



## Prüfstand für die Simulation von Flugbedingungen

DLR Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V.



**HANCHEN**<sup>®</sup>



1 | Als Testumgebung dient dem DLR ein so genannter „Ironbird“, ein Prüfstand zur ganzheitlichen Betrachtung moderner Fly-by-wire-Systeme und deren Subsysteme.

## Hänchen Hydraulikzylinder testen auf Herz und Nieren



### HYDRAULIK-ZYLINDER REIHE 328

- + Abmessungen 54 / 40 / 180
- + Betriebsdruck 320 bar , Prüfdruck 480
- + geeignet für Medium Skydrol
- + Befestigungs- und Anbauteile: Gelenkkopf, Flanschkopf, Schutzrohr, Wegmesssystem, Kraftaufnehmer, Aufbauplatte, Membranspeicher, Stetigventile, Zwischenplatte, Spülplatte
- + Sensorik: Wegmesssystem, Kraftaufnehmer
- + Dichtungskombination Servofloat mit patentierter schwimmender Ringspalt-dichtung

### Ein „Eiserner Vogel“ erforscht neue Flugsteuerungskonzepte, Hydraulik-Zylinder simulieren aerodynamische Kräfte an den Ruderflächen.

Die Anforderungen an die Systemzuverlässigkeit bei Verkehrsflugzeugen insbesondere im Bereich des Flugsteuerungssystems sind sehr hoch, denn der Ausfall von Systemen während des Fluges kann katastrophale Folgen haben. Das DLR (Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V.) arbeitet in der Abteilung „Sichere Systeme & Systems Engineering“ des Instituts für Flugsystemtechnik daran, die Sicherheit von Systemen noch weiter zu erhöhen und eine sichere Beendigung des Fluges auch nach unvorhergesehenen Ereignissen zu gewährleisten. Für die Erforschung neuer Lösungen entwickelte das DLR als Testumgebung einen „Ironbird“.

#### Der Ironbird oder das „System of Systems“

Der Ironbird ist ein Prüfstand zur ganzheitlichen Betrachtung moderner Fly-by-wire Systeme und deren Subsysteme und umfasst neben einem Aktuator-Prüfstand auch eine daran gekoppelte Cockpit-Simulationsumgebung. Durch diese Kombination wird die Erforschung neuer Flugsteuerungskonzepte und -systemlösungen sowie ein umfangreiches Testen dieser Systeme in einem sehr frühen Entwicklungsstadium ermöglicht. Fehlfunktionen können auftreten, wenn etwa ein System der Flugzeughydraulik zur Energieversorgung von Höhen-, Seiten- und Querruder ausfällt. Deshalb gehören Tests unter anderem in diesem Bereich zu den Hauptaufgaben des Ironbirds. Um die Flugzeughydraulik auf Herz und Nieren zu testen, simulieren Hydraulikzylinder der Herbert Hänchen GmbH & Co. KG aus Ostfildern bei Stuttgart die im Fluge auftretenden aerodynamischen Lasten auf die Ruderstellsysteme. So ist es möglich, das Verhalten des Systems in kritischen Situationen unter realitätsnahen Bedingungen zu prüfen. Da sich Verkehrsflugzeuge meist in großen Höhen und bei hohen Geschwindigkeiten fortbewegen und somit Fehlfunktionen





2 | Der Prüfstand umfasst neben einem Aktuator-Prüfstand auch eine daran gekoppelte Cockpit-Simulationsumgebung.

schwerwiegende Konsequenzen nach sich ziehen können, wird ein Großteil der Systeme bei Neuentwicklungen zunächst am Boden untersucht, um eine Gefährdung von Menschen zu minimieren. Um im Bereich dieser sicherheitskritischen Systeme effizient forschen zu können, wurde ein Prüfstand entwickelt, der Flugbedingungen möglichst realitätsnah simuliert. Der Ironbird ermöglicht die Durchführung von Tests der Flugsteuerungskonzepte im geschlossenen Regelkreis (closed-loop). Zentrales Ziel des Prüfaufbaus ist es, die Wechselwirkungen der verschiedenen Komponenten der Flugsteuerung zu ermitteln und auszuwerten.

