



## Lufttüchtigkeits-Standard LTS - L

für Modell-Luftschiffe

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

LTS\_OeAeC\_004  
01 DEC 2016

# Inhalt

## 1. Geltungsbereich

- 1.1. Allgemeines
- 1.2. Auftriebsgas
- 1.3. Einschränkungen

## 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. Bodenversuche
    - 2.4.1.1. Schwerpunktlage
    - 2.4.1.2. Nachgiebigkeit der Steuerung
    - 2.4.1.3. Funktionsversuche und Reichweitentest
    - 2.4.1.4. Ruderausschläge
  - 2.4.2. Flugversuche
    - 2.4.2.1. Start- und Landungsstrecken bzw. -raum
    - 2.4.2.2. Steuerbarkeit
    - 2.4.2.3. Höhensteuerung
    - 2.4.2.4. Seitensteuerung
    - 2.4.2.5. Schnellflug
    - 2.4.2.6. Flattern
    - 2.4.2.7. Notverfahren
    - 2.4.2.8. Reichweitentest

## 3. Festigkeit

- 3.1. Nachweis der Lufttüchtigkeit
- 3.2. Belastungsfälle
  - 3.2.1. Sicherheitszahlen
  - 3.2.2. Lastvielfaches
- 3.3. Nachzuweisende Lasten
  - 3.3.1. Lasten aus Massenkräften
  - 3.3.2. Lasten aus aerodynamischen Kräften
  - 3.3.3. Lasten aus dem Antrieb
  - 3.3.4. Lasten bei der Landung und am Boden
- 3.4. Kräfteaufnahme durch die Hülle bzw. das Gerüst
- 3.5. Gewährleistung des Hülleninnendrucks
  - 3.5.1. Anzahl und Platzierung der Ballonetts
  - 3.5.2. Dimensionierung der Ballonetts
  - 3.5.3. Dimensionierung Lufteintrittsöffnungen, Luftleitungen u Rückschlagklappen
  - 3.5.4. Bemessung der Ventile

- 3.6. Versuche
  - 3.6.1. Hülle
  - 3.6.2. Gerüst
  - 3.6.3. Leitwerke und Befestigungen
  - 3.6.4. Komplettes Luftschiff
  - 3.6.5. Steuerung
  - 3.6.6. Ventile
  - 3.6.7. Ruder
    - 3.6.7.1. Ruderscharniere
  - 3.6.8. Motorbefestigung
  - 3.6.9. Fahrwerk
  - 3.6.10. Sonstige Einbauten

#### **4. Triebwerksanlage**

- 4.1. Bemessung
  - 4.1.1. Elektroantrieb
  - 4.1.2. Verbrennungsmotoren
  - 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 Triebwerke
- 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. Propeller**

- 5.1. Allgemeines .
- 5.2. Eignung
- 5.3. Betriebsverhalten
- 5.4. Sicherung
- 5.5. Schwingungen

#### **6. Elektrische Anlagen**

- 6.1. Unterlagen
- 6.2. Belastbarkeit
- 6.3. Verbindungen
- 6.4. Energieversorgung
  - 6.4.1. Batterien
- 6.5. Energiebilanz und Stromaufnahme
- 6.6. Zusatzfunktionen
- 6.7. Drähte und Leitungen
- 6.8. Hauptschalter
- 6.9. Störungssicherheit
- 6.10. Gasventil

## **7. Fernsteuerungsanlage**

- 7.1. Allgemeines
- 7.2. Schwingungen
- 7.3. Antenne
- 7.4. Reichweitentest

## **8. Gestaltung und Bauausführung**

- 8.1. Allgemeines
- 8.2. Eignungsnachweis
- 8.3. Werkstoffe
- 8.4. Herstellungsverfahren
- 8.5. Sicherung von Verbindungselementen
- 8.6. Vermeidung von Knackimpulsen .
- 8.7. Vorkehrungen zur Überprüfung
- 8.8. Vorkehrungen für Auf- und Abrüsten
- 8.9. Leitwerke
  - 8.9.1. Einbau
  - 8.9.2. Ruder
- 8.10. Steuerung
- 8.11. Bauglieder der Steuerung
  - 8.11.1. Steuergestänge
  - 8.11.2. Seile

## **9. Lärm**

## **10. Mindestausrüstung**

## **11. Anweisung für Betrieb und Instandhaltung**

- 11.1. Flughandbuch
- 11.2. Betriebsaufzeichnungen

## 1. Geltungsbereich

### 1.1. Allgemeines

Diese Richtlinien gelten für motorgetriebene, ferngesteuerte Modell-Luftschiffe mit einer höchstzulässigen Startmasse von mehr als 25 kg bis einschließlich 150 kg, deren Auftriebskraft durch die Dichtedifferenz zwischen dem Füllgas und der Dichte der Umgebungsluft erzeugt wird. Bei Sonderformen (Prallluftschiffe als Heißluft-Luftschiffe) wird der Auftrieb durch die Dichtedifferenz zwischen heißer und kalter Luft erzeugt. Diese Richtlinien gelten für die hier beschriebenen Modelle, die im Betrieb durch direkte Sichtverbindung zum Fluggerät vom Boden aus gesteuert werden.

