

Advanced Technologies Demonstrator



8]d`"!#b[" < Ubg!>cUW ja `GW i VYfh
8 Uja `Yf7\ fng`Yf`5 YfcgdUW`5]fVi g'; a V<ž
6 fYa Yb



DGLR - Vortrag - 3. Februar 2000 - Hamburg

Technologieprogramm EFCS

Electronic **F**light **C**ontrol **S**ystem

- Vortragsübersicht -

- Ziele Seite 3 - 6
- Kennwerte Seite 7 - 9
- Aufgaben & Produkte Seite 10 - 53
- Vergleich Flugsteuerung Airbus A340-EFCS Seite 54 - 60
- Verwendungspotential / Perspektive Seite 61 - 65
- "Und es bleibt weiter spannend" Video



Ziele des EFCS Technologieprogrammes

Strategische Zielsetzung

Zum Zeitpunkt der Zielsetzung für das Technologieprogramm EFCS wurde die Entwicklung eines Verkehrsflugzeuges außerhalb des Airbus-Konsortiums unter deutscher **Federführung** erwartet (“**100-Sitzer**”/FA-X).

Die DA strebt die Systemführerschaft für dieses Flugzeug außerhalb der Airbus-Welt an. Zusätzlich sind die **bestehenden Workshare-Anteile** der DA im Rahmen Airbus für die sich abzeichnende Entwicklung von A3XX und FLA/A400M zu sichern und zu erweitern.

Die **Flugsteuerung ist ein Schlüsselbereich** zur Systemführung für ein Gesamtflugzeug und ihre Beherrschung ist eine Voraussetzung für ein erfolgreiches, effizientes, technologisch anspruchsvolles und wettbewerbsfähiges Flugzeugprogramm.

Zur Erarbeitung der entsprechenden Kompetenz wird deshalb das Technologieprogramm EFCS beschlossen.

Der “100-Sitzer” ist als Anwendungsziel entfallen.

Die Aufgabe EFCS wird stärker auf Airbus fokussiert (A3XX, A400M, SA-Gesamtkompetenz).

- Die **angestammten DA-Workshare-Anteile** im Airbus-Programm im Bereich der Sekundär-Flugsteuerung müssen langfristig gesichert werden.

*Enormer Kostendruck und neue funktionale Anforderungen erzwingen künftig eine starke Vernetzung von primärer und sekundärer Flugsteuerung, u. U. bis hin zu deren Integration. Deshalb ist das Flugsteuerungssystem in funktionaler und gerätetechnischer Hinsicht als Ganzes zu durchdringen, um **beurteilungsfähig** zu werden und damit ein **ebenbürtiger Partner** zu sein.*

- Darüber hinaus ist durch die Entwicklung und Erprobung neuartiger Technologien in diversen Systemen für zukünftige Airbus-Flugzeuge die Kompetenz für eine **maßgebliche Beteiligung der deutschen Luftfahrtindustrie** an der Flugsteuerung zu sichern.

Technische Zielsetzung

Aufbau der Entwicklungsstruktur und Kompetenz auf dem Gebiet der **Primär-Flugsteuerung** gemeinsam mit der deutschen Ausrüster-Industrie. Dies ergänzt die vorhandene DA-Kernfähigkeit Sekundär-Flugsteuerung (Hochauftriebssystem) zu einer Gesamt-Kompetenz.

Diese Fähigkeit ist zu erarbeiten und sichtbar zu demonstrieren im Rahmen der Teilaufgaben:

- Entwicklung eines technologisch fortschrittlichen 3-Achsen Fly-by-Wire Primär-Flugsteuerungssystems (EFCS),
- Integration und Flugerprobung des EFCS mit einem eigenen Technologie-Erprobungsträger (ATD).



K e n n w e r t e

des EFCS-Technologieprogrammes



Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie

BMWi



DaimlerChrysler Aerospace
Airbus



Projektträger
Luftfahrtforschung

Industrie-Partner

BGT

Bodenseewerk
Gerätetechnik GmbH

LIEBHERR

DAIMLERCHRYSLER
Forschung und Technologie

Forschungs-Partner



TUHH
Technische Universität Hamburg-Harburg



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DARMSTADT

Hauptmeilensteine

- **Beginn Definitionsphase** 06/1994
- **Beginn Realisierungsphase** 08/1995
- **VFW614 G15 wiederflugklar** 03/1996
- **Abschluß Umrüstung ATD** 04/1998
- **Roll-out ATD** 07/1998
- **Erstflug** 08/1999
- **Abschluß LuFol Vorhaben** 09/1999

- **Abschluß Konsolidierungsphase** 06/2000
(Ziel: Nachweis der Flugregelgesetze und der Systemrobustheit
unter realen Einsatzbedingungen)



Technologische Aufgaben und Produkte

Aufgaben

- EFCS ist eine ganzheitliche und hochgradig interdisziplinäre Aufgabenstellung des Flugzeugbaus, die unter Einbindung nahezu aller Fachdisziplinen tiefgreifende Umgestaltungen und Neuentwicklungen in fast allen kritischen technischen Bereichen erfordert.
- EFCS zielt im Schwerpunkt auf den systemtechnisch anspruchsvollsten und für die DA neuen technischen Bereich Primär-Flugsteuerung.
- EFCS bringt ein Flugzeug - einen Prototypen - in die Luft.

Im Hinblick auf die Kombination dieser Merkmale betritt die DA mit dem Programm EFCS auf breiter Front Neuland.

Übergeordnete Querschnittsaufgaben

Definition, Umsetzung, Ausführung und Überwachung von Vorgehensprozessen auf dem für eine Zulassung notwendigen Niveau:

- Entwicklungsprozesse,
- Konfigurations- & Änderungsmanagement,
- Nachweisprozesse (Test, Aufzeichnung, Analyse und Bewertung).

“Handhabung” des Technologie-Erprobungsträgers im interdisziplinären Verbund von

- Flugerprobung,
- Entwicklung,
- Fertigung und Flugbetrieb inklusive Product Support,
- Qualitätssicherung,
- Musterprüfung.

DA erwirbt die Fähigkeiten, einen Prototypen zu definieren, entwickeln, fertigen und zu betreiben.

Wiederflugklarmachung VFW614 - G15



Vorbereitung zur Instandsetzung

Wiederflugklarmachung VFW614 - G15



AUFGABEN:

- Definition Bau-Soll VFW614 - G15
- Feststellung Bau-Ist
- Erstellung und Durchführung von Struktur- und Systeminspektionen (D-Check +)
- Durchführung der Instandsetzung durch Firma Aircraft Services Lemwerder (ASL)

Bereit zur Instandsetzung

Wiederflugklarmachung VFW614 - G15



Im Rahmen der Instandsetzung:

- Behebung von Beanstandungen (ca. 1000)
- Erstellung von Nachweisen für Reparaturen
- Überholung und Neubeschaffung von Geräten
- Neuverkabelung des gesamten Flugzeuges
- Durchführung von EFKAs
- Funktionsnachweis des gesamten Flugzeuges (TW-, APU-Läufe, High Speed Taxi etc.)
- ERSTFLUG - 03/1996 und Nachprüflüge

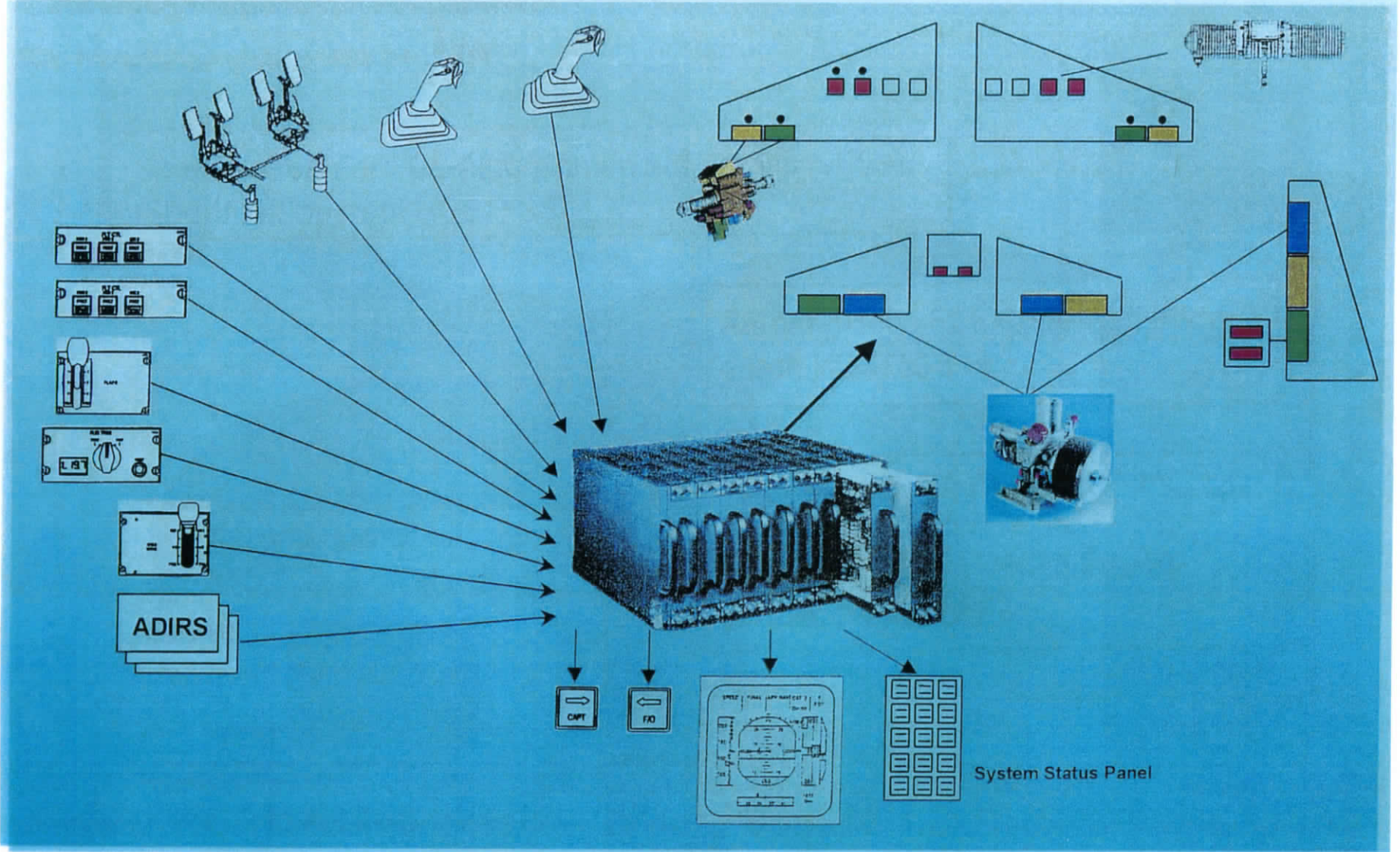
Überführungsflug nach Bremen - Beginn Umrüstung ATD

System- und Geräteentwicklung

Entwicklung und Flugzulassung eines neuartigen 3-Achsen Fly-by-Wire Flugsteuerungssystems bestehend aus folgenden Systemanteilen:

- Sidestick,
- Steuerrechner *inkl. der Flugregelgesetze* (PFCU),
- Antriebe für alle Primär-Steuerflächen (Aileron, Spoiler, Rudder, Elevator),
- Dezentrale Hydraulik-Versorgung für das Heck (HPP).

