



**DFS** Deutsche Flugsicherung

# NACHRICHTEN FÜR LUFTFAHRER

59. JAHRGANG

LANGEN, 24. MÄRZ 2011

**NfL II** 23 / 11

**Bekanntmachung von Lufttüchtigkeitsforderungen  
für ferngesteuerte Modell-Hubschrauber mit einer höchstzulässigen Startmasse  
von mehr als 25 kg und bis zu 150 kg**



# **Bekanntmachung von Lufttüchtigkeitsforderungen für ferngesteuerte Modell-Hubschrauber mit einer höchstzulässigen Startmasse von mehr als 25 kg und bis zu 150 kg**

Nachstehend gibt das Luftfahrt-Bundesamt die gemeinsam mit dem Deutschen Aero Club e.V. und dem Deutschen Modellflieger Verband e.V. verfassten Lufttüchtigkeitsforderungen für die Prüfung und Musterzulassung von ferngesteuerten Modell-Hubschraubern mit einer höchstzulässigen Startmasse von mehr als 25 kg und bis zu 150 kg bekannt.

## **Inhalt**

### **1. Geltungsbereich**

#### 1.1 Allgemeines

### **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

##### 2.4.1 Schwerpunktlage

##### 2.4.2 Nachgiebigkeit der Steuerung

##### 2.4.3 Funktionsprüfungen

#### 2.5 Rotorblätter Hauptrotor und Heckrotor

##### 2.5.1 Allgemeines

##### 2.5.2 Eignung

##### 2.5.3 Betriebsverhalten

##### 2.5.4 Sicherung

##### 2.5.5 Schwingungen

##### 2.5.6 Belastungsgrenzen

##### 2.5.7 Zulässige Blattgeschwindigkeit

##### 2.5.8 Sonstige Betriebseinrichtungen

#### 2.6 Flugversuche / Prüfflüge

##### 2.6.1 Steigleistung

##### 2.6.2 Senkrechtes Absinken und Abfangen

##### 2.6.3 Steuerbarkeit

##### 2.6.4 Schnellflug

##### 2.6.5 Flattern

##### 2.6.6 Abfangen aus Horizontalgeschwindigkeit

##### 2.6.7 Kollisions-Sicherheit Hauptrotor

##### 2.6.8 Landungen

### **3. Festigkeit**

#### 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. Triebwerksanlage**

#### 4.1 Bemessung

- 4.1.1 Elektroantrieb
- 4.1.2 Verbrennungsmotore
- 4.1.3 Kühlung

#### 4.2 Gestaltung

- 4.3 Brandverhütung
- 4.4 Schwingungen
- 4.5 Zündanlage
- 4.6 Schmierstoffanlage
- 4.7 Betriebsverhalten
- 4.8 Auspuffanlage
- 4.9 Abstellen der Triebwerksanlage
- 4.10 Beeinflussung der Motoren untereinander
- 4.11 Kraftstoffanlage
- 4.12 Tankinhalt
- 4.13 Kraftstoffbehälter
- 4.14 Siebe und Filter
- 4.15 Leitungen und Schläuche

### **5. Elektrische Anlagen**

- 5.1 Unterlagen
- 5.2 Belastbarkeit
- 5.3 Verbindungen
- 5.4 Energieversorgung
- 5.5 Energiebilanz und Stromaufnahme
- 5.6 Zusatzfunktionen
- 5.7 Drähte und Leitungen
- 5.8 Hauptschalter

### **6. Fernsteuerungsanlage (Funkanlage)**

- 6.1 Allgemeines
- 6.2 Schwingungen
- 6.3 Antenne
- 6.4 Antennenführung

- 6.5 Reichweitentest
- 6.6 Elektronische Stabilisierung

**7. Gestaltung und Bauausführung**

- 7.1 Allgemeines
- 7.2 Herstellungsverfahren
- 7.3 Elektrische Überbrückung
- 7.4 Vorkehrungen zur Überprüfung