### 1.2. Auftriebsgas

Als Auftriebsgas kommt Helium oder Ballongas zur Anwendung. (Wasserstoff wird in diesen Forderungen nicht berücksichtigt, da er zu gefährlich bei der Handhabung ist!)

### 1.3. Einschränkungen

Sie gelten nicht für frei fliegende, ferngesteuerte Heißluft- oder Gasballone, da diese nicht im Sinne von 1.1 steuerbar sind.

## 2. Betriebsverhalten

### 2.1. Allgemeines

#### 2.1.1. Steuerbarkeit

Das Luftschiff muss sicher steuerbar und ausreichend wendig sein, und zwar

- a) beim Start,
- b) im Flug (einschließlich Steigflug, Horizontalflug, Sinkflug),
- c) bei der Landung.

In Notfallsituationen (Druckverlust in der Hülle, Ausfall einzelner Steuerungselemente, Ausfall des Antriebs usw.) sollte die Flugbahn des Schiffes noch beeinflusst werden können.

#### 2.1.2. Nachweismethoden

Der Nachweis, dass das Flugmodell den in diesem Abschnitt festgelegten Forderungen entspricht, ist durch 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. Luftbremsen, Fahrwerkstellungen, abwerfbarer Ballast), in denen das Flugmodell betrieben werden soll, zu erbringen.

### 2.2. Grenzen der Lastverteilung

Die Lage des Schwerpunktes ist im Schiff genau definiert. Alle sich während des Betriebs ändernden Lasten (z.B. Treibstoff, Ballast) sind so einzubauen, dass sich der Schwerpunkt nur minimal verschiebt - die Grenzbereiche müssen in den Betriebsunterlagen definiert werden. Ansonsten ist eine Einrichtung vorzusehen (z.B. Ballonetts), die erlauben, das Luftschiff in der Luft nachzutrimmen.

## 2.3. Massegrenzen

### 2.3.1. Höchstzulässige Startmasse

Die maximale Masse errechnet sich aus dem als Gasraum zur Verfügung stehenden Volumen in der Hülle, multipliziert mit dem Auftriebswert des Gases, plus dynamischen Auftrieb.

Der Rechnung werden folgende Werte zugrunde gelegt:

- Helium: 1,0 kg/m<sup>3</sup>
- Dynamischer Auftrieb: 5% des statischen Auftriebs bei maximaler Motorleistung ohne Anstellwinkel.

### 2.3.2. Leermasse

Sie ist die einzige genau definierte, konstante Masse bei einem Luftschiff und umfasst alle fest eingebauten Bauteile. (Die Leermasse ist aber für die Schwerpunktermittlung nicht maßgebend, da diese im fahrtüchtigen Zustand erfolgen muss).

## 2.4. Nachweise

### 2.4.1. Bodenversuche

Vor Beginn der Fahrversuche (Flugversuche) müssen alle Boden-Funktionsversuche 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 Sendeinrichtung, sofern vorhanden. Alle sonstigen Betriebseinrichtungen sind zu überprüfen und die korrekte Funktion ist nachzuweisen.

#### 2.4.1.1. Schwerpunktlage

Es muss nachgewiesen werden, dass das voll ausgerüstete Luftschiff so getrimmt werden kann, dass es auf ebenem Kiel liegt. Lastveränderungen (leere Ballast- und Treibstofftanks) dürfen die Lage des Luftschiffes nicht wesentlich beeinflussen. Im Fall des Vorhandenseins von mehreren Ballonetts, müssen diese einen ausgeglichenen Füllstand haben.

#### 2.4.1.2. Nachgiebigkeit der Steuerung

Die Nachgiebigkeit der Steuerung ist so gering wie möglich zu halten. Die Mechanik der Anlenkung (Seile oder Gestänge) ist so zu konstruieren, dass keine ungewollten Ruderausschläge aufgrund von Deformationen der Hülle erfolgen können.

Großflächige Höhenruder sind auszubalancieren, um die Stellkräfte möglichst niedrig zu halten. Die Nachgiebigkeit (einschließlich Spiel) darf 15% des halben Rudermaschinenweges bei voller Servokraft nicht übersteigen.

#### 2.4.1.3. Funktionsversuche und Reichweitentest

Vor Beginn der Flugversuche müssen alle Bodenfunktionsversuche durchgeführt sein. Insbesondere ist die einwandfreie Übertragung der Signale des Senders zum Empfänger und zu den jeweiligen Steuerungselementen der Fernsteuerungsanlage zu prüfen. Gleiches gilt auch für eine an Bord befindliche Sendeinrichtung. Die

elektromagnetische Verträglichkeit zu sämtlichen elektronischen Anlagen ist untereinander zu prüfen.

#### 2.4.1.4. Ruderausschläge

Die Ruder sind auf Ihre Ausschlaggröße und -richtung zu überprüfen. Die sinngemäße Zuordnung der Steuerausschläge zu den Bedienhebeln der Fernsteuerungsanlage muss gewährleistet sein.