3-Achsen Fly-by-Wire Flugsteuerungssystem



EFCS - Neue Komponenten und deren Anordnung im Flugzeug

Sidestick



Honeywell

Aileron - Smart Actuator



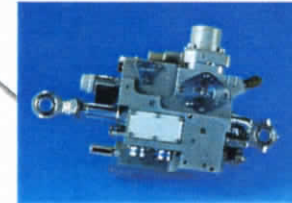
LIEBHERR

Rudder - Actuator



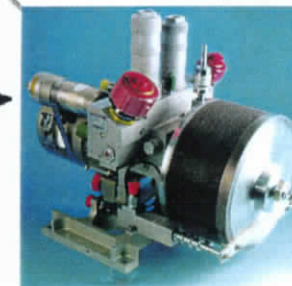
LIEBHERR

Elevator - Actuator



LIEBHERR

HPP



LIEBHERR

PFCU



BGT



LIEBHERR

Spoiler - EMA

Merkmale Steuerrechner PFCU (Hersteller BGT)

- Erstes modulares Avionik-Kabinett für hochsicherheitskritische Anwendungen.
- Gegenüber herkömmlicher Bauweise reduzierte äußere Schnittstellen innerhalb des Flugsteuerungssystems und zur Umgebung.
 - *Reduktion von Entwicklungs- und Stückkosten (z. B. Verkabelung).*
 - *Reduktion von Betriebsstörungen und Wartungskosten.*
- Integration weiterer Funktionen (z. B. Autopilot) modular möglich.
 - *Mit steigendem Integrationsgrad Reduktion von Entwicklungs- und Stückkosten.*
- Rechner-Architektur basiert auf Ressource-Sharing, d.h. Gewährleistung ausreichender Verfügbarkeit bei minimierter Hardware.
 - *Reduktion von Stückkosten.*



- Gesamte Elektronik basiert auf wenigen Typen von Basis-Modulen (Hardware-Baukasten). Module einzeln wechselbar.
Kein Spezialwerkzeug für Wechsel notwendig (fortschrittliche Kontakttechnologie).
→ *Reduktion von Spare-Mengen und Wartungs-Zeitbedarf.*
- Flugregelgesetze implementiert in konsequent abgegrenzter Hardware und Software.
Regler-Software wird routinemäßig von DA im Rahmen der Regler-Entwicklung erzeugt und kann dem Hersteller künftig beigestellt werden.
→ *Erhöht Wertschöpfung und gewährleistet Schutz von sensiblem Know-How.*

Merkmale Sidestick (Hersteller Valentin / Honeywell)

In den elektrischen Anschlüssen kompatibel zu Airbus jedoch:

- geringere Baugröße,
- kostengünstiger,
- etwas leichter.

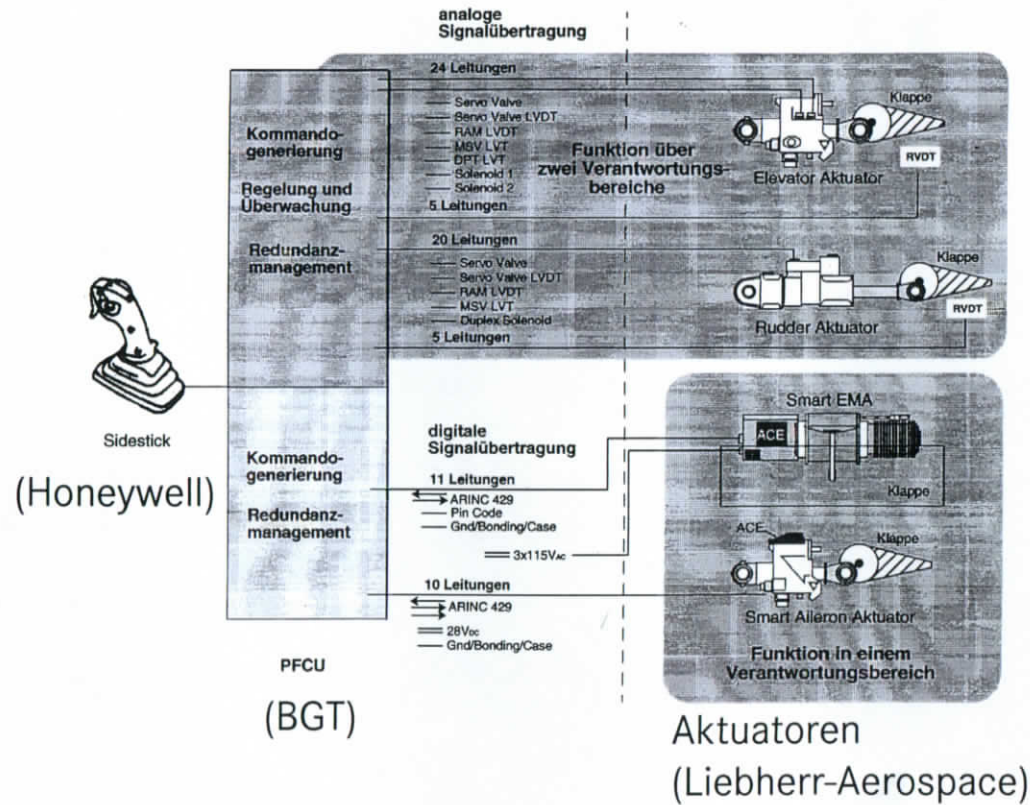


Merkmale Steuerflächen-Antriebe (Hersteller LLI)

- Sämtliche Aktuatoren des Flügels sind mit integrierter elektronischer Positionsregelung ausgestattet ("Smart"-Aktuatorik).
 - *Die "Smart"-Technologie gezielt angewandt, ermöglicht klarer strukturierte und flexiblere Systemlösungen.*

- Ein Fly-by-Wire System benötigt aus Sicherheitsgründen 3 unabhängige Energiequellen. Dies sind üblicherweise 3 zentrale Hydraulik-Energieversorgungssysteme. Im ATD ist das 3. zentrale Hydraulik-System ersetzt durch
 - elektrisch angetriebene Spoiler-Aktuatoren im Flügel und zusätzlich eine
 - dezentrale Hydraulik-Energiequelle (HPP) für die Aktuatoren im Heck.
 - *Verzicht auf das 3. zentrale Hydraulik-System senkt Entwicklungs- und Installationskosten ("Power-by-Wire").*

Signalübertragung der Steuerflächen-Antriebe



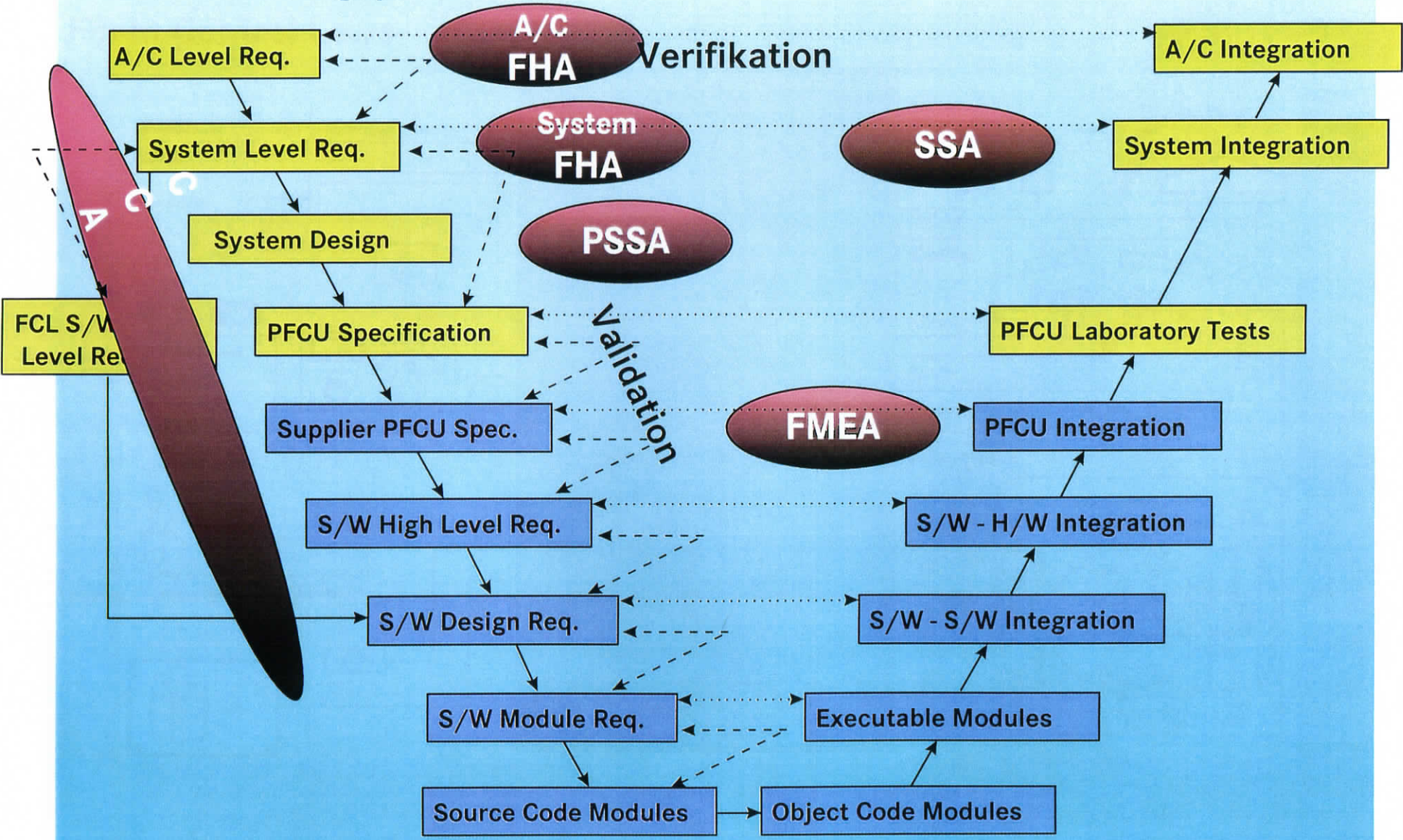
Merkmale Flight Control Laws (FCL) / Flugregelgesetze

- Entwicklung und Flugzulassung erfolgen unter den Randbedingungen:
 - Airbus-ähnliche Funktionalität
 - *Normal Laws including Protections (Referenzzustand, fehlerfreier Fall)*
 - *Direct Laws (Elektr. Back-up, bei Auftreten von Fehlern)*
 - Fehlertoleranter Entwurf
 - *Fehlerbehandlung im Input Signal Management; ein Einzelfehler hat keine Reduktion der Funktionalität zur Folge; Mehrfachfehler führen zu einem sicheren degradierten Zustand*
 - Back-up Steuerung für den Ausfall des Main Systems
 - *Direct Link Laws, Funktionalität identisch zum Direct Law ohne Spoileransteuerung und mit mechanischer Seitenrudernsteuerung*

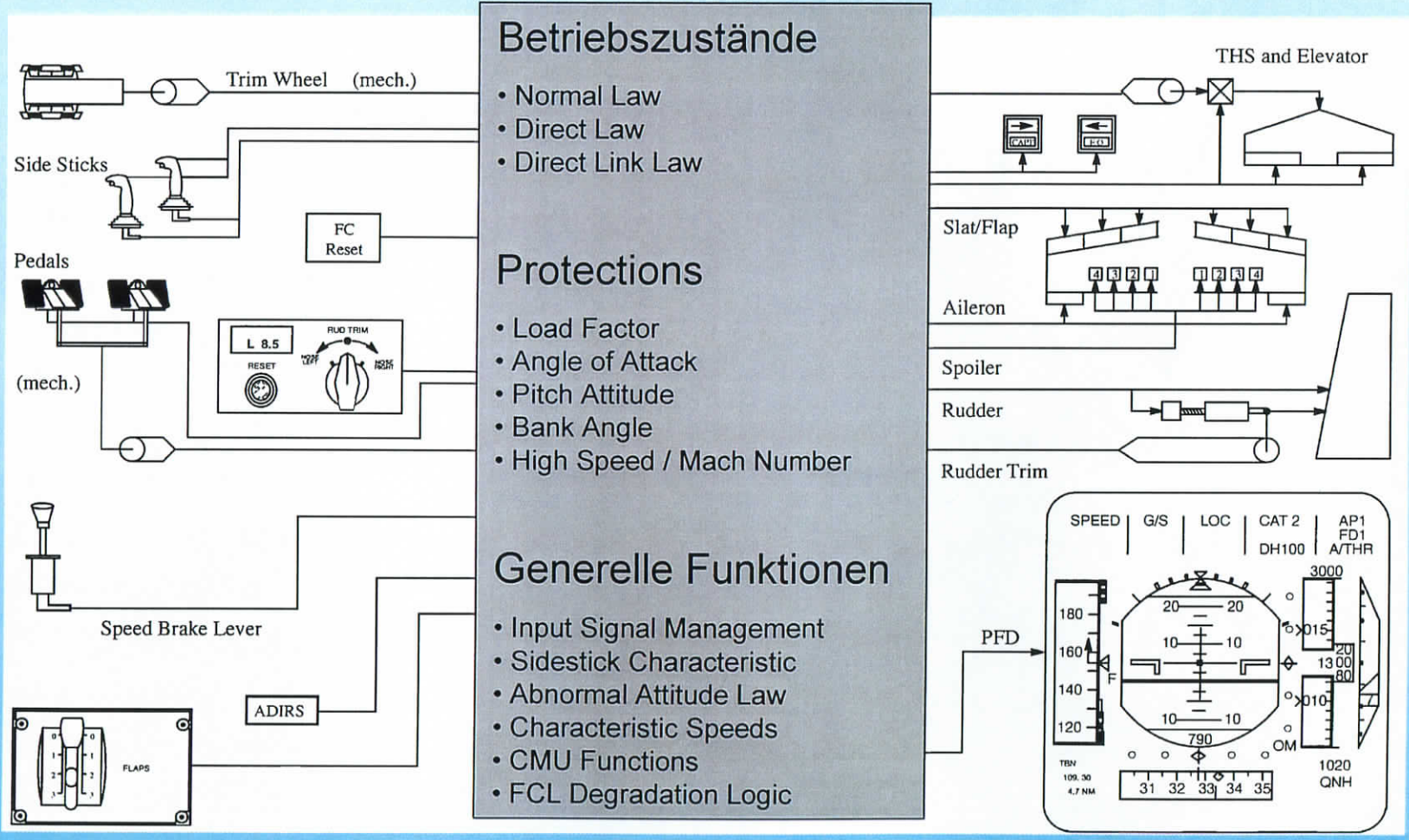
- Die Reglerstruktur basiert auf dem von DA entwickelten und im Rahmen des DA / DLR Projektes “ATTAS SAFIR” im Fluge erprobten Flugregler.
 - *Reduktion der Entwicklungskosten.*