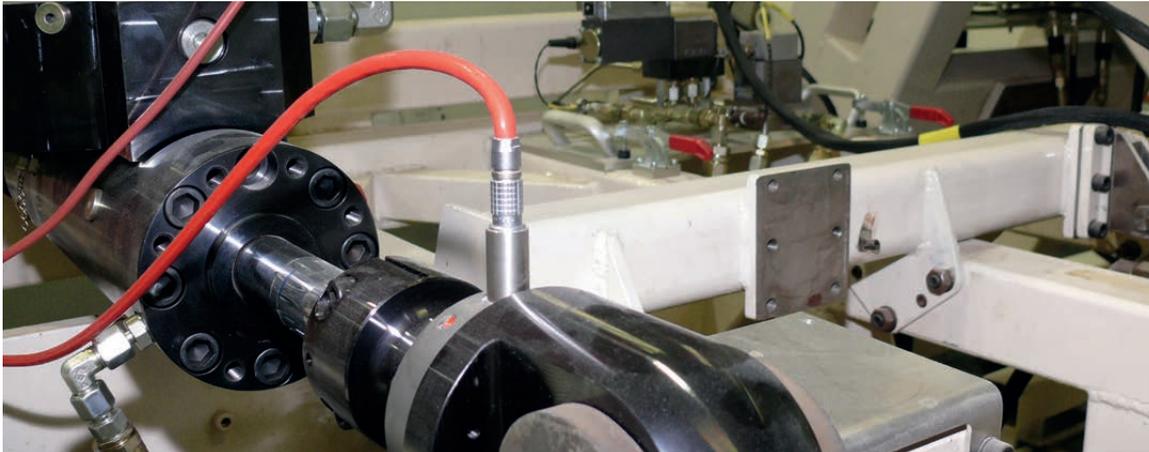
#### Interaktion und Integration

Das heißt, nicht nur die einzelnen Systeme werden getestet, sondern auch deren Interaktion und die Integration der neuen Komponenten in das System bis hin zur Untersuchung des Einflusses neuer Systemlösungen auf die Flugeigenschaften. Dipl.-Ing. Holger Spangenberg, beim DLR verantwortlich für den Ironbird, nennt dies das „System of Systems“. Von der Steuereingabe bis hin zum Aktuatorauschlag muss ein durchgängiges Gesamtsystem vorhanden sein. So lassen sich Subsysteme genauer untersuchen und Lösungen im Bereich der Rekonfiguration von Flugsteuerungssystemen erarbeiten. Dabei werden Interaktionen der Flugzeugsysteme mit dem Ziel der Sicherheitserhöhung von Flugzeugen auch unter Extrembedingungen berücksichtigt. Die frühzeitige Betrachtung der Systeminteraktionen ist insbesondere bei komplexen Systemen wie der Flugsteuerung notwendig, da sonst mögliche negative Beeinflussungen verschiedener Systeme erst spät erkannt und ein Großteil der Entwicklung nochmals neu durchlaufen werden muss. „Das ist auch das Besondere an unserem Ironbird, dass eine Simulation der gesamten Flugsteuerungskette mit einer Kombination aus Cockpitsimulation und Aktuatorprüfstand für eine ganzheitliche Bewertung von Flugsteuerungssystemen auch durch Testpiloten erreicht werden kann“, betont Spangenberg.

#### Ein Prüfstand für viele Aufgaben

Der Prüfstand ist in der Lage, eine Testumgebung für eine Vielzahl von Forschungsaufgaben zu bieten: So lassen sich neue Subsysteme wie zum Beispiel Aktuatoren, Sensoren oder Rechner-systeme in den Prüfstand integrieren, um u.a. neue Algorithmen zur Regelung oder Zustandsüberwachung und -prognose zu entwickeln, um diese anschließend auf deren Funktion hin zu testen – auch unter verschiedenen Fehlerkonditionen. Weiterhin ist die Erforschung neuer Datenbus-Systeme wie „Fly-by-light“ oder „Drahtlose Flugsteuerung“ möglich. Ein nächster Bereich, den der Ironbird abdeckt, ist das Erforschen neuer Flugregelungskonzepte für das gesamte Flugsteuerungssystem. Dabei lässt sich der Einfluss von und das Zusammenspiel mit Subsystemen wie Sensoren, Aktuatoren und Rechnern untersuchen.





3 | Um die Flugzeu-  
ghydraulik auf Herz  
und Nieren zu testen,  
simulieren Hydraulik-  
Zylinder von Hänchen  
die im Fluge auftre-  
tenden aerodynami-  
schen Lasten auf die  
Ruderstellensysteme.

