die sichere Flugzeit zu errechnen. Aus Sicherheitsgründen ist eine Reserve in Höhe von 20% der errechneten sicheren Flugzeit in Abzug zu bringen.

(Errechnete sichere Flugzeit – 20% Reserve = anzugebende Flugzeit)

4.13 Kraftstoffbehälter

- a) Kraftstoffbehälter müssen in der Lage sein, ohne Versagen den Schwingungs-/ Trägheits-/ Flüssigkeitsbelastungen und den Beschleunigungen, denen sie im Betrieb ausgesetzt sein können, standzuhalten, und sie müssen für die besondere Anwendung geeignet sein.
- b) Bei flexiblen Kraftstoffbehältern muss nachgewiesen sein, dass sie für die besondere Anwendung geeignet sind.

4.14 Siebe und Filter

Zwischen Kraftstoffbehälter und Triebwerk ist an geeigneter zugänglicher Stelle in der Kraftstoffleitung ein Sieb / Filter vorzusehen.

4.15 Leitungen und Schläuche

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

5 Elektrische Anlage

5.1 Unterlagen

Für die gesamte modellseitige, elektrische Anlage ist eine Systemübersicht mit Stückliste zu erstellen, in der z.B. Art und Querschnitte der verwendeten Kabel und Leitungen angegeben sind. Diese Unterlagen sind in das Betriebshandbuch aufzunehmen.

5.2 Belastbarkeit

Die maximale Belastbarkeit der Kabel und Leitungen darf nicht überschritten werden.

5.3 Verbindungen

Als Kabelverbindung bzw. Anschluss sind wegen eventuell auftretender Schwingungen nur Steck und Klemmverbindungen zulässig. Auf ausreichende Klemmkraft ist zu achten.

5.4 Energieversorgung

Die Art der verwendeten Akkus muss für den Verwendungszweck geeignet sein. Es ist insbesondere auf die Strombelastbarkeit und Kapazität der Akkus zu achten. Die Empfangsanlage muss von zwei unabhängigen Akkus betrieben werden. Durch eine geeignete Einrichtung muss der sichere Betrieb gewährleistet sein.

5.5 Zusatzfunktionen

Zusatzfunktionen, wie z.B. Beleuchtung usw., sind an eine gesonderte Stromversorgung anzuschließen.

5.6 Drähte und Leitungen

Die elektrischen Leitungen müssen aus flexiblen Drähten bestehen und für den speziellen Verwendungszweck geeignet sein, sowie in Bündeln verlegt werden. Die Befestigungen sind so auszulegen, dass die Leitungen weder durchhängen noch an anderen Bauteilen scheuern. Auf einen geeigneten Knickschutz ist zu achten.

5.7 Hauptschalter

Für die modellseitige Anlage ist ein Hauptschalter vorzusehen.

6 Fernsteuerungsanlage

6.1 Allgemeines

Es dürfen nur Funkanlagen verwendet werden, die den geltenden Vorschriften der Bundesnetzagentur entsprechen. Bei dem Betrieb dieser Funkanlagen sind die geltenden Vorschriften der Bundesnetzagentur zu beachten.

Bei der Auswahl und dem Einbau der Fernsteuerung dürfen keine Eigenschaften bekannt sein, die den sicheren Betrieb beeinträchtigen. Die gesamte Fernsteuerungsanlage und die zugehörigen sonstigen Einrichtungen müssen so gestaltet sein, dass jede Art von Versagen, sei es durch technischen Defekt, Verschleiß oder Alterung, der Gesamtanlage oder Teilen davon, das nicht von vornherein als unwahrscheinlich eingestuft werden kann, weder der Modell-Hubschrauber noch den Steuerer oder Dritte gefährden kann. Gegebenenfalls sind einzelne Bauteile oder Funktionen redundant auszuführen. Die Empfangsanlage ist in jedem Fall redundant auszuführen.

6.2 Schwingungen

Empfänger und Rudermaschinen müssen vibrationsgeschützt eingebaut werden.