- Diese Reglerstruktur wird angepaßt hinsichtlich:
 - ATD Envelope (Flughöhe, Anstellwinkel, Rollwinkel, Lastvielfaches)
 - H/W Umgebung (PFCU, Stellflächen, Sensorik, Cockpit)
 - Fehlerbehandlung (Stellflächenausfälle, Sensorausfälle, Ausfall von Bedienelementen)

FCL-Entwicklungsprozeß



Flight Control Laws



Umrüstung zum ATD

Aufgaben der Fertigung:

- Ausbau der mechanischen Flugsteuerung
- Strukturanpassung (Querruder, Höhenleitwerk, Seitenleitwerk, Gepäckräume, Rumpfheck etc.)
⇒ ca. 1600 Blechteile, ca. 400 Zerspanungsteile
- Einrüstung der EFCS-Produkte / Geräte
- Umbau des Cockpit inklusive Funk- und Navigations-Systemanpassung ⇒ Ersatz der VFW614-Verkabelung
- Anpassung der hydraulischen und elektrischen Leitungsverlegung ⇒ ca. 200 hydr. Leitungen, ca. 42 km Kabel, ca. 6000 elektr. Kontakte
- Anpassung der Klima- und Sauerstoffanlage und Ersatz der asbesthaltigen VFW614-Innenverkleidung
- Integration eines Notausstieg-Systems und Ersatz der VFW614-Fußbodenplatten
- Integration der Bordmeßanlage (9 Meßschränke, ca. 90 Meßgeber, ca. 300 elektrische Meßpunkte, Telemetrieantenne, FTI Bahnverfolgungs GPS, Sprechfunkanlage, Kameras etc.)

Erstellung des ATD-Prototypen und Funktionsüberprüfung (EFKAs) aller Flugzeugsysteme.

Umrüstung zum ATD

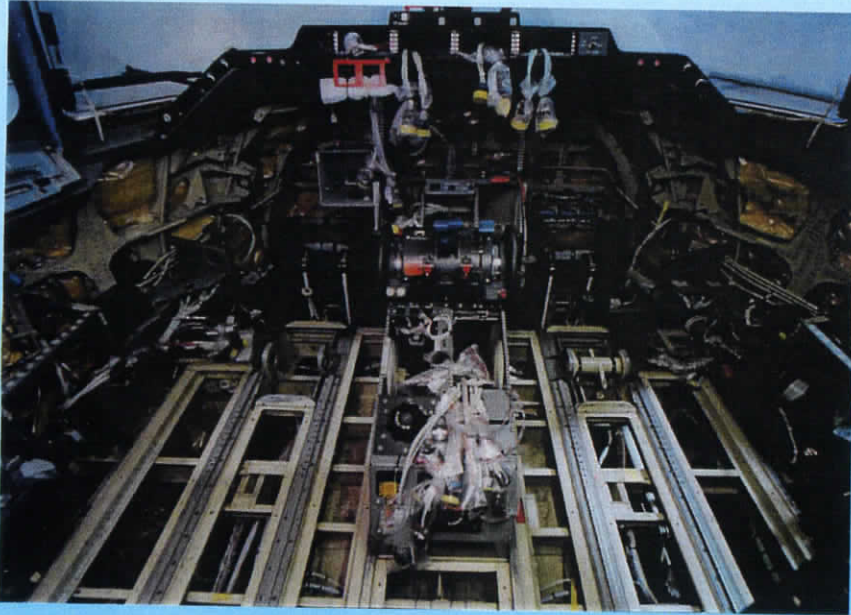


Übergeordnete Aufgaben:

- Erstellung von Bauunterlagen, Fertigungsplänen und -aufträgen
- Schulung von Fertigungs- und Qualitätssicherungspersonal
- Beschaffung von Material, Normteilen und Kaufteilen
- Erstellung von Fertigungsmitteln (Vorrichtungen, Prüfmittel)
- Einzelteulfertigung
- Bewertung von EFKA-Ergebnissen und Behebung von Beanstandungen
- Abnahme aller durchgeführten Arbeiten durch die Qualitätssicherung

Integration des Höhenleitwerkes

Umrüstung zum ATD

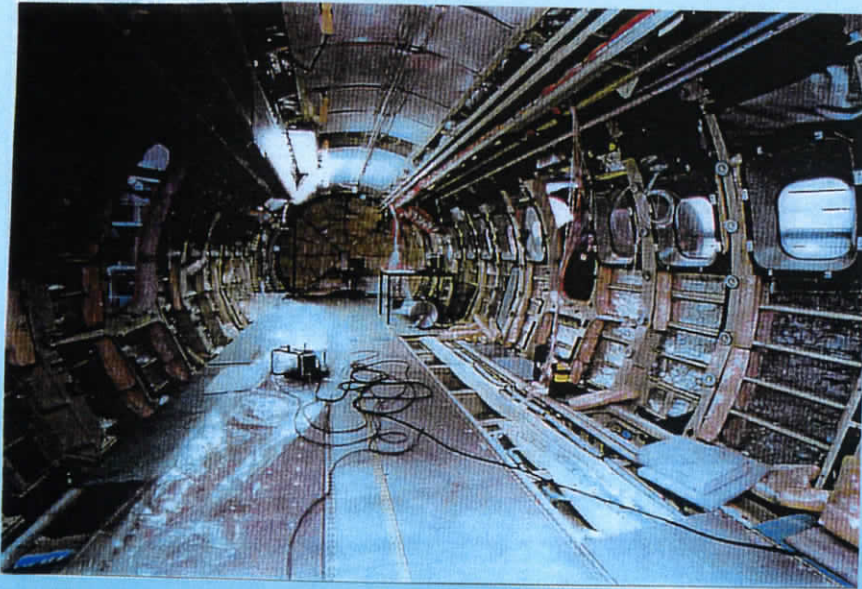


ATD Cockpit während der Umrüstung

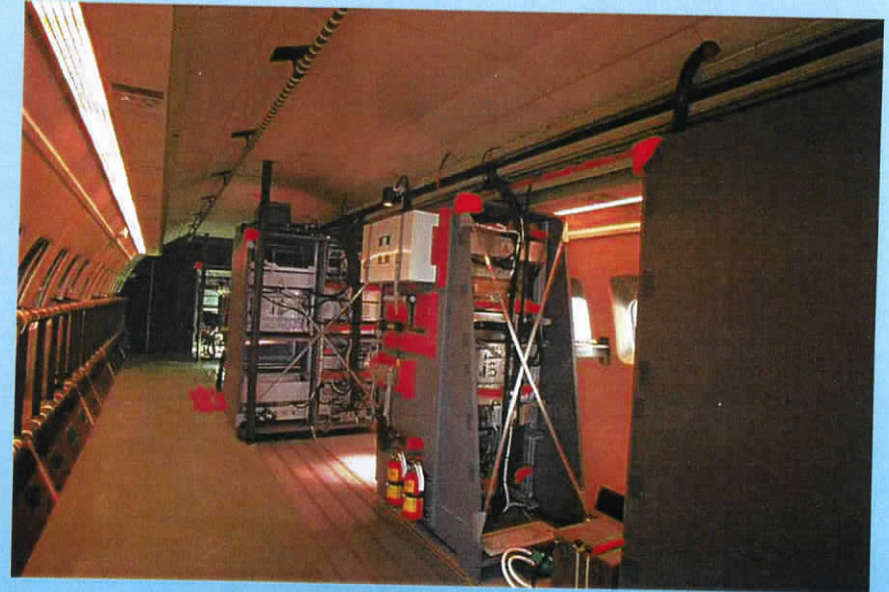


ATD Cockpit mit Sidesticks und neuen Anzeigen und Bedienelementen

Umrüstung zum ATD

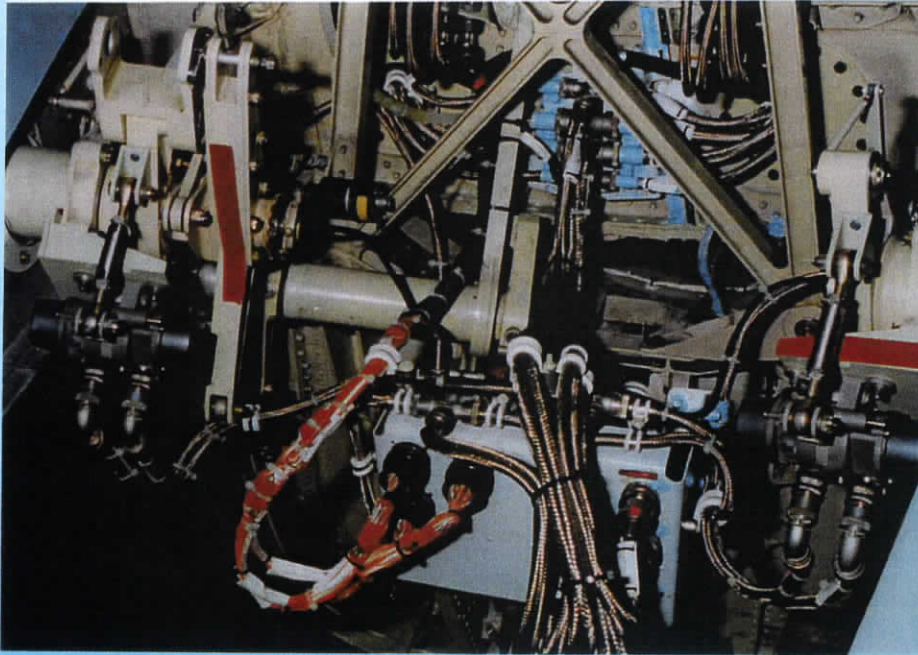


Kabine während der Umrüstung

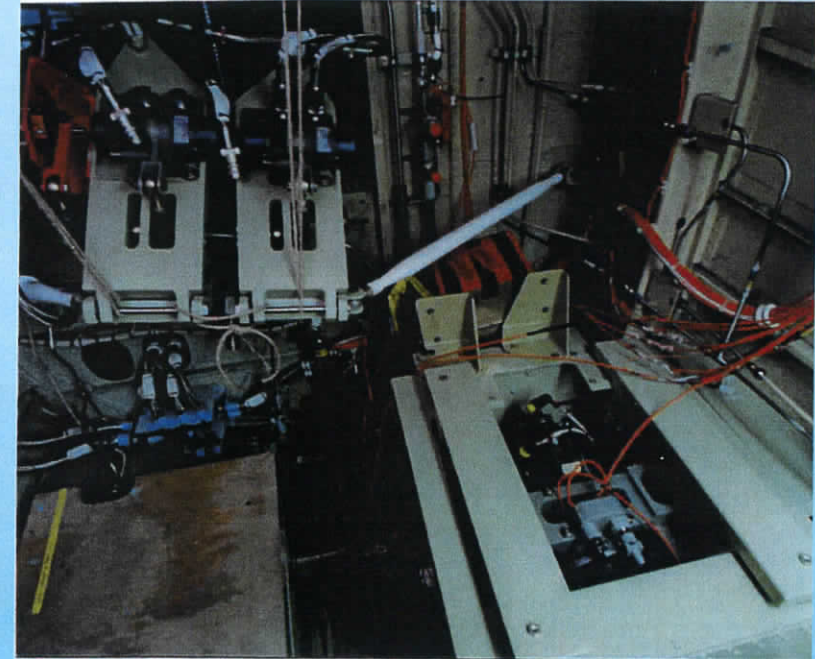


ATD Bordmeßanlage

Umrüstung zum ATD



Höhenruderpositionssensoren und elektrische Trennstellen im Rumpfheck



Höhenleitwerkstrimmspindel, Hydr. Power Package, Positionssensoren im Rumpfheck

Umrüstung zum ATD



ZULASSUNG und QUALITÄTSSICHERUNG

- Durchführung eines Bau-Soll / Ist-Vergleichs (Ergebnis: Aircraft Inspection Report) zur Feststellung der Lufttüchtigkeit
- Anzeige der 'Großen Änderung EFCS' beim LBA
- Vereinbarung der Certification Basis mit LBA (JAR 25, change 14 + special conditions)
- Erstellung des EFCS-Certification Programmes (inklusive Means of Compliance), LBA anerkannt
- Festlegung der erforderlichen Ablauf- und Qualitätssicherungsverfahren (Änderungs- und Beanstandungsverfahren, Bauüberwachung, Configuration Management etc.)
- Überprüfung der für den Flugbetrieb erforderlichen Nachweise
- Erwirkung der Vorläufigen Verkehrszulassung zur Aufnahme des Flugbetriebes (Compliance Records, Unbedenklichkeitserklärung und Absprache mit LBA)

ATD ROLL-OUT 20. Juli 1998

Merkmale Bordmeßanlage, Telemetrie, Bodenstation

Bordmeßanlage digitalisiert und speichert ca. 15.000 gemessene und berechnete Parameter.

