

Die Empfehlungen

1. Konstruktion und Auslegung
2. Überwachung, Bedienung und Schutzvorrichtungen
3. Kraftstoffsystem
4. Schmiersystem
5. Einbau
6. Betriebssicherheit
 - 6.1 Feuer
 - 6.2 Testläufe
 - 6.3 Betrieb in der Öffentlichkeit
 - 6.4 Bedienungsanleitungen
7. Wartung
8. Qualifikation des Betreibers
9. Fliegen mit Turbinenmodellen

Vorwort

Diese Sicherheitsempfehlungen wurden von Mitgliedern der GTBA erstellt mit dem Ziel, den Bau und sicheren Betrieb von Modellturbinen zu fördern. Der Inhalt ist die Zusammenfassung der Erfahrung aller daran beteiligten Personen, die sich seit Jahren mit Bau und Betrieb von Modelltriebwerken beschäftigen.

Obgleich alle Anstrengungen unternommen wurden, Fehler und Irrtümer zu vermeiden, können die Autoren nicht für Schäden haftbar gemacht werden, die sich aus der Anwendung dieser Empfehlungen ergeben könnten. Der sichere Betrieb jedes Triebwerks liegt in der alleinigen Verantwortung des Betreibers.

Diese Empfehlungen beinhalten die Standpunkte und haben die Zustimmung des „R/C Power Technical Committee der British Model Flying Association“ ; sie werden von der „Jet Modellers Association“ anerkannt.

Definitionen

Im Sinne dieser Empfehlungen gelten für bestimmte Worte folgende Definitionen:

- Muß : Anweisung muß genau befolgt werden. Unter keinen Umständen darf davon abgewichen

werden.

- Soll : Soweit wie möglich soll die Anweisung befolgt werden. Ausnahmen nur möglich, wenn gute

Gründe dafür vorliegen

- Kann, Darf : Soll bevorzugt angewandt werden, beruht auf vielseitiger Erfahrung. Nichtbefolgung

wird nicht zu gefährlichen Situationen führen.

Einleitung

Modellturbinen und damit angetriebene Flugmodelle unterliegen denselben Sicherheitsrichtlinien wie konventionelle Antriebe und Modelle. Wer sich mit dem Bau von Turbinen und Turbinenmodellen beschäftigt, sollte sich zuerst mit den allgemein gültigen Sicherheitsrichtlinien vertraut machen, wie sie z.B. im „BMFA handbook“ detailliert beschrieben sind. Besondere für Turbinen sicherheitsrelevante Aspekte sind:

Gefahr von Bränden oder Schäden durch heiße Abgase.

Brandgefahr nach Abstürzen, hervorgerufen durch heiße Bauteile und die relativ große Kraftstoffmenge, die sich an Bord befindet.

Brandgefahr durch Überhitzung der Turbine bei Fehlbedienung während des Anlaßvorgangs oder bei mechanischen Schäden.

Brand oder Explosionsgefahr bei Fehlbedienung von Flüssiggasgeräten (Propan o.ä.).

Allgemeine Gefahren durch große Abmessungen und hohes Gewicht, hohe Leistung und Flächenbelastung vieler turbinengetriebenen Modelle. Dieses Risiko ist dasselbe wie bei stark motorisierten Großmodellen.

Rollprobleme, die mit dem relativ hohen Leerlaufschub einiger Triebwerke zusammenhängen.

Verletzungsgefahr durch wegfliegende Turbinenteile im Falle eines Turbinenschadens bei hoher Drehzahl.

Um alle Risiken zu vermeiden oder zu minimieren, sind folgende Ratschläge zu berücksichtigen:

I. Sicherstellen, daß alle Betreiber und Piloten genügend Übung, Kenntnisse und Erfahrung haben,

um gefährliche Situationen von vornherein zu vermeiden.

Durch besondere Aufmerksamkeit bei Planung, Bau, Betrieb und Wartung dafür Sorge tragen, daß Aus- und Zwischenfälle so selten wie möglich vorkommen.

III. Vorsehen von „Failsafe“ und automatischen Abschaltungen wo immer sinnvoll und möglich, um

immer den Weg des geringsten Risikos einzuschlagen.