#### 2.4.1.5. Sonstige Betriebseinrichtungen

Alle sonstigen Betriebseinrichtungen (Trimmung, Gasventil usw.) sind zu überprüfen und die korrekte Funktion nachzuweisen.

### 2.4.2. Flugversuche

#### 2.4.2.1. Start- und Landungsstrecken bzw. -raum

Folgende Werte sind zu ermitteln:

- Strecke vom Stillstand bis zum Überfliegen eines 7 m hohen Hindernisses bei:
  - a) leichtem Luftschiff; Hand- und Bodenstart
  - b) schwerem Luftschiff; Hand- und Bodenstart
  - c) VSTOL\*-fähigem Luftschiff (Very Short Take-Off and Landing)
  - d) alle Varianten bei Windstille bis zur maximal bei Flugbetrieb zulässigen Windgeschwindigkeit
- Landestrecke von 5 m Höhe bis zum Stillstand bei:
  - a) leichtem Luftschiff; Hand- und Bodenstart
  - b) schwerem Luftschiff; Hand- und Bodenstart
  - c) VSTOL\*-fähigem Luftschiff
  - d) alle Varianten bei Windstille bis zur maximal bei Flugbetrieb zulässigen Windgeschwindigkeit
- Minimaler Raum, der ein sicheres Starten und Landen ermöglicht, unter Berücksichtigung, dass immer gegen den Wind gelandet werden kann.

Ist der Betrieb des Luftschiffes nur nach einigen der Punkte a) bis c) vorgesehen, so sind nur für diese die entsprechenden Werte zu ermitteln.

Alle Werte sind aus mehrfach wiederholten Starts und Landungen durch statistische Verfahren zu ermitteln. Die Definition der Strecken und des Raumbedarfs muss eindeutig sein. (Bezugspunkt am Luftschiff).

#### 2.4.2.2. Steuerbarkeit

Luftschiffe lassen sich in der Regel nur dynamisch instabil entwerfen. Durch die großen Abmessungen und die entsprechend verzögerten Eigenbewegungen lässt sich auch ein dynamisch instabiles Luftschiff sicher führen. Den hierbei entstehenden höheren Anforderungen an den Steuerer oder an eine Regelung muss Rechnung getragen werden. Die Forderungen an die Steuerbarkeit müssen mindestens in einem Geschwindigkeitsbereich von 30% der Geschwindigkeit bei

Nennleistung (= maximaler Dauerleistung) bis zur maximal zulässigen Geschwindigkeit erfüllt werden.

#### 2.4.2.3. Höhensteuerung

##### a) statisch

Bei Gasluftschiffen müssen die Gasventile so bemessen sein, dass ein Abstieg in nützlicher Frist eingeleitet werden kann. Beschränkend wird hier in der Regel der minimale zulässige Hüllen - Innendruck sein.

##### b) dynamisch

Es muss möglich sein, das Luftschiff auf einer im Wesentlichen waagerechten Bahn zu halten.

Die Wirkung der Ruder muss klar ersichtlich sein. Wird die Instabilität des Luftschiffes elektronisch unterdrückt, so ist eine ausreichende Steuerbarkeit auch bei Ausfall dieser Anlage nachzuweisen.

#### 2.4.2.4. Seitensteuerung

Es muss möglich sein, ausreichend schnelle Kursänderungen in beide Richtungen sicher vornehmen zu können. Bei mehrmotorigen Luftschiffen auch mit ausgefallenem kritischen Motor.

#### 2.4.2.5. Schnellflug

Bei maximaler Dauerleistung muss ein Steigflug mit einer Bahnneigung von 10 bis 12 Grad möglich sein.

#### 2.4.2.6. Flattern

In dem angegebenen Betriebsbereich darf kein Flattern der Ruder sowie des Hüllenmaterials auftreten. Es darf auch nicht zur Deformation der Hülle kommen, die den Betrieb oder die Steuerbarkeit des Schiffes beeinträchtigen.

#### 2.4.2.7. Notverfahren

Verfahren, die eine Kontrolle des Schiffes auch bei Ausfall einzelner Komponenten erlaubt, sind zu entwickeln und zu beschreiben. Dies erfolgt in der Regel im Rahmen der gefesselten Flugerprobung und betrifft insbesondere:

- Ausfall einzelner Ruder bzw. Steuerungselemente,
- Ausfall des kritischen Antriebs,
- Ausfall der Fernsteuerung,
- Ausfall von kritischen Teilen der elektrischen Anlage.

#### 2.4.2.8. Reichweitentest

Zur Überprüfung eines ausreichenden Aktionsradius der Fernsteueranlage ist ein Reichweitentest durchzuführen.



## 3. Festigkeit

### 3.1. Nachweis der Lufttüchtigkeit

Für den Festigkeitsverband muss in Bauteilversuchen nachgewiesen werden, dass er imstande ist den im Betrieb zu erwartenden Lasten standzuhalten. Dazu werden bei Versuchen die im Folgenden beschriebenen Belastungsfälle und die sich dabei rechnerisch ergebenden Lasten aufgebracht.