Realtime Onboard Playback (on Ground) von Versuchsaufzeichnungen.

Datenuntermenge wird zusammen mit Cockpit-Kamera Signal und Sprechfunk zur Bodenstation telemetriert.

Bodenstation bietet:

- Moving Map Display,
- 3-D Display Flugzeug-Lage im Raum,
- Cockpit-Kamera Sicht,
- Realtime Daten-Visualisierung (Charts und simuliertes Instrumenten-Panel),
- Realtime Digital Archive.



Überlegene Features:

- *Kostengünstiger Aufbau durch “Commercial-of-the-Shelf (COTS)”-Equipment und Ground / Onboard Equipment-Commonality.*
- *Durchgängige Digitalisierung ermöglicht äußerst schnelle Bereitstellung von Daten für Versuchsauswertung.*
- *Telemetrie-Konzept einfach erweiterbar um Kommunikations-Satelliten als Zwischenstation.*
- *Dadurch beliebige räumliche Trennung zwischen Erprobungsgebiet und Bodenstation möglich.*
- *Erlaubt unmittelbare Versuchsbeobachtung und sofortigen Datenzugriff ohne Abhängigkeit von Flugerprobungs-Zentrale.*

Versuchsträger



Bordmeßanlage

Flight Test Instrumentation
(FTI)

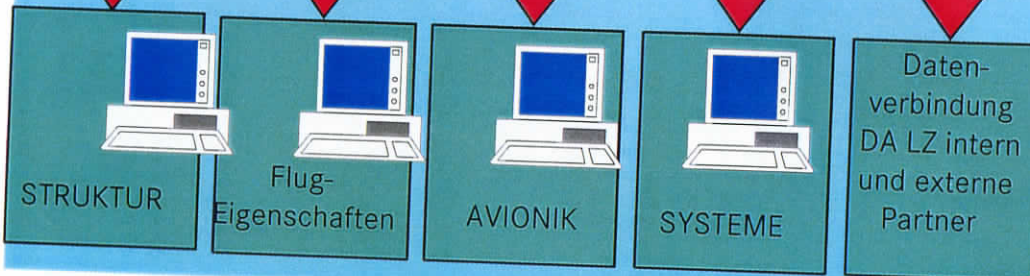
TELEMETRIE



Quicklook + Bodenstation



Datenbasis gemessener und abgeleiteter Parameter für Datenanalyse

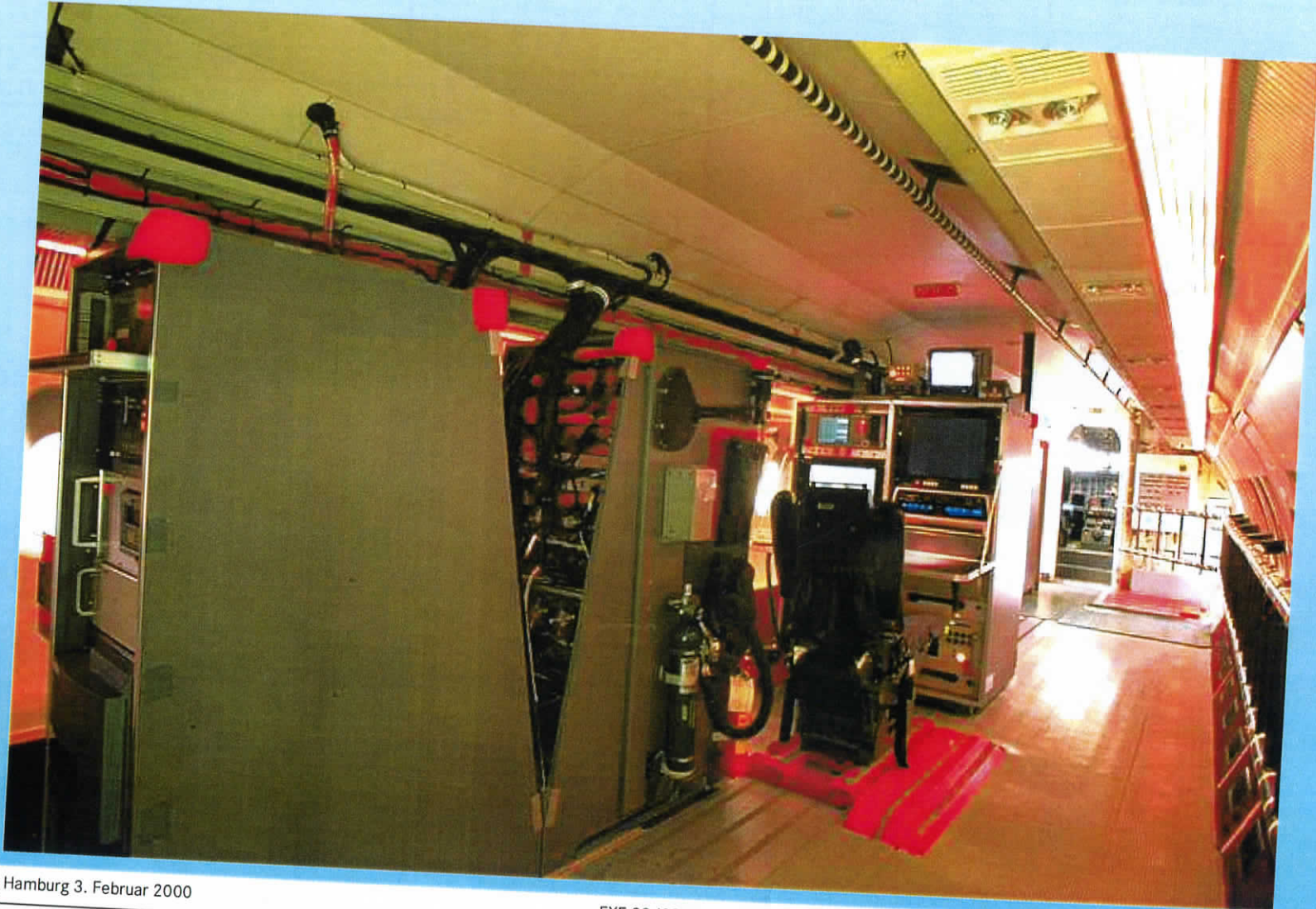


Flugerprobung

- Konzeption, Planung, Vorbereitung, Durchführung, Dokumentation und Bewertung von Flugversuchen.
- Bewertung und Bereitstellung von Flugversuchsergebnissen für alle DA-Fachverantwortlichen Loads, Performance, Systeme, Stress etc.
- Definition, Spezifikation, Beschaffung, Aufbau, Einbau und Betrieb von Bordmeßanlagen (FTI) und Boden-Quicklook-Telemetrie-Datenverarbeitungsanlagen.

- **Ziel der Flugerprobung** ist die Flugzulassung sowie der Nachweis von Funktionen und Leistungen.

ATD Kabine - FTI Anlage (1)

