

Axel Rossmann

# Die Sicherheit von Turbo-Flugtriebwerken

problemorientierte Triebwerkstechnik für Praktiker

- Untersucher
- Gutachter
- Dienststellen und Behörden
- Betreiber
- Qualitätssicherung
- Konstrukteure
- Wartung und Kundendienst

Band 2

Reibverschleiß, Anstreifen und Spalthaltung,  
Labyrinthdichtungen, Bürstendichtungen,  
Containment, Feuer und Explosionen

Dieser Band umfasst über 720 Seiten, ca.340 Bildtafeln mit ca.1000 Skizzen  
sowie ausführlichen Beschreibungen



Axel Rossmann

---

## **1. Auflage**

(Serie 3.4)

Bei der Erstellung dieses Buches wurde mit großer Sorgfalt vorgegangen. Trotzdem können Fehler nicht vollständig ausgeschlossen werden. Verlag und Autor können für fehlerhafte Angaben und deren Folgen weder eine juristische Verantwortung noch irgend eine Haftung übernehmen. Für Verbesserungsvorschläge und Hinweise auf Fehler sind Verlag und Autor dankbar.

© 2000 by A.Rossmann, Turbo Consult, Karlsfeld

Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung außerhalb der engen Grenzen des Urheberrechtsgesetzes ist ohne Zustimmung von Turbo Consult unzulässig und strafbar. Dies gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

**Bestellung dieses Buches:**

**Fax Nr. (Deutschland) 08131 50 50 67**

ISBN 3-00-008429-0

---

## Vorwort

Im Vorwort zu Band 1 wurde erklärt, dass die besondere Form dieses Werks mit vielen Beispielen aus der Praxis und umfangreichem Bildmaterial gewählt wurde, um Praktikern Erfahrung zu vermitteln und die Motivation, sich mit einer anspruchsvollen Materie zu beschäftigen, anzuregen.

Im Gegensatz zu Band 1 der besonders Probleme durch äußere Einflüsse behandelte, befasst sich der vorliegende Band 2 im Schwerpunkt mit problemorientierten Betrachtungen zum Bauteilverhalten unter Betriebsbeanspruchungen die sich aus der Bauteilfunktion ergeben. Hierzu gehören Reibverschleiß und Anstreifvorgänge, das Auffangen von Rotorbruchstücken und das Entstehen und die Auswirkungen von Feuer und Explosionen.

Dieser Band setzt Band 1 voraus. Es wurde jedoch versucht, das Verständnis ohne diesen zu ermöglichen.

Der Autor ging nicht davon aus, dass die Bücher fortlaufend gelesen werden. Sie sollen eher durch nachschlagen informieren und sind in ihrem Lay Out entsprechend konzipiert. Der beschreibende Text zu den einzelnen Bildern soll deshalb einen möglichst großen Informationsinhalt aufweisen und wichtige Effekte darstellen. Es ist gewollt, wenn sich in Bildbeschreibungen und Fließtext Hinweise und Erklärungen wiederholen. In Triebwerks-Überholungshandbüchern findet man z.B. ähnliche Wiederholungen zur Bewertung der Reparierbarkeit verschiedener Schaufelstufen.

Die angegebene Literatur wurde nicht unter dem Gesichtspunkt der Primärliteratur ausgewählt. Wer sich tiefer in die jeweilige Gebiete einarbeiten möchte, kann dort, wenn es sich nicht um Beiträge aus Zeitschriften handelt, Hinweise auf weitere Veröffentlichungen finden.

Ich danke meiner Frau Dr. Daniela Rossmann für das jahrelange Verständnis, den Verzicht auf gemeinsame Zeit und für viele hilfreiche Hinweise zur Gestaltung, ohne die dieses Buch nie möglich geworden wäre.

Karlsfeld, September 2001

Axel Rossmann

---

Mein besonderer Dank gilt

dem Lektor, Herrn Dipl.-Dokumentar Reinhard Glander,

für fachliche Korrekturen und Beratung:

Herrn Dr.-Ing. Hanns Belohradsky (Schwerpunkt: Containment, Auswirkung von Bruchstücken)

Herrn Dipl. Ing. Jon Bjoervik (Schwerpunkt: Spaltänderungen im Triebwerksbetrieb)

Herrn Dipl. Ing. (FH) Alfons Gail (Schwerpunkt: Bürstendichtungen)

Herrn Dipl.-Ing. (TU) Hagen P. Hanser (Schwerpunkt: Verständnis der Triebwerkstechnik)

Herrn Dipl. Ing. Dipl.-Wirtsch.-Ing. Helmut Schubert (Schwerpunkt: Literatursichtung und -beschaffung)

Herrn Dipl. Ing. (Univ.) Otto Liebscher (Schwerpunkt: Labyrinth)

---

# Inhaltsverzeichnis

## **Vorwort**

## **Einführung**

## **6. Schwingverschleiß (Fretting)**

- 6.1 Grundlagen der Schwingverschleißschädigung
- 6.2 Schäden durch Schwingverschleiß
- 6.3 Abhilfen gegen Schäden durch Schwingverschleiß

## **7. Anstreifverhalten und Spalthaltung**

### 7.1 Schaufelspitzen

- 7.1.1 Grundlagen des Anstreifvorgangs bei Schaufelspitzen
- 7.1.2 Spaltänderungen an Schaufelspitzen
  - 7.1.2.1 Spaltänderungen durch thermische Dehnungen
  - 7.1.2.2 Rotorverkrümmung („Rotorbow“)
  - 7.1.2.3 Spaltänderung durch Manöverlasten
  - 7.1.2.4 Spaltänderungen durch aerodynamische Lasten auf die Triebwerksgondel
  - 7.1.2.5 Spaltänderung durch Triebwerksschub
  - 7.1.2.6 Spaltänderung durch Gehäuseverformung infolge Innendrucks
  - 7.1.2.7 Spaltänderung durch Kreiselkräfte
  - 7.1.2.8 Spaltänderungen durch hochfrequente Schwingungen
- 7.1.3 Schäden durch das Anstreifen von Schaufelspitzen
- 7.1.4 Abhilfen gegen Schäden durch das Anstreifen von Schaufelspitzen

### 7.2 Labyrinthdichtungen

- 7.2.1 Grundlagen des Anstreifvorgangs bei Labyrinth
  - 7.2.2 Schäden durch das Anstreifen von Labyrinth
  - 7.2.3 Abhilfen gegen Schäden durch das Anstreifen von Labyrinth
-

### 7.3 Bürstendichtungen

7.3.1 Grundlagen des Betriebsverhaltens von Bürstendichtungen

7.3.2 Schäden an Bürstendichtungen

7.3.3 Abhilfen gegen Schäden an Bürstendichtungen

## **8. Gehäusebelastung durch Rotorbruchstücke**

8.1 Grundlagen und Schäden

8.2 Empfehlungen zur Schadensminimierung

## **9. Feuer und Explosionen**

9.1 Metallfeuer (Titanfeuer, Magnesiumfeuer)

9.1.1 Grundlagen zur Entstehung von Metallfeuern

9.1.2 Schäden durch Metallfeuer

9.1.3 Abhilfen und Schutz gegen Metallfeuer

9.2. Ölfeuer

9.3 Kraftstofffeuer

9.4 Explosionen

9.4.1 Staubexplosionen

9.5 Feuer erkennen und löschen

10. Triebwerksaufhängungen

## **Sachregister**

---