IV. Die Turbine immer mit konservativ niedriger Vollgaseinstellung betreiben, um im Falle von Über-

drehzahl oder Übertemperatur ein Sicherheitspolster zu haben.

V. Das Turbinengehäuse so stabil auslegen, daß im Falle des Zerlegens der rotierenden Teile (Turbinenrad, Verdichter) kein Teil das Triebwerksgehäuse durchschlagen kann.

VI. Ort und Zeit des Fliegens (oder Betriebs der Turbine) so auswählen, daß die Sicherheit von

Personen, Eigentum und Umwelt nicht gefährdet ist.

Jeder einzelne dieser Punkte sollte nur so weit Beachtung finden, daß kein anderer in seiner Wirkung eingeschränkt wird. So kann z.B. ein sehr gut konstruiertes und gebautes Triebwerk mit sehr konservativen Leistungsdaten, eingebaut in ein Modell mit schlechtem Schub-Gewichtsverhältnis und hoher Flächenbelastung , leicht zu einem Strömungsabriß mit Absturz und möglichen Verletzungen beitragen. Die bestmögliche Sicherheit wird immer ein Kompromiß zwischen allen Faktoren bieten, wobei Punkt VI stets der wichtigste bleiben wird.

Die Empfehlungen des „Code of Practice“

1. Konstruktion und Auslegung

Jedes Triebwerk muß vor dem Einsatz in der Öffentlichkeit intensiv erprobt werden, um eventuelle Schwachstellen rechtzeitig zu erkennen, um Betriebsaufzeichnungen zu führen

und um sicherzustellen, daß alle Triebwerkskomponenten den auftretenden Belastungen standhalten.

Alle verwendeten Materialien müssen für ihren vorgesehenen Zweck geeignet sein. Wenn veröffentlichte Baupläne oder ein kommerziell hergestelltes Triebwerk verwendet werden, dürfen ohne Genehmigung des Konstrukteurs oder Herstellers keine

Veränderungen an hochbeanspruchten Bauteilen vorgenommen werden.

2. Überwachung, Bedienung und Schutzvorrichtungen

In Entwicklung befindliche Triebwerke müssen intensiv erprobt werden, und während dieser Probeläufe müssen sie gegen Überschreitung von vorgesehenen Betriebsparametern,

speziell maximale Drehzahl und Temperatur, geschützt werden .

Jedes Triebwerk muß durch Begrenzung des Kraftstoffdurchflusses vor Überdrehzahl und Übertemperatur geschützt werden.

Jedes Triebwerk soll gegen Unterdrehzahl geschützt sein.

Kraftstoffdosiersysteme sollen so konstruiert sein, daß während des normalen Betriebs die Überschreitung der erlaubten Maximaltemperatur verhindert wird.

Schutzeinrichtungen sollen zunächst, wenn immer möglich, bei Überschreitung von Maximalwerten das Triebwerk in die erlaubten Betriebsgrenzen zurückregeln, und nur wenn

das nicht möglich ist, zum Abschalten des Triebwerks führen.

3. Kraftstoffsystem

Wenn immer möglich sollen Tanks durch eine Zwischenwand vom Triebwerk getrennt sein. Der Tank muß vor der durch das Triebwerk entstehenden Hitze geschützt werden.

Tank und Kraftstoffsystem müssen angemessen gesichert und geschützt sein, um im Falle eines Absturzes das Risiko des Platzens zu minimieren.

Im Kraftstoffsystem muß ein mechanisch betätigtes Absperrventil vorhanden sein, oder ein Schalter für die Stromversorgung der Pumpe, der unabhängig von der Fernsteuerung

manuell betätigt werden kann; sie müssen leicht zugänglich angeordnet sein.

Das Kraftstoffsystem soll mit einem Absperrhahn ausgerüstet sein, der unabhängig vom normalen Gasservo vom Sender aus bedient werden kann.