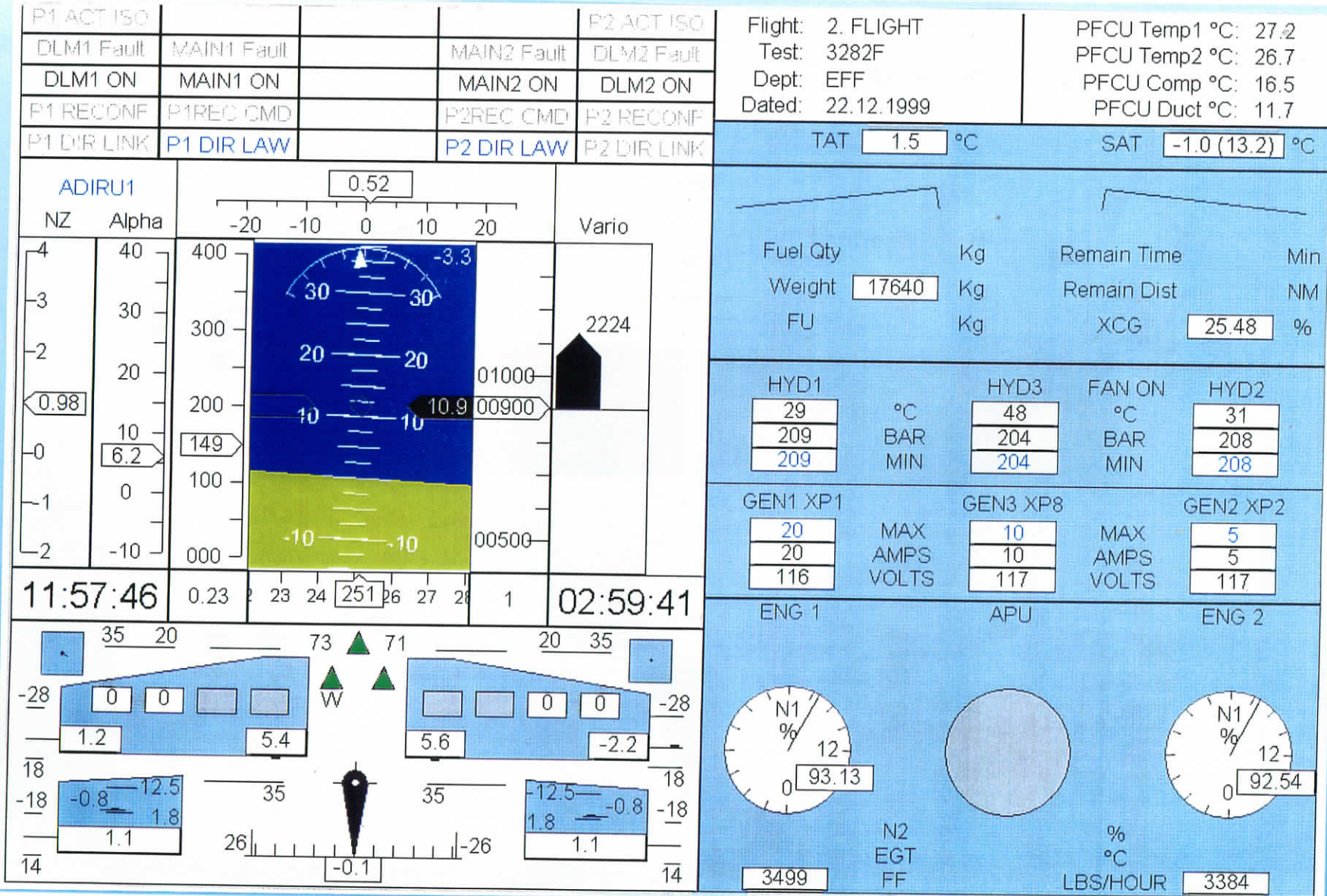


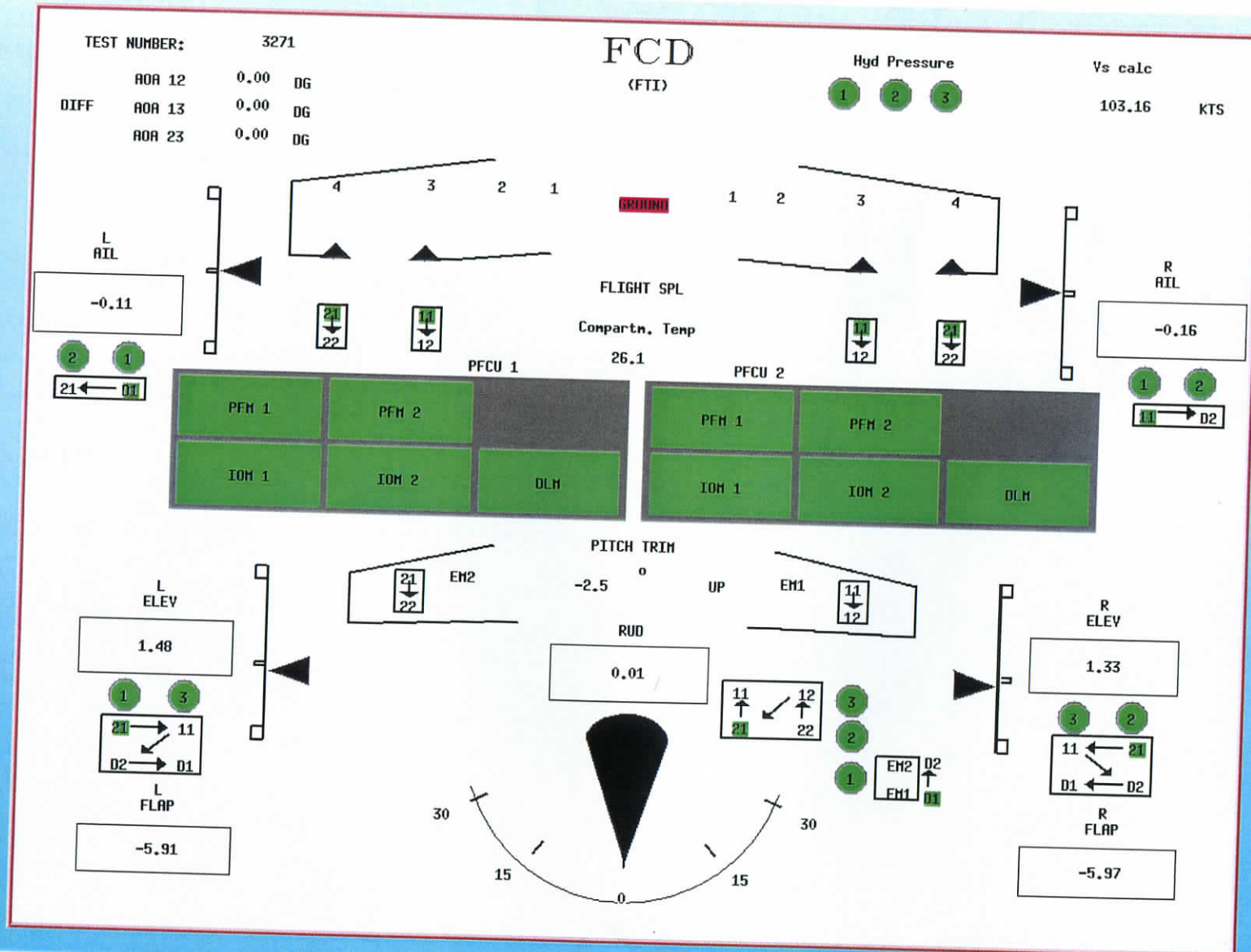
ATD Kabine - Arbeitsplatz des Flugtest-Ingenieurs





Flight Display







Nachweisführung durch Analyse

Sicherheitsanalysen für:

- Gewichte,
- Statik,
- Strukturlasten,
- Flattern,
- Zonal Analysis (Common Point Failures, Cable Routing, ...),
- Engine Burst,
- EFCS-System / Function,
- Electric-System / Function & Loads,
- Hydraulic-System / Function & Loads,
- etc.

Nachweisführung durch Test

Gerätetests werden generell durch Hersteller durchgeführt.

PFCU-Funktion stickprobenartig von DA nachgetestet mit BGT Test-Equipment STTE.

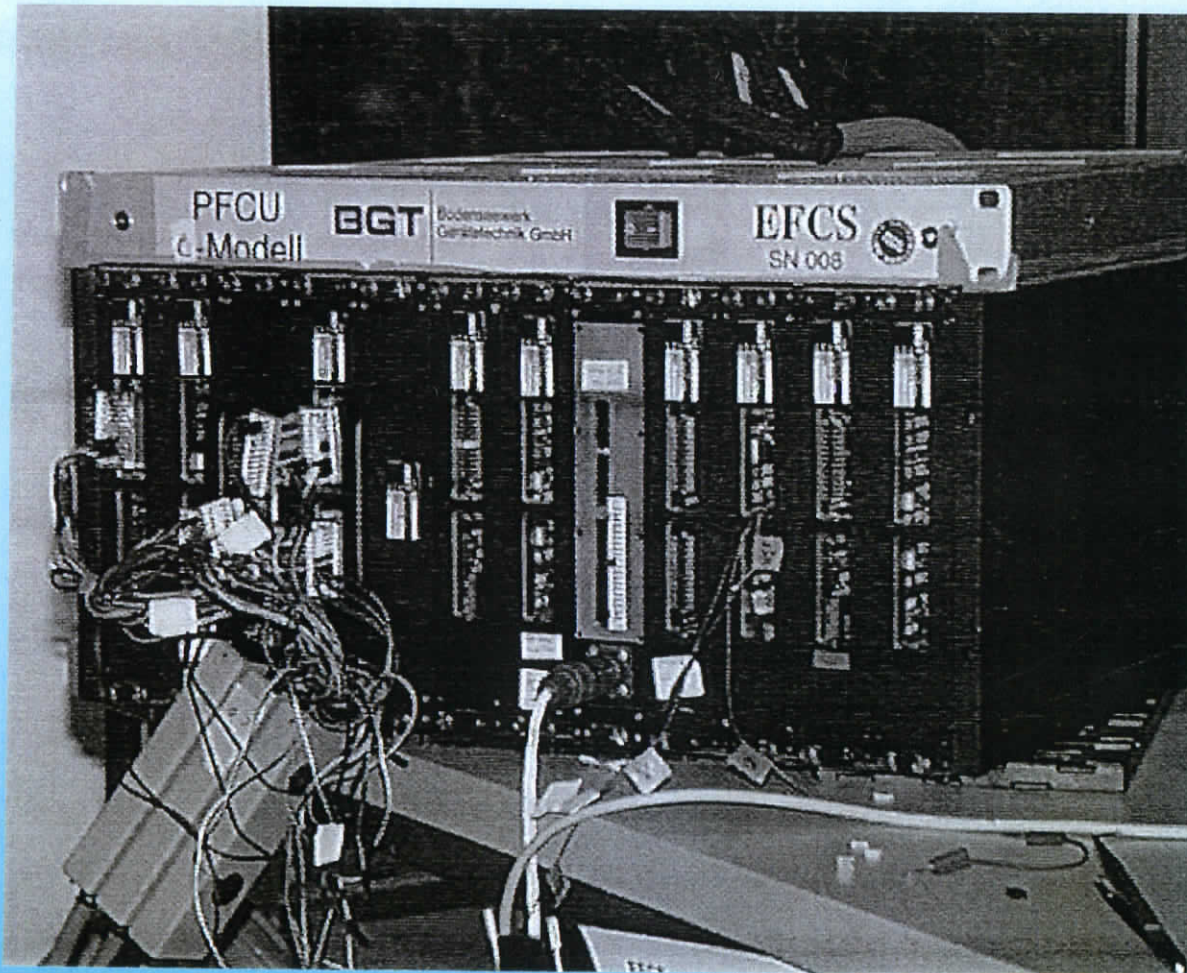
Nachweis der EFCS-Gerätefunktion.

Systemtests in schrittweise erweiterter Testumgebung:

- Testrig mit Kombination aus Original-Systemkomponenten, modellierten Komponenten und simulierten “Umgebungs”-Systemen.
Nachweis der EFCS-Systemfunktion (soweit möglich).
- Flugsimulator mit fallweiser Ankopplung des Testrigs für HW-in-the-loop Versuche.
Nachweis der speziellen EFCS-Systemfunktion “Flugregelgesetze”.
- ATD als “Iron Bird”-Testumgebung mit Versuchsaufzeichnung über Bordmeßanlage.
Nachweis der EFCS-Systemfunktion (Ergänzung / Bestätigung Testrig-Versuche).
Nachweis der Interaktion EFCS / “Umgebungs”-Systeme.

Gesamtflugzeugtests im Rahmen der ATD Boden- und Flugerprobung:

- ATD Standschwingungsversuch mit Versuchsaufzeichnung über Bordmeßanlage.
Testanlage (Schwingungserregung) vom DLR gestellt.
Nachweis ausreichender Dämpfung (aktiv / passiv) von ATD-Schwingungen.
- ATD EMV- / HIRF-Test mit Versuchsaufzeichnung über Bordmeßanlage.
Testanlage (elektromagnetische Störeinstrahlung) von Firma ERA gestellt.
Nachweis Blitzschutz und elektromagnetische Störstrahlungsfestigkeit.
- ATD Low- / High-Speed Taxi-Test und Flugtest mit Steuerung, Überwachung und Aufzeichnung der Versuche über Bordmeßanlage, Telemetrie, Bordmeßanlage und Quicklook.
Nachweis der Systemfunktion (inkl. Regelgesetze) unter realen Einsatzbedingungen.



Aufgabe:

HW / SW-Integration
im Rechnersystem

- Ausmessen des Timings
einzelner Jobs und der
dazugehörigen Backplane-
Kommunikation

PFCU-Gerätetest bei BGT



Merkmale Testrig

Versuchssteuerungsrechner:

- Management manueller und automatischer Tests (Test-Programmiersprache).
- Testdatenaufzeichnung (einige 1000) und Online- / Offline-Visualisierung.

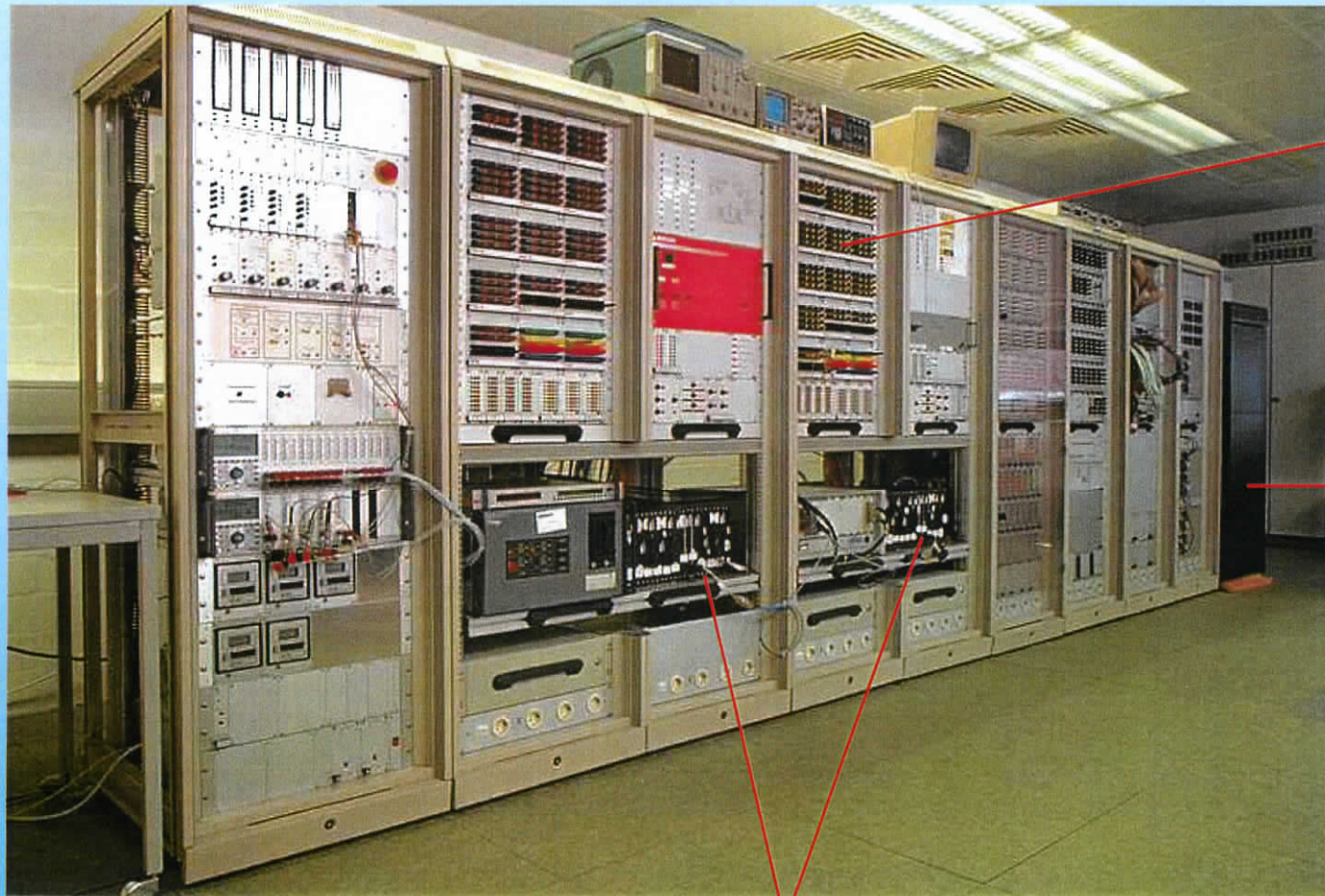
System-”Pay-Load”:

- EFCS-Steuerrechner PFCU,
- Repräsentativ ausgestattete hydro-mechanische EFCS-Hälfte inkl. Luftlastsimulation (andere symmetrische EFCS-Hälfte komplett simuliert),
- Original-Systemkomponenten beliebig gegen SW-Modelle austauschbar (schrittweise Systemintegration, effiziente Fehlersuche),
- Simulierte “Umgebungs”-Systeme.