**8. Lärm**

**9. Mindestausrüstung**

**10. Anweisung für Betrieb und Instandhaltung**

- 10.1 Flughandbuch
- 10.2 Betriebsaufzeichnungen

## **1. Geltungsbereich**

### **1.1 Allgemeines**

Diese Richtlinien gelten für motorgetriebene, ferngesteuerte Modell-Hubschrauber 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 und zwar

- a) beim Start
- b) im Flug (insbesondere Steigflug, Horizontalflug, Schwebeflug und Sinkflug)
- 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 Abschnittes mit allen kritischen Kombinationen von Gewicht und Schwerpunktlagen innerhalb des Bereiches der Beladungszustände, für die die Zulassung gewünscht 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, in denen der Modell-Hubschrauber 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 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 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**

### **2.4.1 Schwerpunktlage**

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

### **2.4.2 Nachgiebigkeit der Steuerung**

Die Nachgiebigkeit der Steuerung ist so gering wie möglich, maximal jedoch  $2^\circ$  (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  $90^\circ$ ,  $180^\circ$ ,  $270^\circ$  und  $360^\circ$  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**

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.

## **2.5 Rotorblätter Hauptrotor und Heckrotor**

### **2.5.1 Allgemeines**

Rotorblätter dürfen keine Gestaltungsmerkmale aufweisen, die erfahrungsgemäß 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 den gleichen Masseschwerpunkt aufweisen.

### **2.5.3 Betriebsverhalten**

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

### **2.5.4 Sicherung**

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

### 2.5.5 Schwingungen

- a) Die Größe der Schwingungsbeanspruchung der Rotorblätter unter normalen Betriebsbedingungen darf den Dauerbetrieb des Modell-Hubschraubers 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 (insbes. Transmission zum Heckrotor) sind Belastungsgrenzen nachzuweisen. Deren Einhaltung ist bei den jeweils maximal erreichbaren Drehzahlen zu überprüfen.

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

**Blattspitzengeschwindigkeit [m/s]:**

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

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

### 2.5.8 Sonstige Betriebseinrichtungen

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

## 2.6 Flugversuche / Prüfflüge

### 2.6.1 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.

### 2.6.2 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.

### 2.6.3 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).

#### **2.6.4 Schnellflug**

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

#### **2.6.5 Flattern**

Flattern der Rotoren darf in allen zugelassenen Betriebsbereichen nicht auftreten.

#### **2.6.6 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.

#### **2.6.7 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.

#### **2.6.8 Landungen**

Der Steuerer hat mehrere Landeanflüge bis zur Erfüllung aller Punkte der Lufttüchtigkeitsforderungen 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 von dem 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 (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]:**

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

$F_{ZF}$  = Zentrifugalkraft [N]

$M$  = Masse Rotorblatt [kg]

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

$n_{ROMmax}$  = max. Rotordrehzahl U/min inkl. 20% Zuschlag für AR-Drehzahlerhöhung (s.a. 2.5.7)

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.

*Erläuterungen:*

- (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.“*

### **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. Triebwerksanlage**

### **4.1 Bemessung**

Die Triebwerksanlage muss in Bezug auf die Leistung ausreichend bemessen werden. Die Drehzahl darf 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.

#### **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 Verbrennungsmotore**

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

#### **4.1.3 Kühlung**

Der Kühlung ist in jedem 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 höchstzulässigen Betriebsparameter des Antriebs nicht überschreiten.

#### **4.2 Gestaltung**

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

#### **4.3 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.

#### **4.4 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.

#### **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, Übergang, Maximaldrehzahl usw. zu zeigen.

#### **4.8 Auspuffanlage**

Bei der Installation der Auspuffanlage ist die Hitzeabstrahlung zu berücksichtigen.

#### **4.9 Abstellen der Triebwerksanlage**

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

#### **4.10 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.

#### **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 Tankinhalt / Akkukapazität**

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

#### **4.13 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.

#### **4.14 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.

#### **4.15 Leitungen und Schläuche**

Kraftstoffleitungen und Schläuche müssen für die ihnen zugedachte 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.