Die verwendete Fernsteuerung soll mit Fail-safe ausgerüstet sein, die im Falle des Verlusts der Funkverbindung die Kraftstoffzuführung unterbricht und auch bei Wiederherstellung der

Verbindung unterbrochen hält. Eine kurze Verzögerung ist erlaubt, um bei kurzzeitigen

Störungen ein unnötiges Abschalten zu verhindern; diese Verzögerung darf aber nicht so groß sein, daß der Nutzen der Fail-safe- Einrichtung verloren geht.

Kraftstoffleitungen, Verbindungen und Zubehör müssen darauf geprüft werden, daß sie den bei Maximalleistung auftretenden Drücken standhalten. In jedem Teil des Modells, in dem sich bei einer Leckage Kraftstoff ansammeln könnte, soll ein Drainageloch vorhanden sein.

Kraftstoffleitungen und Zubehör müssen aus geeignetem Material bestehen und für den vorgesehenen Einsatz und Einbau geeignet sein.

Für Starthilfsgas und Flüssigkraftstoff sollen getrennte Leitungen verwendet werden, um die Gefahr des Eindringens von Gas in das Kraftstoffsystem zu vermeiden.

Die Druckbeaufschlagung von Flüssigkraftstofftanks mit höherem Druck soll nicht vorgesehen werden. Um die Kraftstoffförderung zu unterstützen, ist eine

Druckbeaufschlagung bis 0,35 bar erlaubt.

Flüssiggastanks sind Druckbehälter und müssen als solche zugelassen sein.

3.11 Tanks und Leitungen sollen regelmäßig auf Beschädigungen geprüft und bei Bedarf ersetzt werden; besondere Aufmerksamkeit ist auf Verhärtungen von flexiblen Schläuchen und Dichtungen an Verbindungen, an denen hohe Drücke auftreten, zu legen.

Es soll nur sauberer, gefilterter Kraftstoff verwendet werden; es sind geeignete Maßnahmen zur Vermeidung der Verschmutzung des Kraftstoffsystem zu treffen.

4. Schmiersystem

Der Öltank ist so anzuordnen, daß der Ölvorrat schnell und leicht festgestellt werden kann.

4.2 Das Schmiersystem soll so aufgebaut sein, oder es sind geeignete Maßnahmen zu treffen,

daß im Stand kein Öl, weder durch Schwerkraft noch durch Wärmeausdehnung, in

das Triebwerk gelangen kann.

Der Öltank soll so nah wie möglich beim Triebwerk liegen, oder es soll vor dem Anlassen manuell Öl ins Triebwerk gedrückt werden, um schnellstmögliche Schmierung zu

gewährleisten.

Bei Anwendung im Flugmodell soll das System die Schmierung immer gewährleisten und Unterbrechungen, die von Flugmanövern herrühren, auf ein Minimum reduzieren.

4.5. Der Öldurchfluß muß überprüft und auf den vom Konstrukteur oder Hersteller

angegebenen Ölverbrauch eingestellt werden.

4.6 Ein geeigneter Filter soll vor einem Durchflußbegrenzer oder Regler angebracht werden.

Es ist ein für Turbinen geeignetes Öl zu verwenden.

Ölleitungen und Zubehör müssen aus Material bestehen, das für diesen Zweck und Einsatz geeignet ist. Regelmäßige Überprüfungen auf Dichtigkeit und Beschädigung sind

durchzuführen.

Ölleitungen und Zubehör müssen dem maximalen Druck ohne Leckage oder Ausfall standhalten.

Nach Anlassen des Triebwerks soll überprüft werden können, daß Schmierung vorhanden ist.

5. Einbau

Triebwerke müssen so eingebaut und gesichert werden, daß sie sich unter allen vorkommenden Betriebsbedingungen in keinem Fall lösen können.

Alle Teile in Triebwerksnähe müssen so gesichert sein, daß sie nicht angesaugt werden können.

Das Triebwerk muß durch Gitter im Ansaugkanal oder geeignete Position der Ansaugöffnung vor Schäden durch Fremdkörpern (FOD) geschützt werden.

5.4 Kraftstoff-, Ölleitungen, Servokabel usw. müssen von heißen Triebwerksteilen ferngehalten werden oder müssen für die auftretenden Temperaturen geeignet sein.