### Zustandsüberwachung

Für die Erforschung von Condition-Monitoring Methoden zur Zustandsüberwachung und -prognose von elektro-mechanischen oder elektro-hydraulischen Flugsteuerungsaktuatoren sollen die entwickelten Verfahren unter möglichst realen Bedingungen untersucht und bewertet werden. Hier kommen die Hänchen Prüfzylinder zum Einsatz, um die aerodynamischen Lasten präzise zu simulieren, die im Fluge auf die Ruder wirken. Die Vorgabewerte für die Regelung der Prüfzylinder liefert eine flugmechanische Simulation. Dabei berechnet das Testsystem in Abhängigkeit verschiedener Parameter wie Fluggeschwindigkeit, Flughöhe und Ausschlag des Ruders ständig neue Vorgabewerte und übergibt diese an die Regelung der Zylinder zur Simulation der aerodynamischen Lasten.

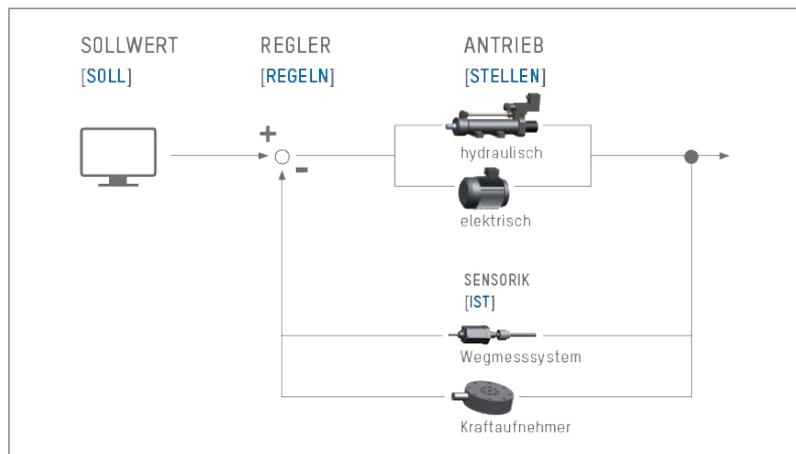
### Maximale Flexibilität: Lineares Antriebssystem Ratio-Drive® made by Hänchen

Hänchen liefert das gesamte lineare Antriebssystem für zwei Höhenruder, ein Quer- und ein Seitenruder. Das Komplettsystem Ratio-Drive® von Hänchen bildet ein geschlossenes System, das externe Sollwertvorgaben erhält. Der Prüfstand arbeitet mit von Hänchen integrierten Druckdosens. Das heißt, der komplette Aktuator inklusive Sensorik und Steuerung sowie Software wurde einschließlich Engineering von Hänchen als Komplettlösung realisiert. Das Unternehmen hatte die Aufgabe, die Anforderungen an die Hydraulikzylinder hinsichtlich der dynamischen Eckwerte, der maximalen Kräfte, die auf das System wirken müssen, der Genauigkeit der Sensoren sowie der Rahmenbedingungen des bestehenden Hydraulik-Systems – also Medium, maximalen Druckfluss und maximalen Druckbereich – zu erfüllen. Das heißt, äußerste Flexibilität auch bei den externen Sollwertvorgaben. Zusätzlich mussten Schnittstellen hardwaretechnisch gelöst werden: Um zum Beispiel das Regelungssystem von Hänchen zu überbrücken, um eigene Regelungskonzepte schnell und flexibel mit einem Rapid Control Prototyping System umzusetzen, war es notwendig, externe Regler mit Elektronik von Hänchen zu koppeln. Da bei den Tests kaum Querkräfte auftreten, verwendet das DLR für seinen Prüfstand Prüfzylinder in Servofloat®-Qualität.

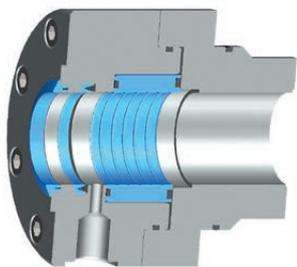
### Die schwimmende Ringspaldichtung Servofloat®

Hänchen empfahl diese Prüfzylinder, da die patentierte schwimmende Ringspaldichtung gerade für Anwendungen mit begrenzten Querkräften bei höchster Dynamik und Qualität die erste Wahl ist. Die Hydraulikzylinder in Servofloat®-Qualität sind praktisch reibungsfrei. Bei äußerst langsamen und sehr schnellen Bewegungen bieten sie berührungsfreien Druckabbau nach außen, geringe Leckage, höchste Positionier- und Wiederholgenauigkeit und sind stick-slip-frei. Diese Dichtungskombinationen arbeiten nach folgendem Prinzip: Beim Systemstart wird über die Zylinderkammern ein hydrodynamischer Ölstrom in der Ringspaldichtung aufgebaut, sodass sich





4 | Ratio-Drive von Hänchen: ein System zur Umsetzung der gewünschten Funktion.