### **5. Elektrische Anlagen**

#### **5.1 Unterlagen**

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.

#### **5.2 Belastbarkeit**

Die maximale Belastbarkeit der Leitungen darf nicht überschritten werden.

#### **5.3 Verbindungen**

Als Kabelverbindungen bzw. -anschlüsse sind wegen evtl. auftretender Schwingungen nur Steck- und Klemmverbindungen zulässig. Steckverbindungen sind zu sichern.

#### **5.4 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.

#### **5.5 Energiebilanz und Stromaufnahme**

Es ist eine Energiebilanz aufzustellen.

#### **5.6 Zusatzfunktionen**

Zusatzfunktionen wie Beleuchtung usw., sind an eine gesonderte Versorgung anzuschließen.

## **5.7 Drähte und Leitungen**

Die elektrischen Leitungen müssen aus flexiblen Drähten bestehen und in Bündeln verlegt werden.

## **5.8 Hauptschalter**

Für die modellseitige Anlage ist ein Hauptschalter direkt hinter den Stromquellen vorzusehen.

## **6. Fernsteuerungsanlage (Funkanlage)**

### **6.1 Allgemeines**

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

### **6.2 Schwingungen**

Empfänger und Rudermaschinen müssen vibrationsgeschützt eingebaut sein.

### **6.3 Antenne**

Die Länge muss genau den Angaben des Fernsteuerungsherstellers entsprechen.

### **6.4 Antennenführung**

Antennenkabel müssen gemäß der Herstellerangaben des Steuerungsherstellers verlegt sein.

### **6.5 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.

### **6.6 Elektronische Stabilisierungen**

#### 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) Diese sind als zusätzliche Sicherheit zulässig. Jede Flugstabilisierungsvorrichtung zusätzlich zum Heck-Kreisel muss zumindest folgendes erfüllen:
- Kein Betriebszustand der Stabilisier-Einrichtung darf die manuelle Steuerbarkeit in Echtzeit durch (Knüppel-)Proportional-Steuerung außer Kraft setzen
  - Eine von einer optischen Horizontlinie abhängige Steuerung, auch als Failsafe, ist nicht zulässig

## **7. Gestaltung und Bauausführung**

### **7.1 Allgemeines**

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

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

## **8. Lärm**

Die Lärmgrenzwerte für motorgetriebene Flugmodelle, entsprechend der jeweils anzuwendenden Fassung (Datum der Antragstellung der Musterzulassung) der Lärmvorschrift für Luftfahrzeuge (LVL), neunter Abschnitt, erstmals veröffentlicht in den NfL II-70/04, dürfen nicht überschritten werden.

## **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 vorhanden sein:

- Dreiseitenansicht mit Abmaßen
- Kurzbeschreibung
- Höchstzulässige Startmasse
- Leermasse
- Zulässige Beladungszustände, Gewichts- und Schwerpunktbereiche

- Maximale Vorwärtsgeschwindigkeit
- Minimaler Raum, der einen sicheren Start, Flug und Landung ermöglicht
- Angaben über die Triebwerksanlage (Art des Motors, Leistung, Drehzahlbereich, Tankinhalt und Betriebszeit bis zum Erreichen der Reservemenge)
- Falls anwendbar, Angaben zum elektrischen Antrieb
- Drehzahlen sämtlicher Rotoren (und deren Grenz - / Max. Drehzahlen)
- Betriebsstoff(e)
- Check vor Flugbeginn
- Reichweitentest
- Flugbetrieb und zulässige Manöver
- Notverfahren (z. B. Ausfall des Antriebes und/ oder Heckrotors)
- 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.

Braunschweig, den 02.03.2011  
Az: T32ZKr2-2010601/11

Luftfahrt-Bundesamt  
Im Auftrag  
Z r e n n e r