Ein rechnerischer Festigkeitsnachweis wird nur anerkannt, wenn für die gewählte Bauweise aufgrund von Erfahrungen erwiesen ist, dass die benutzte Berechnungsmethode zuverlässige Ergebnisse liefert. Dabei ist mit den unten aufgeführten Sicherheitszahlen zu rechnen. Die der Festigkeitsrechnung zugrunde gelegten Festigkeitswerte sind im Handbuch nach Abstimmung mit dem Prüfer niederzulegen.

### 3.2. Belastungsfälle

Belastungsfälle, die dem Festigkeitsnachweis zugrunde gelegt werden müssen:

- Lastfall 1:

Luftschiff mit höchstzulässiger Startmasse, Trimmanstellung = 30 Grad, Kränkungswinkel = 0 Grad, mit vollem Propellerschub und minimalem Gasdruck.

- Lastfall 2:

Luftschiff mit höchstzulässiger Startmasse, Trimmanstellung = -30 Grad, Kränkungswinkel = 0 Grad, mit vollem Propellerschub und minimalem Gasdruck.

- Lastfall 3:

Luftschiff mit höchstzulässiger Startmasse, Trimmanstellung = 0 Grad, Kränkungswinkel = +/- 30 Grad, mit vollem Propellerschub und minimalem Gasdruck.

- Lastfall 4:

Das Luftschiff landet auf dem Landerad - sofern vorhanden - mit einer senkrechten und waagerechten Stoßkraft von 30% der senkrechten aus einer beliebigen Richtung. Die senkrechte Stoßkraft errechnet sich aus der höchstzulässigen Startmasse (vgl. 2.3.1), multipliziert mit 0,2g ( $g = 9,81 \text{ m/s}^2$ ).

- Lastfall 5:

Für das am Mast verankerte Luftschiff sind folgende Fesselkräfte vorzusehen:

a) Eine Querkraft entsprechend dem vollen Propellerschub in jeder Richtung in der Normalebene zur Schiffsachse und eine gleichzeitig wirkende Längskraft von 25% der Querkraft. Die Längskraft wirkt dabei vom und gegen den Mast.

b) Eine reine Längskraft, die dann auftritt, wenn die Windgeschwindigkeit 20 m/s beträgt.

- Lastfall 6:

Für die Belastung der Leitwerke (Flosse und Ruder) ist mit einem anerkannten Verfahren eine Auftriebsverteilung in Spannweiten- und Tiefenrichtung zu ermitteln. Als Berechnungsgrundlage kommen Lastfall 1 und 2 zur Anwendung. Es sind die Lasten bei den Anstellwinkeln (30 Grad und mit voll ausgeschlagenem Ruder zu berechnen.

### 3.2.1.

#### Sicherheitszahlen

Die Sicherheitszahl ist das Verhältnis von Bruchfestigkeit (Struktur oder Werkstoff) zu der jeweiligen sicheren, d.h. im Betrieb auftretenden, maximalen Belastung. Bezogen auf die verschiedenen Lastfälle sind die Sicherheitszahlen gegen Bruch für die einzelnen Bauteile nachfolgend festgelegt:

Bauteil	Lastfall	j
Hülle/Gerüst	1,2,3	4
Gondelaufhängung	1,2,3	2
Gondel	1,2,3,4	1,5
Motorausleger/ -gondel	1,2,3,4	2
Leitwerke (Flosse & Ruder)	6	1,5
Landerad	4	1,5
Bugverstärkung	1,2,3	1,5
Bugverankerung	5	1,5
Steuerseile/ -mechanik		2
Ankermast		2

### 3.2.2.

#### Lastvielfaches

Für massebehaftete Teile ist ein sicheres Abfanglastvielfaches von +2g und -1g anzusetzen.

## 3.3. Nachzuweisende Lasten

### 3.3.1.

#### Lasten aus Massenkräften

Die Lasten aus den Massenkräften ergeben sich als Produkt aus Masse, Erdbeschleunigung(9,81m/s<sup>2</sup>), Sicherheitszahl und Lastvielfachem.

### 3.3.2.

#### Lasten aus aerodynamischen Kräften

Die Lasten aus den aerodynamischen Kräften ergeben sich aus dem Produkt von Staudruck (bei maximaler Geschwindigkeit), Bezugsfläche, aerodynamischem Beiwert und Sicherheitszahl.

### 3.3.3.

#### Lasten aus dem Antrieb

Die Lasten am Antrieb bestimmen sich beim Schub als Schub bei maximaler Leistung, multipliziert mit 2, beim Drehmoment nach Abschnitt 3.6.8.

### 3.3.4.

#### Lasten bei der Landung und am Boden

Die Lasten bei der Landung ergeben sich aus Lastfall 4 bzw. 5.

## 3.4. Kräfteaufnahme durch die Hülle bzw. das Gerüst

Alle Kräfte von Aufhängungen sind so auf die Hülle und/oder das Gerüst zu übertragen, dass das Auftreten von Spannungsanhäufungen vermieden wird. Die zur Kräfteeinleitung bestimmten Teile müssen so ausgeführt sein, dass im Laufe der Lebensdauer keine wesentliche Festigkeitsverminderung an der Hülle durch Ermüdungserscheinungen oder Abnutzung auftritt.