5.5 Solange bis genügend Erfahrung vorhanden ist, sollen Triebwerke, die Modelle antreiben, extern montiert werden.

Bei im Rumpf montierten Triebwerken ist auf geeigneten Hitzeschutz vor den heißen Abgasen zu achten.

Der Leerlaufschub von Turbinen kann sehr hoch sein. Wenn das Modell im Leerlauf nicht stehen bleibt, sind geeignete Maßnahmen zu treffen, um es am Wegrollen zu hindern.

Das Verhalten des Modells ist auch von der Bodenbeschaffenheit abhängig.

6. Betriebssicherheit

6.1 Feuer

Ein wirksamer, betriebsbereiter CO₂- oder anderer geeigneter Feuerlöscher und ein ausgebildeter Helfer müssen bei jedem Triebwerkslauf vorhanden sein.

Gasturbinen dürfen nicht betrieben werden, wenn das Umfeld feuergefährdet ist, solange keine Vorkehrungen getroffen wurden, um jedes Risiko auszuschalten.

Bei Umgang mit Flüssiggas sind Rauchen oder offenes Feuer im Radius von 50 m verboten. Hinweisschilder auf Flüssiggastankplätze sollen aufgestellt werden, wenn

ein mit Flüssiggas angetriebenes Modell in der Öffentlichkeit betrieben wird.

Vor dem Ablassen von Flüssiggas sind geeignete Sicherheitsmaßnahmen zu treffen; nicht erlaubt ist das Ablassen von Flüssiggas weniger als 50 m entfernt von und in

keinem Fall auf der dem Wind zugewandten Seite einer laufenden Turbine.

6.1.5 Kraftstoff muß in geeigneten und eindeutig beschrifteten Behältern aufbewahrt werden.

6.1.6 Triebwerksbrände bedeuten eine große Gefährdung, und die potentiellen

Ursachen müssen jedem klar sein:

Restkraftstoff im Triebwerk führt zu einem „ Hot Start “

Falsches Anlaßverfahren

Schleifen des Turbinenrades

Zuviel Öl im Triebwerk

Fremdkörper im Einlauf, dadurch verringerte Verdichterleistung

Verstopfte Einspritzröhrchen

Nachlaufen von Kraftstoff nach Abschalten der Pumpe

Rückenwind beim Anlassen

6.2 Probeläufe

Vor und während jedes Triebwerklaufs soll eine Checkliste benutzt werden.

Erste Testläufe von Neukonstruktionen dürfen nicht in der Öffentlichkeit durchgeführt werden; nur Personen, die zum sicheren Betrieb notwendig sind, oder die sicherheits-

relevante Aufgaben ausführen, sollten anwesend sein.

Ein Teststand, auf dem das Triebwerk sicher befestigt werden kann, soll an einem abgeschirmten Platz benutzt werden.

Auf gute Belüftung des Testplatzes ist zu achten.

Während der Probeläufe soll Augen- und Gehörschutz getragen werden.

Mechanische Defekte, die sich durch ungewöhnliches oder lautes Geräusch, Übertemperatur oder Überdrehzahl oder andere unerwartete Phänomene bemerk-

bar machen, müssen vor einem erneuten Anlaßversuch untersucht und beseitigt werden.

Während der Testläufe, besonders in bebauten Gegenden, muß besonders Augenmerk auf die Vermeidung von Lärmbelästigung gelegt werden.

6.3. Betrieb in der Öffentlichkeit

Ein Triebwerk darf in der Öffentlichkeit nur betrieben werden, wenn der Betreiber mit der Bedienung voll vertraut ist.

Jeder Triebwerkslauf muß in sicherer Entfernung von nicht für die Bedienung notwendigen Personen durchgeführt werden; der Triebwerksauslaß darf nicht in

Richtung dieser Personen zeigen. Wenn die Windrichtung das nicht zuläßt (nach

), dann muß die Entfernung zu eventuellen Zuschauern soweit erhöht werden, daß Abgasgeschwindigkeit und - Temperatur keine Auswirkung mehr zeigen.

