



## Flugzeugprüfstand für Langzeittests

IABG Industrieanlagen-Betriebsgesellschaft mbH



**HANCHEN**®



- 1 | Aufgebautes Flugzeug in einer Halle für Materialbelastungsprüfungen.
- 2 | Der Prüfstand: Sicht auf die Tragflächen

## Airbus im Dauerstress



### HYDRAULIK-ZYLINDER REIHE 306

- + Abmessungen  
Kolben- $\emptyset$  50–320 mm  
Stangen- $\emptyset$  36–225 mm  
Hub 50–6000 mm
- + Wirkungsart: Gleichlauf und Synchron
- + Dichtungskombination:  
Servocop und Servofloat

**Prüfstand mit Hänchen-Zylindern definiert Grenze des Machbaren neu.** Über vier Meter können sich die Flügelspitzen des A 340-600 in Turbulenzen bewegen. Wer das ständige meterweite Auf und Ab der Flügel im Versuch beobachtet, bekommt eine Vorstellung von der Materialbelastung, der ein Verkehrsflugzeug ausgesetzt ist. Dieser Airbus wird mindestens 35.000 Flüge absolvieren – und dabei niemals die Halle direkt neben dem Flughafen Dresden verlassen: 94 Hydraulikzylinder von Hänchen bewegen das Flugzeug und sind die mechanische Kernkomponente eines Zeitraffertests, der innerhalb von 18 Monaten die Bewegungsabläufe eines ganzen Flugzeuglebens von 25–30 Jahren simuliert.

### In 40 Jahren 30 Flugzeugtypen

Vom Tornado bis zum Airbus reicht das Spektrum der Flugzeuge, die unter der Federführung der Münchner IABG seit den sechziger Jahren geprüft wurden – darunter die Airbusse 300, 310, 320, 330 und 340. Die Aufgabe dieser Langzeittests besteht darin, ausreichende Lebensdauer der Flugzeugzelle experimentell nachzuweisen und evtl. noch vorhandene Schwachstellen zu beseitigen. Kunden für diese Tests sind alle bedeutenden europäischen Flugzeug-Hersteller. Der aktuelle Test wird von der IABG bei und mit der Dresdener IMA Materialforschung und Anwendungstechnik GmbH durchgeführt. Innerhalb von nur zwei Jahren wurde der Test geplant und aufgebaut. Im April 2001 begannen die statischen Tests, im September kurz vor dem Erstflug die Lebensdauertests, die, mit einer von der IABG entwickelten, neuen Steuerungstechnik, in einem äußerst kurzen Zeitraum durchgeführt werden konnten.





3 | Der Prüfstand:  
Sicht auf die Trag-  
flächen.

### Tests mit Hänchen Zylindern

Seit 1974 werden für diese dynamischen Flugzeugtests überwiegend Hydraulikzylinder von Hänchen eingesetzt. Über viele Kilometer Rohrleitungen, die an den Hauptleitungen bis zu 20 cm Durchmesser aufweisen, werden die Zylinder mit einem Durchsatz von 4.400 Litern Drucköl pro Minute versorgt. Prozessrechner koordinieren die Bewegungsabläufe so, dass die Belastungen dem Flieger-Alltag des Airbus A 340–600 entsprechen. Um diese Bewegungen realitätsnah umzusetzen, werden die Hydraulikzylinder über Proportionalventile angesteuert. Dabei sind überwiegend Prüfmaschinenzylinder mit schwimmender Ringspaldichtung, ein Hänchen Patent, im Einsatz. Für Sonderaufgaben werden aber auch Prüfzylinder mit hydrostatisch gelagerter Kolbenstangenführung genutzt.

### Simulation nicht nur am Computer

„Das Entdecken von Schäden bei derartigen Versuchen gehört zum Alltagsgeschäft“ fasst der für das Projekt verantwortliche Niederlassungsleiter der IABG, Dipl.-Ing. Klaus Woithe die Erfahrungen aus 40 Jahren zusammen. „Auch moderne Computer-Modelle etwa mit FEM, der Finiten-Elemente-Methode, können die dynamischen Langzeit-Tests noch immer nicht ersetzen“, so seine Feststellung. Denn die Computer Analyse kann bestimmte in der Realität auftretende Effekte im Allgemeinen nicht mit der erforderlichen Genauigkeit abbilden. Aufgrund der heute üblichen schadenstoleranten Auslegung von Flugzeugen können Risse in der Rumpfbeplankung von einigen Zentimetern auftreten, ohne dass die Sicherheit des Flugzeuges beeinträchtigt wird. Die Nachweisversuche in Dresden werden an der Flügelstruktur mit ca. 60 Meter Spannweite und einem 33 Meter langen Rumpfsegment durchgeführt. Fahrwerks- und Engine Pylon Dummies dienen zur Einleitung der aus diesen Komponenten kommenden Lasten.