### 3.5. Gewährleistung des Hüllen - Innendrucks

Bei Prallluftschiffen mit einer Gasfüllung sind Ballonets vorzusehen, die über Gebläse oder Ansaugrohre ständig unter Druck gehalten werden. Der maximale Innendruck wird dabei über Ventile geregelt.

Bei Hybridkonstruktionen, die den Hüllendruck unterstützend einsetzen, ist der für den Betrieb notwendige Mindestdruck festzulegen. Ansonsten finden die entsprechenden Ausführungen über Prallluftschiffe Anwendung.

Hauptaufgabe der Ballonets ist es, bei Änderung der Flughöhe durch Volumenänderung den Gasraum anzupassen, und so den Innendruck in dem zulässigen Bereich zu halten. Der normale Betrieb sollte ohne Gasablassen möglich sein, da sonst beim Abstieg die Gefahr besteht, dass sich die Ballonets über ihr Nennvolumen ausdehnen müssen und zerstört werden können.

#### 3.5.1. Anzahl und Platzierung der Ballonets

Es sind zwei Ballonets einzubauen, wovon je eines vor und hinter dem Schwerpunkt einzubauen ist.

Ein Ballonett ist ausreichend, wenn im normalen Betrieb des Luftschiffes keine Gewichtsänderung und keine anderen Umstände auftreten, die eine statische Trimmung erforderlich machen.

#### 3.5.2. Dimensionierung der Ballonets

Die Ballonets sind so auszulegen, dass der Betrieb in dem gewünschten Höhenbereich möglich ist, ohne Gas abzulassen. Dabei ist von der Standardatmosphäre auszugehen. Während des Betriebes auftretende Temperaturänderungen sind wie folgt zu berücksichtigen:

- Temperatur des Gases und der Außenluft zu Beginn des Betriebs 0 Grad Celsius, Höhe Startort
- Aufheizung der Außenluft während des Betriebs auf 40 Grad Celsius
- Aufheizung des Gases während des Betriebs auf 20 Grad Celsius über Umgebungstemperatur
- Steigen auf maximal zulässige Höhe

Die Höhe der Aufheizung des Traggases ist im Flugversuch zu verifizieren.

Zu Beginn des Betriebs sind beide Ballonets prall gefüllt und entleeren sich anschließend vollständig.

Bei Heißluftschiffen ist mit der maximal im Betrieb auftretenden Temperaturdifferenz für die Gastemperatur zu rechnen.

#### 3.5.3. Dimensionierung von Lufteintrittsöffnungen, -leitungen u. Rückschlagklappen

Lufteintrittsöffnungen, Luftleitungen und Rückschlagklappen müssen so dimensioniert sein, dass der Druck nicht unter den zulässigen Mindestwert abfällt, wenn das Luftschiff dynamisch den schnellsten Abstieg macht. Dabei ist das Höhenruder voll auf Tiefe gestellt und die Motoren laufen mit maximaler Leistung, eine evtl. vorhandene Trimmung über die Ballonets ist voll nach unten gestellt.

#### 3.5.4. Bemessung der Ventile

Ventile müssen so bemessen sein, dass der Druck nicht über das festgelegte Höchstmaß steigt, wenn das Luftschiff dynamisch den steilsten Steigflug

ausführt (Höhenruder voll auf Höhe, maximale Motorleistung, maximale Trimmanstellung nach oben).

### 3.6. Versuche

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

Bei rechnerischem Nachweis erprobter Bauweisen sind die von Luftfahrtbehörden anerkannten Verfahren und Werte einzusetzen (z.B. für Faserverbundwerkstoffe, Holzkonstruktionen etc.).

#### 3.6.1. Hülle

Es ist nachzuweisen, dass das verwendete Hüllenmaterial in allen Richtungen die geforderte Reißfestigkeit aufweist.

#### 3.6.2. Gerüst

Es ist nachzuweisen, dass das Gerüst die geforderte Festigkeit und Steifigkeit aufweist. Für Strukturelemente und Konstruktionen, deren Eignung nicht bekannt ist, sind entsprechende Versuche erforderlich.

#### 3.6.3. Leitwerke und Befestigungen

Belastungsversuche mit Leitwerken bei sicherer Last sind erforderlich. Bei gas- oder luftgefüllten Leitwerken ist nachzuweisen, dass sie bei maximaler Windgeschwindigkeit und größtem Ruderausschlag (auf beide Seiten) ihre Aufgabe voll wahrnehmen können.

#### 3.6.4. Komplettes Luftschiff

Die Hülle oder das Gerüst darf beim Betrieb unter folgenden Bedingungen keine Deformationen erfahren, die den Betrieb beeinträchtigen:

- höchster Höhenleitwerkslast
- höchster Seitenleitwerkslast
- Überlagerung von höchster Höhen- und höchster Seitenleitwerkslast
- Bodenlandung

Da für die Aufhängung von Luftschiffen für solche Belastungsfälle keine zufrieden stellenden Lösungen bekannt sind, sollte dieser Punkt in der Flugerprobung nachgewiesen werden.