Niemand darf sich in der Rotationsebene von Verdichter und Turbine aufhalten. Besondere Aufmerksamkeit ist auf einen sauberen Bereich vor dem Triebwerkeinlaß zu legen sowie darauf, daß keine Fremdkörper wie Ringe oder sonstiger

Schmuck angesaugt oder durch den Abgasstrahl weggeblasen werden können.

6.4 Betriebsanleitungen

6.4.1 Betriebsanleitungen des Herstellers oder Konstrukteurs müssen immer eingehalten und genau befolgt werden.

7. Wartung

7.1 Eine regelmäßige Wartung des Triebwerkes muß durchgeführt werden. Häufigkeit und Art der

Überprüfung hängt vom Triebwerkseinbau, Erfahrung des Betreibers sowie dem Betriebshandbuch des Herstellers ab; sie kann von einer visuellen Vorflugkontrolle bis zu einem kompletten Zerlegen des Triebwerks nach festgelegten Intervallen reichen.

Als Minimum müssen folgend Checks vor jedem Flug durchgeführt werden:

Dichtigkeitskontrolle des Kraftstoff- und Schmiersystems.

Sichtkontrolle von Verdichter und Turbinenrad auf Beschädigungen. Selbst kleinste Schäden an einer Verdichterschaukel, die durch den Einlaß sichtbar sind, können

Anzeichen für einen schweren Fremdkörperschaden sein und müssen vor dem nächsten

Anlaßvorgang untersucht werden.

Sichtkontrolle von Filtern (wenn zugänglich) um sicherzustellen, daß sie nicht verstopft sind.

Als Minimum müssen folgende Kontrollen in festen Intervallen, vorzugsweise vor jedem Flugeinsatz, durchgeführt werden:

Reinigung von Kraftstoff - und Ölfiltern

Überprüfung von Kraftstoff und Schmiersystem auf Verstopfungen

Überprüfung von Triebwerk und Hilfssystemen auf Beschädigungen sowie sichere Befestigung.

Es empfiehlt sich, ein Logbuch für jedes Triebwerk zu führen, das folgende Aufzeichnungen enthalten sollte:

Datum

Laufzeit des Triebwerks

Gesamtlaufzeit

Datum und Art von Wartungs- oder Reparaturarbeiten, inklusive Einzelheiten über z.B. Austausch von Teilen.

Jedes andere Detail, das zur Erstellung eines Wartungshandbuches wichtig sein könnte.

8. Qualifikation des Beteibers

8.1. Anfänger sollten sich, wenn immer möglich, an einen im Umgang mit Turbinen Erfahrenen

wenden, bevor sie eine Turbine betreiben. Bei jeder Unklarheit, -Hilfe suchen-.

Um Erfahrung im Anlassen und in den Besonderheiten des Betriebs eines Turbinen-triebwerks zu gewinnen, müssen die ersten Läufe auf einem Teststand durchgeführt werden.

Der Betreiber darf kein Triebwerk in der Öffentlichkeit vorführen, bevor er nicht genügend Erfahrung gesammelt hat.

9. Fliegen

Betreiber im UK (England) müssen sich an die Regeln der Civil Aviation Authority publication

CAP658 "Small (Model) Aircraft: A Guide to Safe Flying" und die gültige Ausgabe des BMFA

Members Handbook halten. Betreiber von Turbinentriebwerken sollten mindestens die Flug-erfahrung gemäß BMFA Power Achievement Scheme „B" haben, bevor sie ein turbinen-betriebenes Modell ohne Anleitung fliegen. Personen, die Einweisungen im Turbinenflug geben, sollten mindestens nach BMFA Power Achievement „B" qualifiziert sein.

Betreiber von Modellen mit Turbinenantrieb sollten sich der Besonderheiten dieses Antriebs bewußt sein. Besondere Aufmerksamkeit ist zu richten auf:

Verzögertes Ansprechen auf Gasgeben.

Hohe erreichbare Geschwindigkeiten, die vom verfügbaren Schub abhängen, welcher bei zunehmender Geschwindigkeit nicht abnimmt.

Hoher Restschub bei Leerlauf, welcher Schwierigkeiten bei der Geschwindigkeitsreduzierung auf Landegeschwindigkeit bereitet.