Rig-Systemtests mit reduzierter Original-Systemkonfiguration müssen um Systemtests in der ATD-Bodenerprobung ergänzt werden.

Dieses Vorgehen ist jedoch erheblich kostengünstiger, weil der Aufbau eines klassischen Labor-”Iron Bird” entbehrlich wird.

ATD Testrig Steuerungsprüfstand - Standort: Hamburg

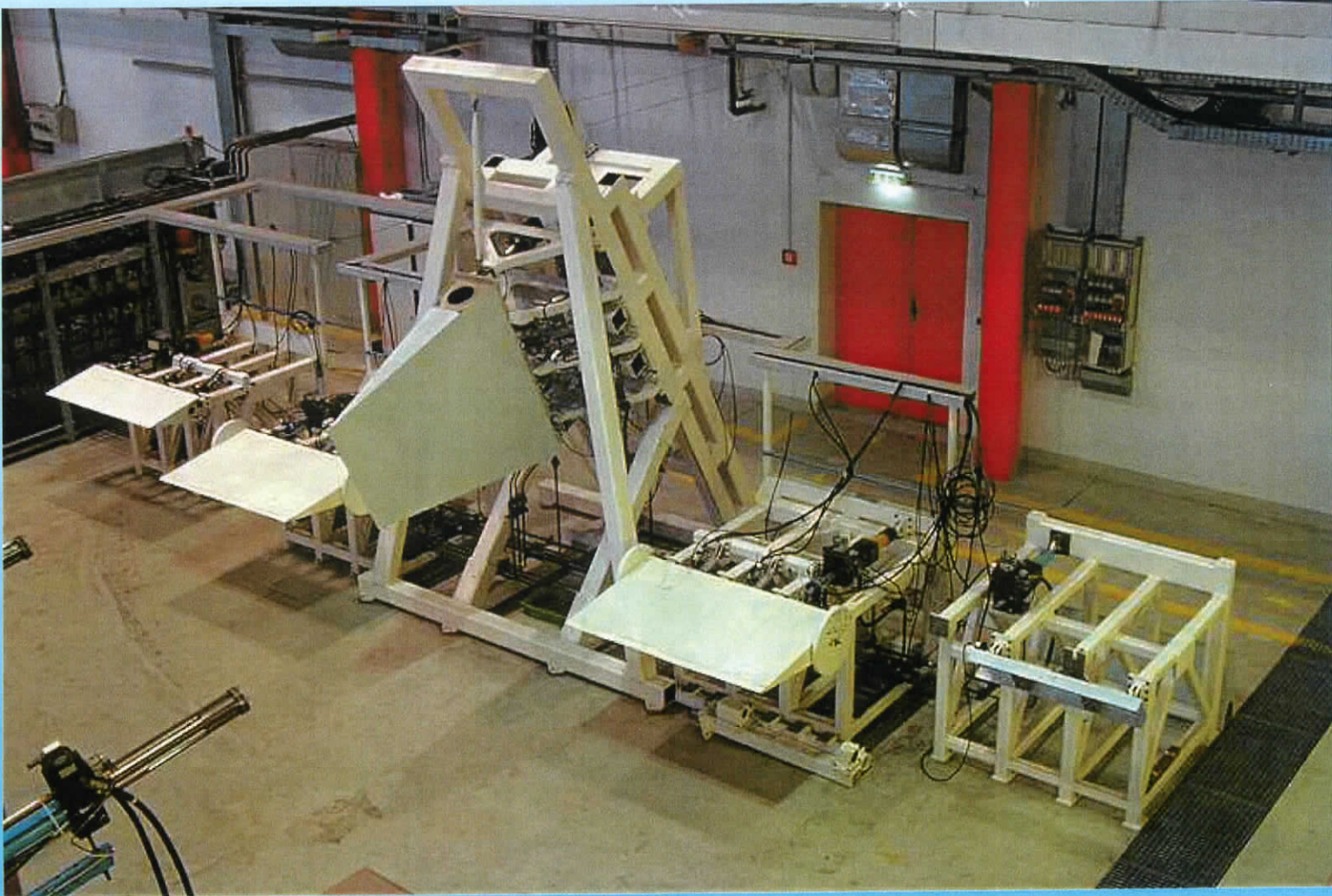


Interface
Simulation / PFCU

Real Time
Computer

PFCUs

ATD Testrig Aktuatorik-Prüffeld - Standort: Hamburg





Merkmale Flugsimulator

Grundsätzlich flugmechanische Modelle beliebiger Flugzeugtypen einbindbar.

2 Cockpit-Nachbildungen ankoppelbar:

- Generisches (Airbus-) Cockpit mit Sicht- und Geräuschsimulation.
Schwerpunkt: Auslegung von Flugregelgesetzen hinsichtlich Handling Qualities.
- ATD-Cockpit mit reduzierter Original-ATD Instrumentierung.
Schwerpunkt: Test der Beherrschbarkeit von System-Fehlerfällen durch Ankopplung an das ATD-Testrig.

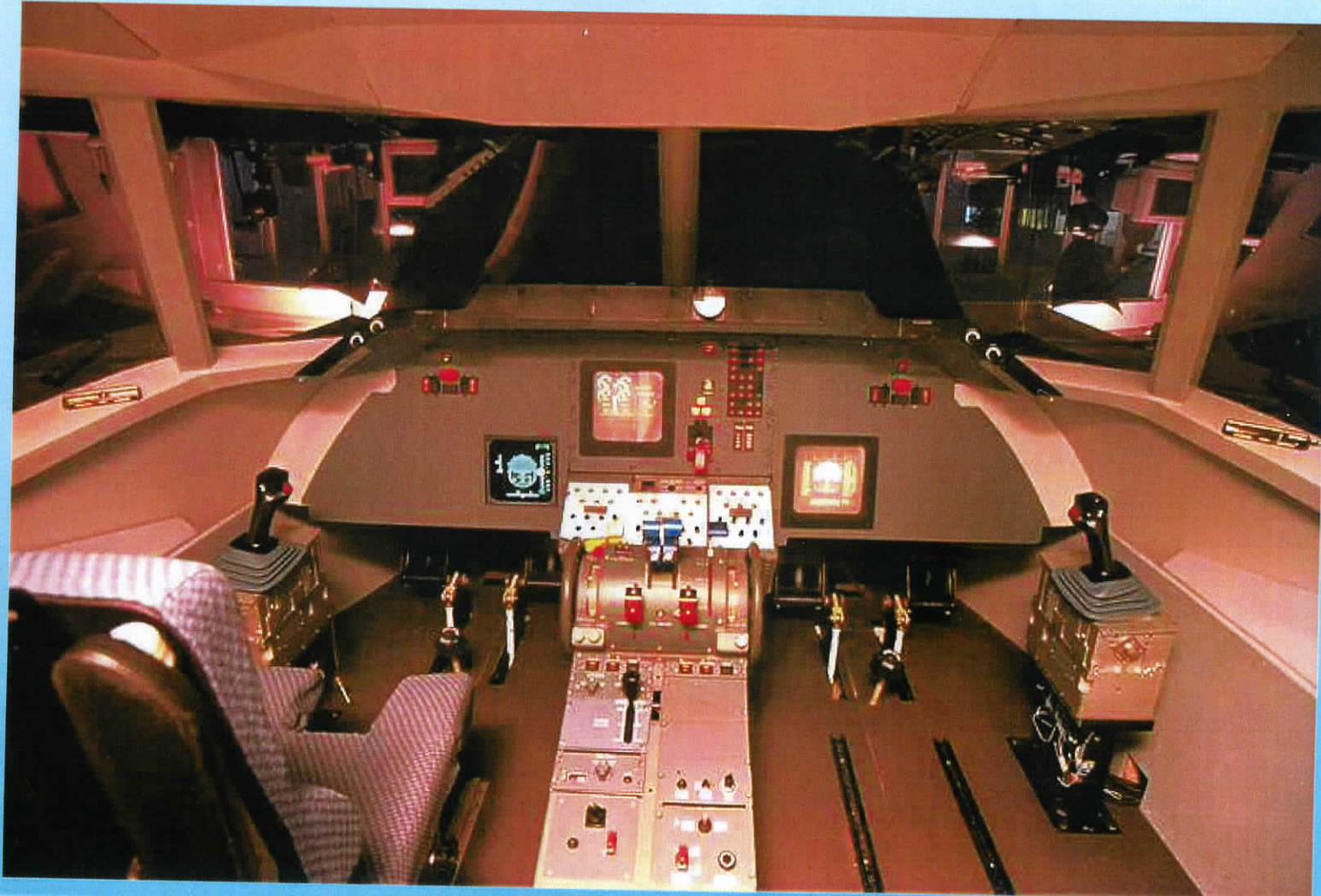
Versuchsspektrum:

- manuelle / automatische Tests,
- Tests mit / ohne Pilot-in-the-loop,
- Tests mit / ohne System-HW-in-the-loop (per Kopplung mit Testrig),
z. B. automatische Tests / HW-in-the-loop zum Nachweis korrekter PFCU-Software.

Entwicklungsflugsimulator - Standort: Hamburg



ATD Flugsimulator - Standort: Hamburg



Labortest



ATD - "Iron-Bird" -

PFCUs außerhalb des Flugzeuges und über eine Signalabgriffsausrüstung (Break Out Boxen) mit dem ATD verbunden

Aufgaben

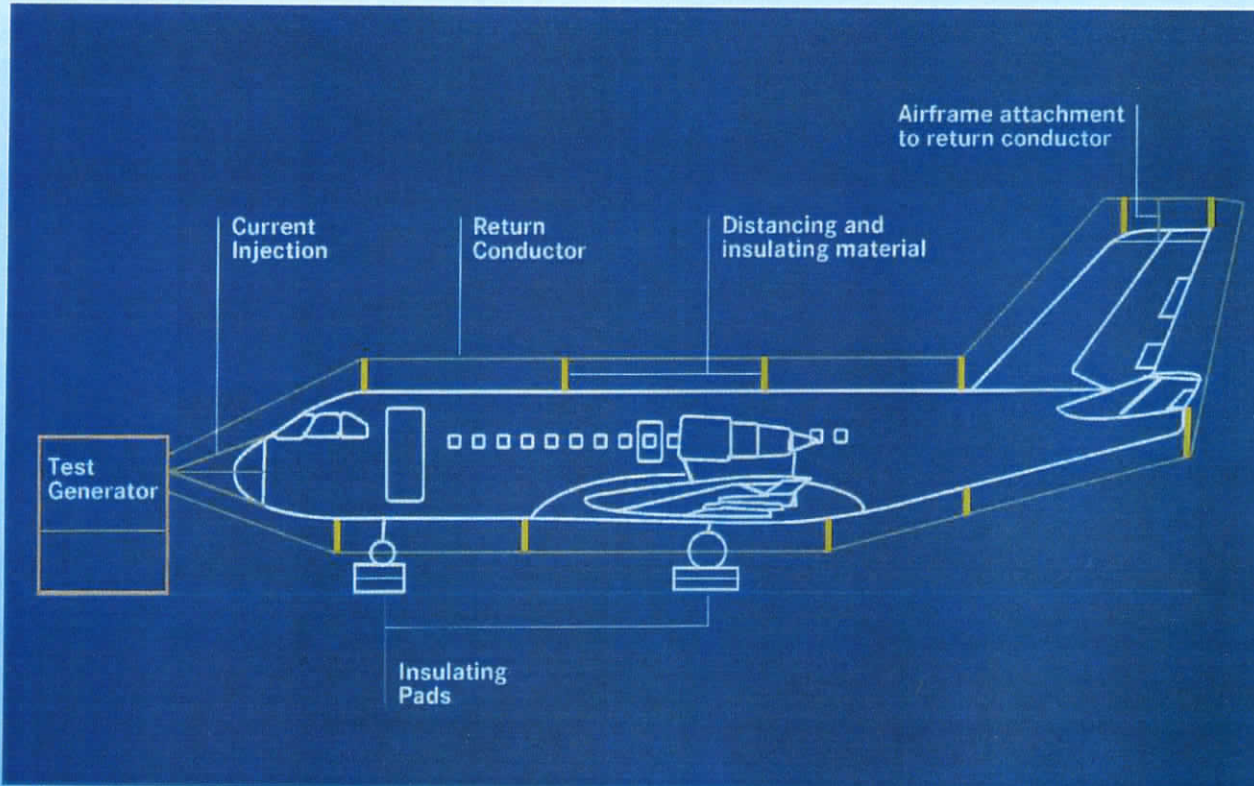
- ca. 120 Check Cases in originaler EFCS-Umgebung (Elektrik, Hydraulik, Flugzeugstruktur und die mechanischen Elemente)
- Überwachung, Erfassung und Aufzeichnung der Meßdaten mit der ATD-Bordmeßanlage
- Ermittlung der statischen und dynamischen Systemkenndaten
- Nachweis der EFCS-Systemverträglichkeiten mit anderen Flugzeugsystemen