#### 3.6.5. Steuerung

Steuergestänge, deren Verbindungsglieder und die Befestigung von Steuerungselementen sind so auszulegen, dass die Momente und Kräfte, z.B. aus den Servos, mit der nachzuweisenden Sicherheit von  $j = 4.0$  aufgenommen werden können.

#### 3.6.6. Ventile

Manövrierventile, die über die Fernsteuerung geöffnet werden können, müssen mit großer Zuverlässigkeit öffnen und schließen. Der Beweis dafür muss in einem Versuch erbracht werden.

#### 3.6.7. Ruder

Diese sind ausreichend zu bemessen, wobei auf ausreichende Steifigkeit, vor allem bei aufgeblasenen Rudern, zu achten ist:

- 3.6.7.1. Ruderscharniere  
Der Dauerfestigkeit der Ruderscharniere ist besondere Bedeutung beizumessen.
- 3.6.8. Motorbefestigung  
Der Motorträger und seine Aufhängung müssen so bemessen sein, dass sie die Lasten ertragen können.
- 3.6.9. Fahrwerk  
Es ist zu beweisen, dass das Fahrwerk Landestöße gemäß Ziffer 3.2, Lastfall 4, aufnehmen kann, ohne dass Federbeine oder Reifen vollständig zusammengedrückt werden. Wird ein zentrales Fahrwerk verwendet, um das Luftschiff am Mast in den Wind schwingen zu lassen, so ist nachzuweisen, dass sich das Landerad automatisch der Rollrichtung anpasst. Ist das Luftschiff zur Durchführung von rollenden Starts am Boden (zum Aufbau des dynamischen Auftriebs) mit einem Heckrad an der unteren Seitenruderflosse ausgerüstet, so ist nachzuweisen, dass keine Schäden an Flosse oder Ruder auftreten, wenn das Höhenruder bei maximaler Rollgeschwindigkeit gezogen wird.
- 3.6.10. Sonstige Einbauten  
Alle Halterungen für sonstige Einbauten, wie Tanks, Akkus, Flüssiggasbehälter usw. sind ausreichend zu bemessen, damit sie die auftretenden Beschleunigungen nach Ziffer 3.2.2./ 3.3.1. aufnehmen können ohne zu versagen. Entsprechende Tests oder Nachweise sind vorzusehen.

## 4 Triebwerksanlage

### 4.1. Bemessung

Die Triebwerksanlage muss in Bezug auf die Leistung ausreichend bemessen werden. Die Leistung bestimmt die maximale Windgeschwindigkeit, bei der noch gestartet und geflogen werden darf.

- 4.1.1. Elektroantrieb  
Elektromotoren sind sorgfältig zu entstören. Die Stromleitungen zu den Motoren müssen einen genügenden Querschnitt aufweisen, um zu starkes Erwärmen zu vermeiden, besonders wenn die Leitungen in der Hülle verlegt sind.
- 4.1.2. Verbrennungsmotoren  
Es dürfen nur Motoren mit gutem Laufverhalten verwendet werden. Im eingebauten Zustand müssen die Motoren für die Wartung leicht zugänglich sein. Eine gute Kühlung muss gewährleistet sein. Es ist weiterhin zu beachten, dass der Verbrauch des Treibstoffs das Luftschiff laufend leichter werden lässt.
- 4.1.3. Kühlung  
Der Kühlung ist in jedem Fall ausreichende Beachtung zu schenken. Reicht der Fahrtwind zur Kühlung der Motoren nicht aus, so sind spezielle Lüfterräder zu vorzusehen.

#### **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. Befinden sich die Motoren in einer Hauptgondel, so ist der Maschinenraum Feuer hemmend auszukleiden.

#### **4.4. Schwingungen**

Der Antrieb darf im normalen Betriebsbereich keine kritischen Schwingungen erzeugen, die diesen und das Luftschiff 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. Bei der Verwendung von Elektromotoren ist die Drehzahlregelung im Vorwärts- und Rückwärtslauf zu demonstrieren, falls diese Art des Einsatzes möglich ist.

#### **4.8. Auspuffanlage**

Bei der Installation der Auspuffanlage ist die Hitzeabstrahlung zu berücksichtigen.

#### **4.9. Abstellen der Triebwerke**

Zur Berücksichtigung der besonderen Umstände beim ferngelenkten Luftschiffbetrieb muss gewährleistet sein, dass die Triebwerksanlage sowohl mittels der Fernsteuerung als auch durch Kurzschlusschalter abzustellen ist. Der Kurzschlusschalter am Schiff muss bei Betrieb des Motors ungefährdet erreichbar sein.

#### **4.10. Beeinflussung der Motoren untereinander**

Motoren müssen so angeordnet sein 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**

Der Tankinhalt soll eine Mindestflugzeit von 30 Minuten bei durchschnittlichen Bedingungen gewährleisten.

#### **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. Propeller**

#### **5.1. Allgemeines**

Der Propeller darf keine Gestaltungsmerkmale aufweisen, die erfahrungsgemäß gefährlich oder unzulässig sind.