### Kerntechnologie Hydraulik

„Für den dynamischen Test der Materialermüdung an Flugzeugen ist die Hydraulik die Kerntechnologie zur Belastungssimulation. Denn Steuer-, Mess- und Fluid-Technik arbeiten bei uns Hand in Hand“, so Woithe. „Die Rechner müssen in Echtzeit Vorgaben machen, die dann mit Hilfe von SPSen über Regelkreise mit Kraftmess-Dosen im Soll-Ist-Vergleich angesteuert werden. Neben der Steuerung dienen sie auch der Vorbeugung vor Überbelastungen. Hochwertige Prüfzylinder sind eine Grundvoraussetzung, um hier einen realistischen Testablauf zu gewährleisten. Dabei haben wir in 27 Jahren gemeinsam mit Hänchen immer wieder neu die Grenzen des Möglichen





4 | Auch der Rumpf wird gezielt mit Hydraulikzylindern belastet.

definiert und trotzdem in gutes Preis-Leistungs-Verhältnis bei hoher Termintreue erreicht.“ Erfolgreich wurden die Prüfzylinder aus Ostfildern durch ihre Stärken wie besonders niedrige Reibung, optimale Dichtheit, exzellentes Ansprechverhalten, geringer Verschleiß, extreme Kolbengeschwindigkeit, geringes Losbrechmoment, Dauerfestigkeit und lange Lebensdauer.

#### **Zweieinhalb Leben in 18 Monaten**

Aus Sicherheitsgründen werden mehr als zweieinhalb Flugzeugleben experimentell nachgewiesen. Um die Materialermüdung zu prüfen, werden dabei alle Flugphasen simuliert: Das sind Start und Landung sowie alle Flugphasen, bei denen der Airbus Lastwechseln ausgesetzt ist, also vertikale und horizontale Böen sowie Flugmanöver. So kann selbst ein langer Transatlantik-Flug bei guten Wetterbedingungen auf ein Simulationsprogramm von einer viertel oder halben Stunde zusammengefasst werden. Für die Kategorien Kurz-, Mittel- und Langstreckenflüge wurden jeweils eine Reihe von typischen Flügen vom Standardflug bis zum harten Extremflug definiert. Sie bestehen aus Belastungsdaten für die Flugzeugzelle mit der Zuordnung zu einem Höhen-Profil. Denn die Kabine wird über eine Kompressoranlage und zwei Windkessel je nach simulierter Höhe unter einen erhöhten Innendruck gesetzt, um die Druckdifferenz zwischen Kabine und Umgebung entsprechend der jeweiligen Flughöhe zu simulieren. Aus diesen Flugtypen wird ein Flight-by-Flight Programmablauf erstellt, der mehr als 1000 Flüge umfasst. Er wird solange wiederholt, bis die vorgegebene Anzahl von Gesamtflügen erreicht ist. Ständige Sichtüberwachung durch Inspektoren, umfangreiche, tagelange Inspektionen der gesamten Teststruktur sowie periodische Messungen von 3600 Dehnstreifen und 80 Verformungsaufnehmern stellen sicher, dass auftretende Schäden umgehend gefunden werden. Da das Flugzeug schadenstolerant konstruiert ist, werden Risse nach dem Entstehen in ihrer Entwicklung beobachtet, bis die kritische Länge erreicht ist. Danach wird eine Reparatur oder ein Teiletausch durchgeführt. Durch ein ausgeklügeltes Überwachungssystem wird sichergestellt, dass nicht versehentlich nicht beabsichtigte, insbesondere jedoch keine zu hohen Belastungen aufgebracht werden.

#### **Die schwimmende Ringspaldichtung**

Die Genauigkeitsanforderungen machen es notwendig, dass Störkräfte wie z. B. stick-slip-Effekte der Zylinder vermieden werden. An den Flügelspitzen beispielsweise treten sehr geringe Rückstellkräfte auf, sie müssen aber gleichzeitig mit bis zu 670 mm/s bewegt werden. Dabei werden die Flügel bis 2,9 m aus der Null-Lage nach oben, bis 1,2 m nach unten bewegt. Doch





5 | Belastung des Rumpfs mit Hydraulikzylindern.

es kann leicht zu Störschwingungen der weichen Strukturen kommen, wenn die Kolben und Kolbenstangen der Hydraulikzylinder nicht möglichst leichtgängig sind. Hier werden Toleranzen von nur 3 Prozent der Zylindernennlast akzeptiert, in der Praxis liegen diese unter 2 Prozent. Störschwingungen würden zu ungewollten, Lastabweichungen führen und die Testergebnisse verfälschen. Besonders die Hydraulikzylinder mit der von Hänchen patentierten schwimmenden Ringspaltichtung werden deshalb bei den Strukturversuchen an Flugzeugen eingesetzt, da sie druck-unabhängig immer die selbe Reibung haben. In ihnen verformt sich eine Büchse aus Stahl durch einen Drosselspalt und erzeugt so einen berührungsfreien Dichtspalt von wenigen 1/100 mm. Voraussetzung für diese Technologie ist eine Produktionsgenauigkeit im Bereich weniger  $\mu\text{m}$ , da ansonsten die Leckage zu hohen hydraulischen Verlusten führt. Diese Zylinder-Baureihe (PZR) bringt einen Kostenvorteil von rund 30% gegenüber Zylindern mit hydrostatisch gelagerter Kolbenstangenföhrung (PLZ). Denn die PZR-Zylinder bieten durch ihre sehr geringe Reibung die Möglichkeit, sehr hohe Positionier- und Wiederholungsgenauigkeit, sind stick-slip-frei und für äußerst langsame und schnelle Bewegungen gleichermaßen geeignet. Für die Auswahl der Hänchen Hydraulikzylinder war aber auch die Standfestigkeit ausschlaggebend. Schließlich läuft der Versuch 24 Stunden an sieben Tagen pro Woche.

Jörg Beyer, mediaword