6.3 Antenne

Der Verlegung der Antennen ist besondere Aufmerksamkeit zu widmen. Im Zuge der Weiterentwicklung der Empfangsanlagen, insbesondere im Hinblick auf erforderliche Redundanz, kommen mehrere Antennen zum Einsatz.

Bei abschirmenden Werkstoffen wie z.B. Kohlefaserverbundwerkstoffen, Aluminiumbedampfte Bespann-Materialien usw. sind die Antennen zwingend nach außen zu führen.

6.4 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 möglicher Ausrüstung 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 laufendem Antrieb) durchzuführen.

6.5 Elektronische Stabilisierung (Kreiselsysteme)

Zulässig sind nur Geräte die dem Stand der Technik entsprechen und für den Flugmodellbau vorgesehen sind. Die Kreiselempfindlichkeit der einzelnen Achsen,

- Längsachse (rollen)
- Hochachse (gieren)
- Querachse (nicken)

müssen vom Sender aus einstellbar und abschaltbar sein.

Eine sichere Befestigung des Kreiselsystems ist vorzunehmen.

6.6 Ausfall der Funkverbindung

Bei Ausfall der Funkverbindung muss der Modell-Hubschrauber automatisch eine mit der zuständigen Stelle abgestimmte Konfiguration annehmen. Diese ist in den Betriebsunterlagen zu dokumentieren.

7 Gestaltung und Bauausführung

7.1 Allgemeines

Modell-Hubschrauber müssen an einer geeigneten Stelle (außen oder innen) mit einer EU-Registrierung (e-ID) und dem Zulassungskennzeichen gekennzeichnet werden.

7.2 Herstellungsverfahren

Die angewendeten Herstellungsverfahren müssen durchgehend einwandfreie Festigkeitsverbände ergeben.

7.3 Elektrische Überbrückung

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

7.4 Vorkehrungen zur Überprüfung

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

8 Lärm

Der Antragsteller hat ein Lärm-Messprotokoll vorzulegen, das unter den Messbedingungen der vom Luftfahrt-Bundesamt aktuellen veröffentlichten Lärmvorschrift für Luftfahrzeuge (LVL) erstellt wurde.

9 Mindestausrüstung

Ladekontrollanzeige für Sender und Empfangsanlage.

10 Anweisung für Betrieb und Instandhaltung

10.1 Flughandbuch

Die Betriebsgrenzen sowie alle anderen Angaben, die den Modell-Hubschrauber kennzeichnen und für den sicheren Betrieb des Modell-Hubschraubers notwendig sind, müssen im Flughandbuch aufgeführt sein.

Mindestens folgende Angaben müssen im Flughandbuch enthalten sein:

- Dreiseitenansicht mit Abmaßen
- Kurzbeschreibung des Modell-Hubschraubers
- Höchstzulässige Startmasse
- Leermasse
- Zulässige beladungszustände, Gewichts- und Schwerpunktbereiche
- Maximale Vorwärtsgeschwindigkeit
- Minimalen Raum, der einen sicheren Start, Flug und Landung ermöglicht
- Angabe über die Triebwerksanlage (Art des Triebwerks, Leistung, Drehzahl)
- Falls anwendbar, Angaben zum elektrischen Antrieb
- Drehzahlen sämtlicher Rotoren (und deren Grenzen- / max. Drehzahlen)
- Angaben über den Inhalt des Kraftstoffbehälters und Betriebszeit bis zum Erreichen der Reservemenge
- Betriebsstoff
- Check vor Flugbeginn
- Reichweitentest
- Start
- Flugbetrieb und zulässige Manöver
- Landung
- Check nach Beendigung des Fluges

10.2 Betriebsaufzeichnungen

Die Dokumentation der durchgeführten Flüge erfolgt mittels eines in der allgemeinen Luftfahrt üblichen Bordbuches.

Die Richtigkeit der Angaben bestätigt der Steuerer.