ATD Check-Case Versuchsaufbau

Merkmale Bodenerprobung

- Systemverträglichkeitsversuche und Fehlerverhalten (“alte” und “neue” Systeme untereinander), innere EMV Flugzeugsysteme. Überprüfung Flugsteuerung EFCS mit Elektrik (3 Generatoren) und Hydraulik (3 Pumpen), Rückwirkungsfreiheit und EMV Flugmeßanlage.
- Telemetrie und Versuchsdatendarstellung in der Quicklook Station, Kommunikation Bord - Boden (auch während Taxi).
- Taxi Test zur Überprüfung der “Control Characteristics”. Gain-Umschaltung: Begrenzung der Steuerflächenausschläge.
- High Speed Taxi Test (bis 115 kts) “weight off wheels” inklusive Abheben. Überprüfung Bugradlenkung und Luftdatensystem.

ATD Bodenversuch

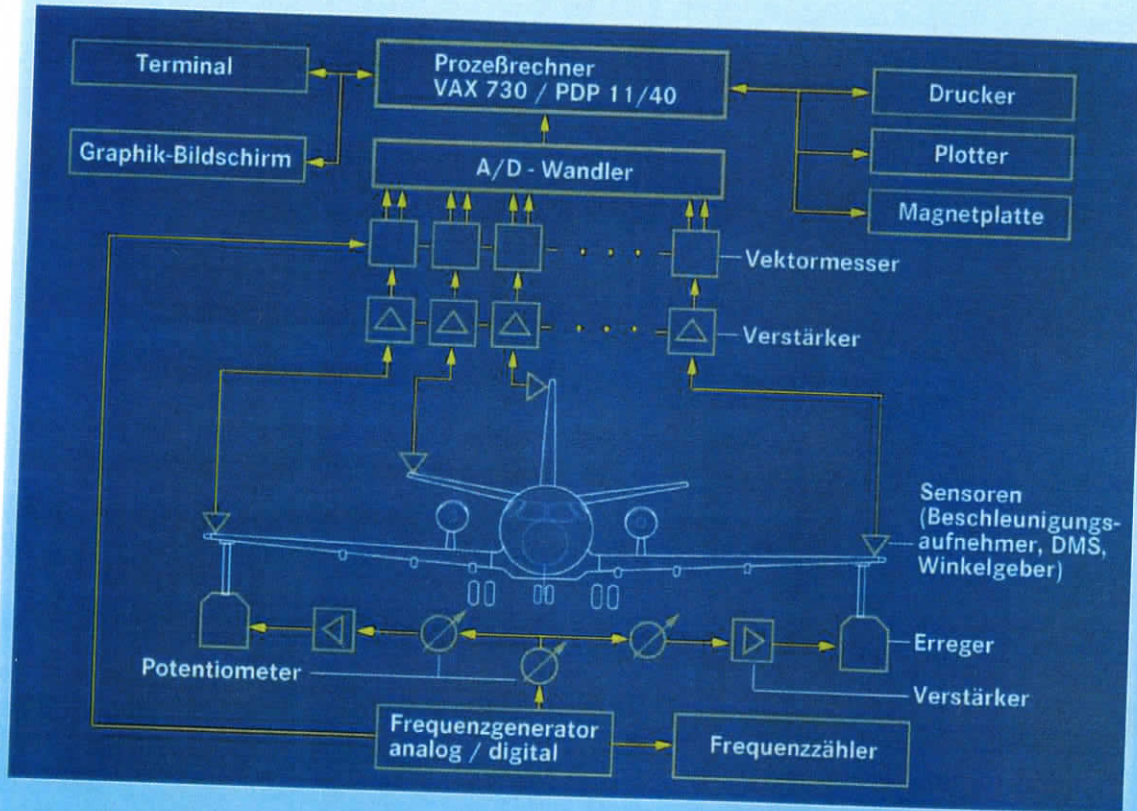


Aufgaben

- Überprüfung und Nachweis der Elektromagnetischen Verträglichkeit (EMV) und Störfestigkeit des Gesamtflugzeuges gegen hochintensive elektromagnetische Felder (HIRF) u.a.
 - Verträglichkeit VFW614-Basisflugzeug gegenüber EFCS
 - Einfluß Meßanlage auf Gesamtsystem

Aufbau EMC / Lightning Full Aircraft Test
Durchführung im Unterauftrag Firma ERA - England
(Halle und Flughafengelände)

ATD Bodenversuch



Standschwingungsversuch

Aufgaben

- Messung der strukturellen Eigenformen zur Überprüfung der Flugzeugsicherheit hinsichtlich Flattern und
- Überprüfung / Anpassung des dynamischen Modells des Flugzeuges
- Auswirkungen des dynamischen Strukturverhaltens auf das EFCS-System

Aufbau Standschwingungsversuch
Durchführung im Unterauftrag DLR Göttingen



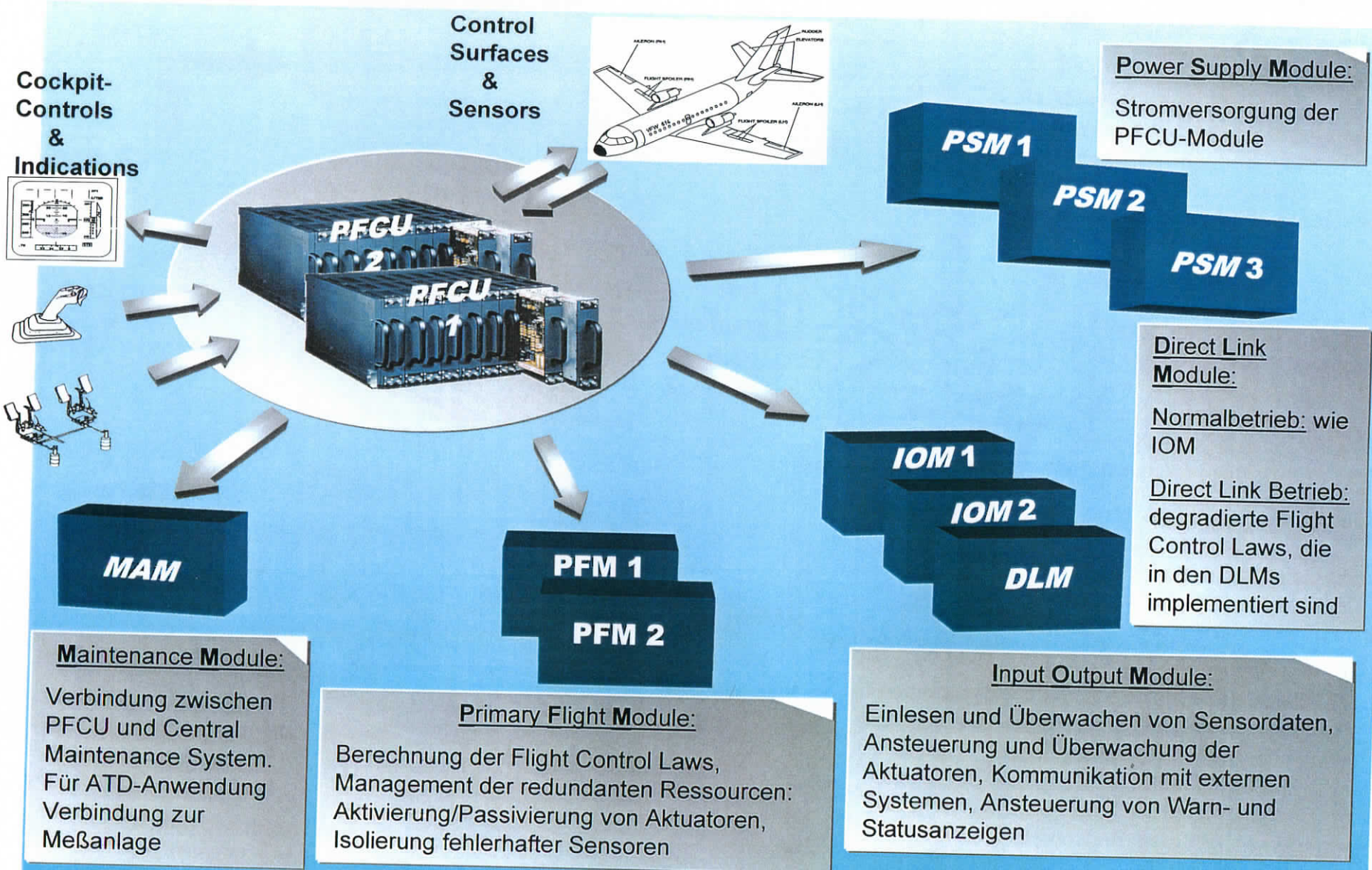
Merkmale Flugerprobung

- High Speed Taxi 60 kts bis 100 kts
 - Überprüfung der Flugzeugreaktion bei Steuereingaben in Pitch und Roll und verschiedenen Konfigurationen (ohne Systemfehler Stimulation)
 - Überprüfung des Luftdatensystems
- High Speed Taxi bis V1 (120 kts) mit Entlasten der Fahrwerke
- Flüge zur Erweiterung des Flugbereichs und Kalibrierung des Luftdatensystems
- S/W Update zur Behebung der während der Testphase sichtbar gewordenen Defizite
- Weiterführende Erprobung der Direct Laws, Verhalten bei Stimulation von Systemfehlern
- Aufschalten der “Normal Laws”
- Flüge zur Bestätigung der rechnerischen Nachweise der Flatterfreiheit und der angenommenen Lasten

⇒ **Beseitigung der noch vorhandenen Limitationen und Erwirkung einer VVZ zum Betreiben / Erproben weiterer neuer Technologien.**