#### **5.2. Eignung**

a) Die Eignung der zur Herstellung verwendeten Werkstoffe muss aufgrund von Erfahrungen oder Versuchen nachgewiesen sein (Metallpropeller sind nicht zulässig).

b) Luftschrauben müssen für den Betrieb geeignet und gut ausgewuchtet sein.

#### **5.3. Betriebsverhalten**

Der Antragsteller hat in einem Funktionslauf nachzuweisen, dass der Propeller und seine Zubehöerteile ohne Anzeichen von Schäden arbeiten.

#### **5.4. Sicherung**

Spinner und Propeller müssen fest verbunden und gesichert sein.

#### **5.5. Schwingungen**

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

b) Teile des Luftschiffs in der Nähe der Propellerspitzen müssen fest und steif genug sein, um Einflüssen infolge von induzierten Schwingungen standzuhalten.

## 6. Elektrische Anlagen

### 6.1. Unterlagen

Für die gesamte modellseitige elektrische Anlage ist ein Schaltplan mit Stückliste zu erstellen, in der z.B. Art und Querschnitte der verwendeten Kabel, Leitungen und Stecker angegeben sind. Diese Unterlagen sind in die Betriebsanweisungen aufzunehmen.

### 6.2. Belastbarkeit

Die maximale Belastbarkeit der Leitungen darf nicht überschritten werden.

### 6.3. Verbindungen

Als Kabelverbindung bzw. -anschluss sind wegen evtl. auftretender Schwingungen nur Steck- und Klemmverbindungen mit mechanischer Sicherung zulässig.

### 6.4. Energieversorgung

#### 6.4.1. Batterien

Die Art der verwendeten Batterien muss für den Verwendungszweck geeignet sein, die Kapazität muss für den sicheren Betrieb ausreichen. Der Empfänger sollte von zwei unabhängigen Batterien betrieben werden.

### 6.5. Energiebilanz und Stromaufnahme

Es ist eine Energiebilanz aufzustellen.

### 6.6. Zusatzfunktionen

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

### 6.7. Drähte und Leitungen

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

### 6.8. Hauptschalter

Die Verwendung mehrerer Stromquellen und die Notwendigkeit der Versorgung mit elektrischer Energie auch am Boden (z.B. zur Gewährleistung des Hülleninnendrucks) macht die Funktion eines Hauptschalters kompliziert bzw. unmöglich. Sichergestellt sein muss daher, dass mit einem Schalter die Teile der elektrischen Anlage ausgeschaltet werden können, die eine direkte Gefährdung im flugbereiten Zustand darstellen. Dies betrifft insbesondere den Antrieb. Der Schalter und seine Schaltstellungen sind eindeutig zu kennzeichnen.

### 6.9. Störungssicherheit

Die elektrische Anlage ist so aufzubauen, dass eine Störung der Fernsteuerung oder anderer Funktionen im Schiff nicht möglich ist. Insbesondere darf eine gegenseitige Beeinflussung der Signale an Bord nicht auftreten. Entsprechende Tests sind nachzuweisen.

Hinweis:

Aufgrund der Dimensionen von Luftschiffen ist die Einstrahlung von Störsignalen in Leitungen kritisch. Deshalb sind für sensible Leitungen (z.B. Signalleitungen für Servos) abgeschirmte Kabel zu verwenden oder andere Sicherungsmaßnahmen vorzusehen. Stark abstrahlende Leitungen, wie z.B. das Versorgungskabel zum Elektromotor, sind abzuschirmen. Weiterhin sind diese Kabelgruppen soweit wie möglich räumlich zu trennen (z.B. Verlegung auf Ober- und Unterseite des Schiffes). Bei komplexen elektrischen und



elektronischen Anlagen können Störsignale in benachbarte Baugruppen fließen. Ein wirksamer Schutz dagegen ist zu entwerfen und zu prüfen. Alle Verbraucher sind auf Störstrahlungen zu überprüfen und entsprechend der Ergebnisse zu entstören.

#### **6.10. Gasventil**

Ein elektrisch betätigtes Gasventil, das ein Absinken des Schiffes im Notfall sicherstellen soll, muss eine eigene Stromquelle besitzen, die unabhängig von der restlichen Versorgung arbeitet.

### **7. Fernsteuerungsanlage**

#### **7.1. Allgemeines**

Die Fernsteuerungsanlage muss für das Modell geeignet sein. Es dürfen keine Merkmale oder Eigenschaften bekannt sein, die einen sicheren Betrieb beeinträchtigen. Es dürfen nur Funkanlagen verwendet werden, die den geltenden Vorschriften der Fernmeldebehörde entsprechen. Bei dem Betrieb dieser Funkanlagen sind die geltenden Verfügungen der Fernmeldebehörde zu beachten.

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

Stabilisierungsvorrichtungen sind zulässig, sofern sie dieses Kriterium erfüllen.

#### **7.2. Schwingungen**

Empfänger und Rudermaschinen müssen vibrationsgeschützt eingebaut werden.

#### **7.3. Antenne**

Die Antenne ist möglichst weit von allen Verdrahtungsteilen und metallischen Gegenständen außen zu verlegen. Im Übrigen sind die Herstellerangaben des Fernsteuerungsherstellers zu beachten. Die Länge muss genau den Angaben des Fernsteuerungsherstellers entsprechen.