5 | Dichtungskombination Servofloat mit patentierter schwimmender Ringspalt-dichtung.

die Ringspalt-dichtung metallisch berührungslos „schwimmend“ und selbstzentrierend radial um die Kolbenstange bewegt: Die Ringspalt-dichtung hat eine zylindrische Form mit definiertem Spiel zur Stange und liegt im Einbauzustand exzentrisch in zufälliger Lage. Durch den anliegenden Druck verformt sich eine Büchse aus Stahl zu einem druckabhängigen, berührungsfreien Dichtspalt von wenigen 1/100 mm. Dieses Verfahren funktioniert aber nur durch eine Produktionsgenauigkeit im Bereich weniger  $\mu\text{m}$ , denn andernfalls führte die Leckage zu hohen hydraulischen Verlusten. Austretendes Lecköl wird drucklos über einen Sammelanschluss in den Fluidkreislauf zurückgeführt. Das Fehlen einer berührenden druckbeaufschlagten Dichtung minimiert die Haft- und Gleitreibung im Hydraulikzylinder. Weil kein hydrodynamischer Schmierfilm durch die Relativbewegung der Gleitpartner notwendig ist, kann auch im Bereich kleinster Amplituden und Geschwindigkeiten eine stick-slip-freie Bewegung erfolgen. Die Ringspalt-dichtung hat nur eine druckabbauende Funktion bei geringster Leckage. Deshalb wird die Kolbenstange mittels reiboptimierter Führungsbänder geführt. Trotzdem kann auch ein Prüfzylinder mit schwimmender Ringspalt-dichtung gewisse Querkräfte aufnehmen. Diese Reihe verfügt darüber hinaus durch die mit Spezialbronze beschichteten Kolben- und Lagerflächen über Notlaufeigenschaften, die zusätzlich die Betriebssicherheit erhöhen. Ein weiteres schlagendes Argument für Prüfzylinder mit schwimmender Ringspalt-dichtung ist zweifelsfrei der Preis. Denn diese Baureihe unterscheidet sich nur in der etwas höheren Empfindlichkeit für Seitenkräfte von Prüfzylindern mit hydrostatisch gelagerter Kolbenstangenführung, bringt aber einen deutlichen Preisvorteil.

### Konzept und Leistung müssen stimmen

Ausschlaggebend für die Entscheidung, Hänchenzylinder einzusetzen, war für die Experten des DLR laut Spangenberg „das gute Konzept sowie das Preis-Leistungs-Verhältnis der Hänchen-Produkte. Das quasi-hydrostatische Verhalten bei gleicher Regelgüte und das zu einem sehr günstigen Preis hat uns letztendlich überzeugt.“ Dabei spielte auch noch die Empfehlung eines Kollegen von Airbus eine Rolle, der schon seit Jahren erfolgreich mit Hänchen zusammenarbeitet. Gemeinsam mit Hänchen entwickelte das DLR so die Anforderungen an das System weiter, wobei immer wieder hilfreiche Tipps von den Hydraulik-Experten aus Ostfildern mit einfließen. Ein aktuelles Projekt ist die Erforschung neuer Regelungskonzepte für die dynamische Lastsimulation. Wenn hier die Regelparameter und das Konzept endgültig stehen, wird das DLR die Regelungsstruktur in das Abbildungssystem einbringen. „Denn lediglich Parameter einzugeben, ist natürlich komfortabler als mit externen Reglern zu arbeiten“, erklärt Spangenberg. Damit ist Hänchen beim DLR Hersteller, Dienstleister und Systemintegrator in einem.

Jörg Beyer, mediaword





Herbert Hänchen GmbH & Co. KG  
Brunnwiesenstr. 3, 73760 Ostfildern  
Postfach 4140, 73744 Ostfildern

Fon +49 711 44139-0, Fax +49 711 44139-100  
info@haenchen.de, www.haenchen.de