#### **7.4. 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. Gestaltung und Bauausführung**

#### **8.1. Allgemeines**

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

## **8.2 Eignungsnachweis**

Die Eignung von Konstruktionsgruppen oder Teilen eines Luftschiffes, die für die Lufttuchtigkeit notwendig sind und über die keine oder unzureichende Erfahrungen vorliegen, muss durch Versuche belegt werden.

## **8.3. Werkstoffe**

Eignung und Dauerhaftigkeit aller verwendeten Werkstoffe müssen aufgrund von Erfahrungen oder Untersuchungen erwiesen sein.

## **8.4. Herstellungsverfahren**

Die angewendeten Herstellungsverfahren müssen durchgehend einwandfreie Festigkeitsverbände ergeben (wie z.B. bei der Herstellung von Bauteilen aus faserverstärktem Kunststoffen, Klebeverbindungen u. dgl.).

## **8.5. Sicherung von Verbindungselementen**

Für alle Verbindungselemente innerhalb des Festigkeitsverbandes sowie der Steuerung und anderer mechanischer Anlagen, die für den sicheren Betrieb des Luftschiffes wesentlich sind, müssen anerkannte Sicherungsmittel und -verfahren angewendet werden.

## **8.6. Vermeidung von Knackimpulsen**

Zur Vermeidung von Knackimpulsen sind alle größeren Metallteile, die sich reiben, elektrisch zu überbrücken (z.B. Ruderlager).

## **8.7. Vorkehrungen zur Überprüfung**

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

## **8.8. Vorkehrungen für Auf- und Abrüsten**

Die Gestaltung des Luftschiffes muss so sein, dass Beschädigungen oder bleibende Verformungen beim Auf- bzw. Abrüsten vermieden werden, insbesondere, wenn sie nicht ohne weiteres erkennbar sind.

Beim Auf- und Abrüsten ist das Luftschiff mit geeigneten Mitteln (z.B. Netz und Sandsäcke) am Boden zu sichern. Die Masse der Beschwerung sollte etwa das 1,5-fache der Höchstmasse gemäß Ziffer 2.3.1 betragen, wobei diese Masse möglichst gut am Schiff verteilt werden sollte.

## **8.9. Leitwerke**

### **8.9.1. Einbau**

Bewegliche Steuerflächen müssen so angeordnet sein, dass keine Behinderung untereinander oder durch andere feste Bauteile auftreten kann, wenn eine der Flächen in ihrer äußersten Stellung festgehalten wird und die anderen über ihren vollen Ausschlagbereich bewegt werden.

Diese Forderung muss auch unter sicherer Last (positiv und negativ) für alle Ausschläge und über den vollen Ausschlagbereich erfüllt sein. Verformungen des Festigkeitsverbandes (bei sicherer Last), der die Ruderflächen trägt, sind zu berücksichtigen.

### **8.9.2. Ruder**

a) Jedes Ruder muss durch eine eigene Rudermaschine mit ausreichender Kraftreserve angetrieben werden (ggf. können zwei Rudermaschinen erforderlich werden).

b) Die Ruder müssen zur Vermeidung von Ruderflattern massenausgeglichen sein. Art, Anordnung und Größe des Massenausgleiches sind in den Betriebsunterlagen anzugeben.

#### **8.10. Steuerung**

Alle Steuerungen und Steuerungsanlagen müssen mit der ihrer Funktion angemessenen Leichtigkeit, Zügigkeit, Zwangsläufigkeit und Spielfreiheit arbeiten, so dass sie ihre Aufgaben einwandfrei erfüllen können.

#### **8.11. Bauglieder der Steuerung**

##### **8.11.1. Steuergestänge**

Steuergestänge müssen möglichst kurz und ausreichend bemessen sein, um ein Ausknicken zu vermeiden.

##### **8.11.2. Seile**

Es dürfen nur Seile von ausreichender Qualität verwendet werden.

### **9. Lärm**

Die maximale Lärmemission des Modells muss ermittelt werden.

### **10. Mindestausrüstung**

- Gasablassventil für Notfallsituationen zur Einleitung eines gemäßigten Sinkfluges,
- Fernsteuerung mit fail-safe-Einrichtung zur Beherrschung der Notfallsituation.

### **11. Anweisung für Betrieb und Instandhaltung**

#### **11.1. Flughandbuch**

Die Betriebsgrenzen sowie alle anderen Angaben, die das Modell kennzeichnen und für den sicheren Betrieb des Flugmodells notwendig sind, müssen im Flughandbuch aufgeführt sein. Mindestens folgende Kapitel müssen vorhanden sein:

- 11.1.1. Allgemeines
- 11.1.2. Betriebsgrenzen
- 11.1.3. Notverfahren
- 11.1.4. Normale Betriebsverfahren
- 11.1.5. Flugleistungen
- 11.1.6. Massen und Schwerpunkt
- 11.1.7. Systembeschreibung

#### **11.2. Wartungshandbuch**

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.

#### **11.3. Betriebsaufzeichnungen**

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