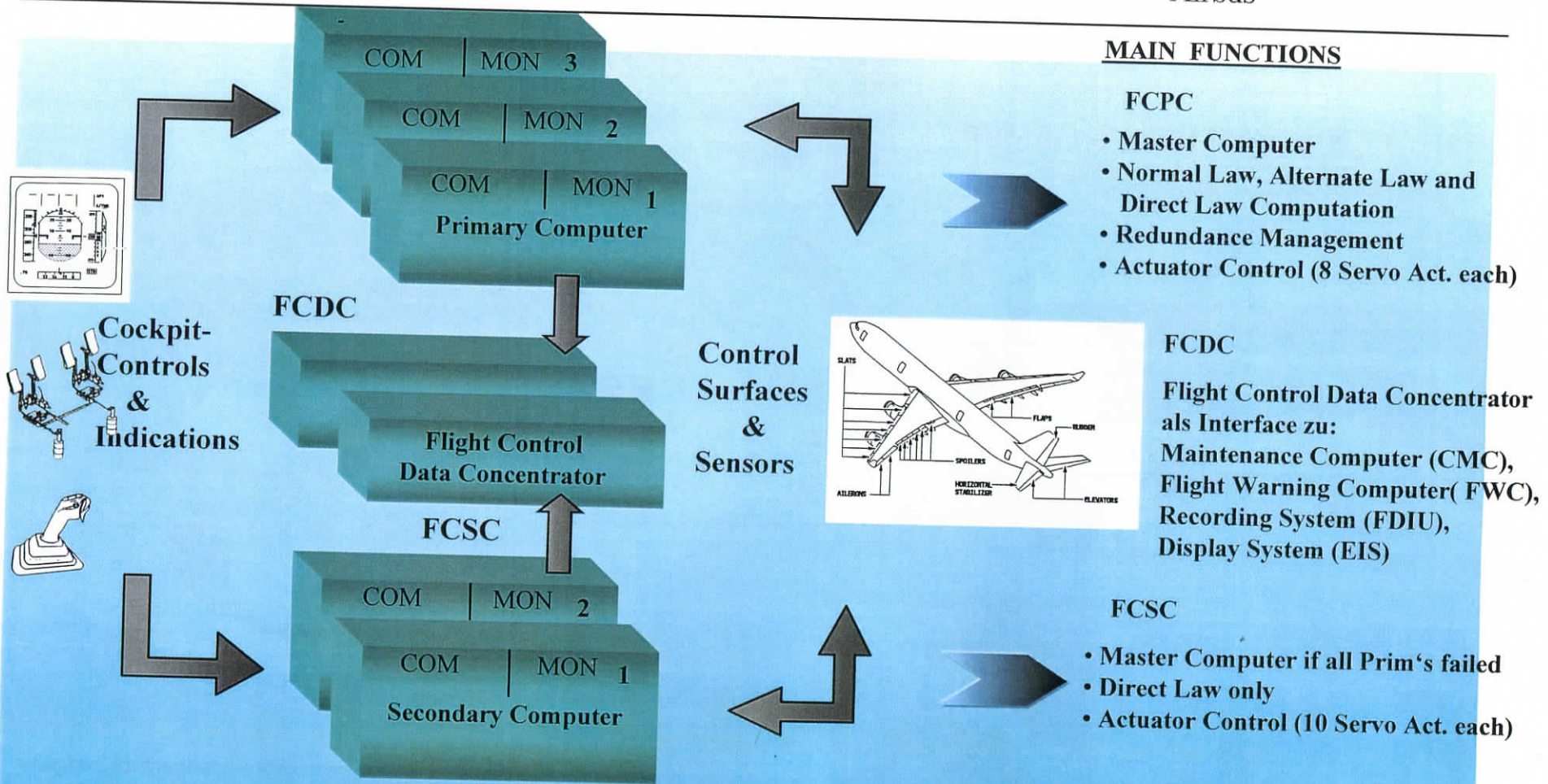
Vergleich der Rechnerkonzepte für die Primäre Flugsteuerung der A330 / A340 und des ATD



A340 Flight Control Computer FCPC



DaimlerChrysler Aerospace
Airbus



MAIN FUNCTIONS

FCPC

- Master Computer
- Normal Law, Alternate Law and Direct Law Computation
- Redundance Management
- Actuator Control (8 Servo Act. each)

FCDC

Flight Control Data Concentrator als Interface zu:
Maintenance Computer (CMC),
Flight Warning Computer (FWC),
Recording System (FDIU),
Display System (EIS)

FCSC

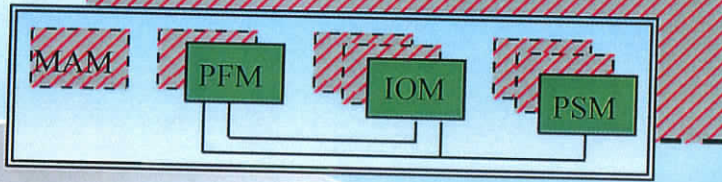
- Master Computer if all Prim's failed
- Direct Law only
- Actuator Control (10 Servo Act. each)

Architecture Philosophy:

- 5 Flight Control Computer (3 identical **Prime Computer** and 2 identical **Secondary Computer**).
- In normal operation one Primary Computer is the master and process the orders which were send to the other Computers.
- If the master Primary Computer is failed the next available Primary Computer will become the master.
- In case of loss of all Prim's each Secondary Computer is its own master and controls its associated control surfaces using Direct Laws.
- Min. Computers for safe flight and landing : One FCPC, or one FCSC.

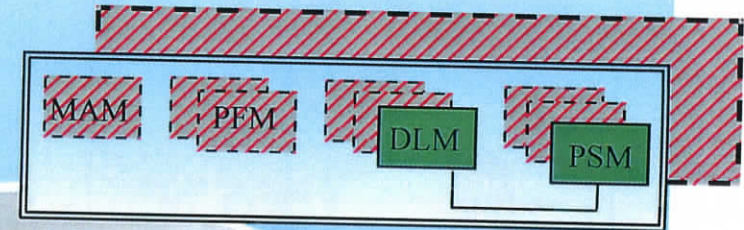


PFCU 1 or 2



Minimum PFCU Operating Condition
for Safe Flight and Landing

PFCU 1 or 2



Main Mode

**NORMAL
LAW**

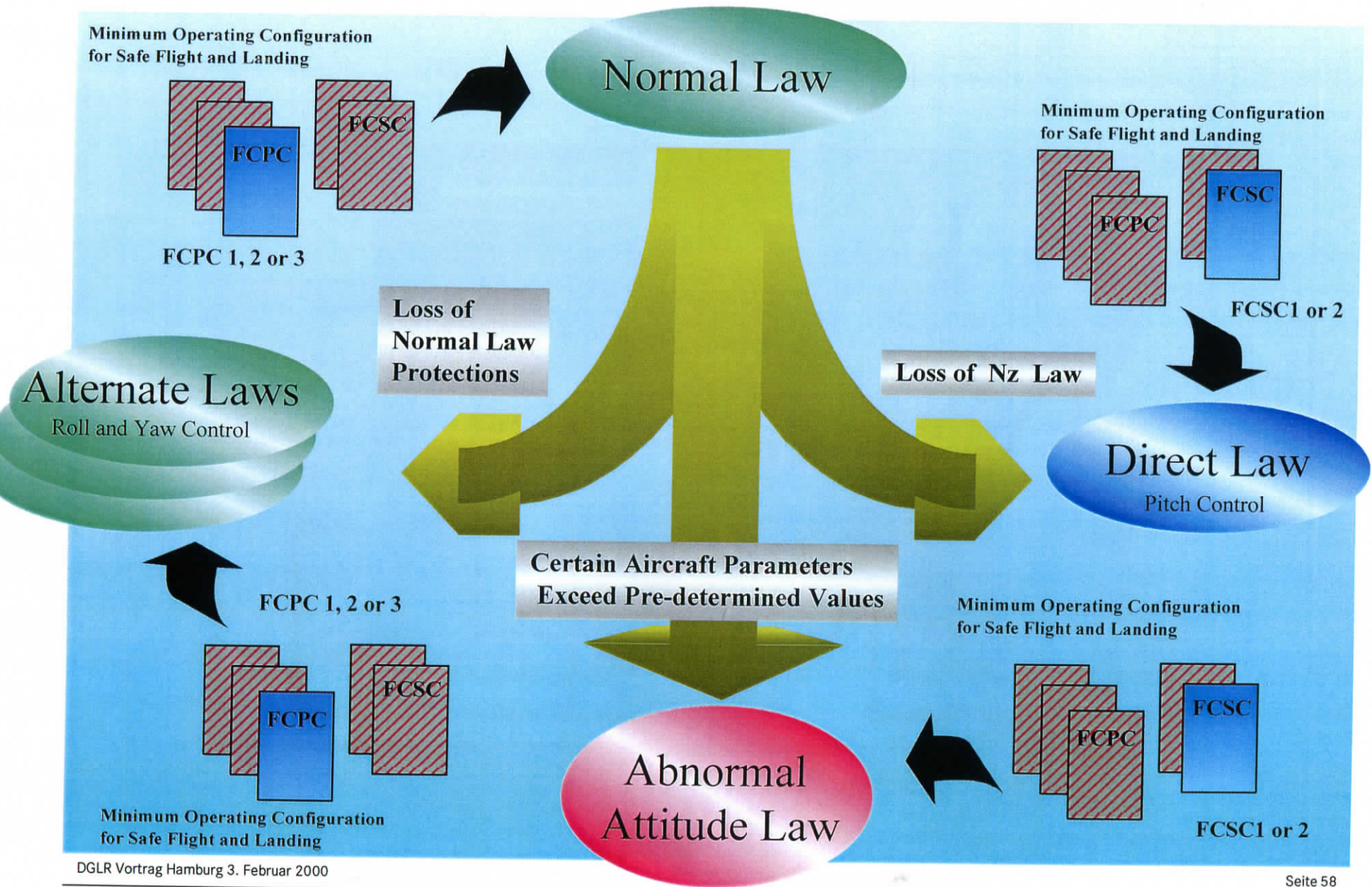
**DIRECT
LAW**

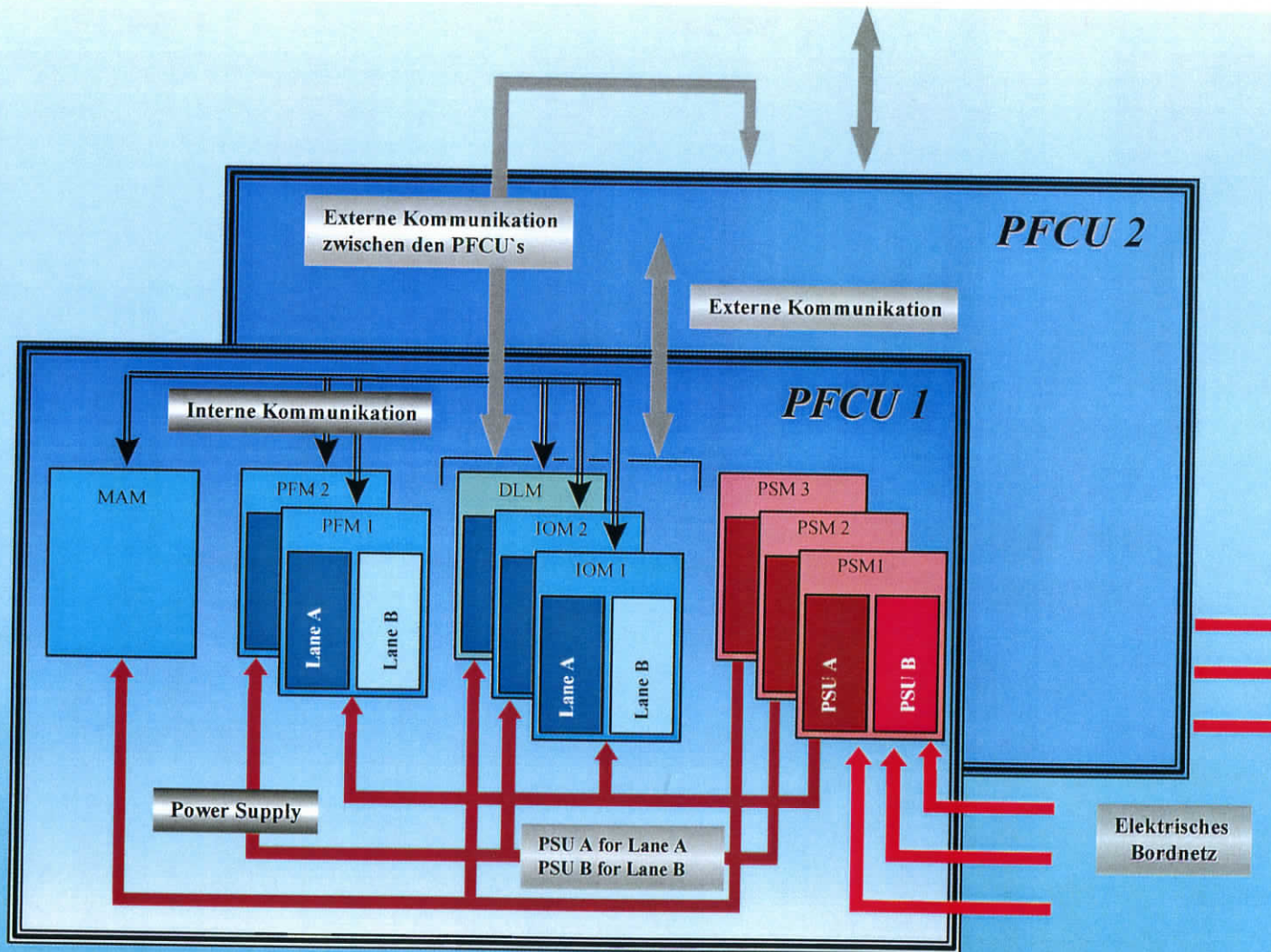
Direct Link Mode

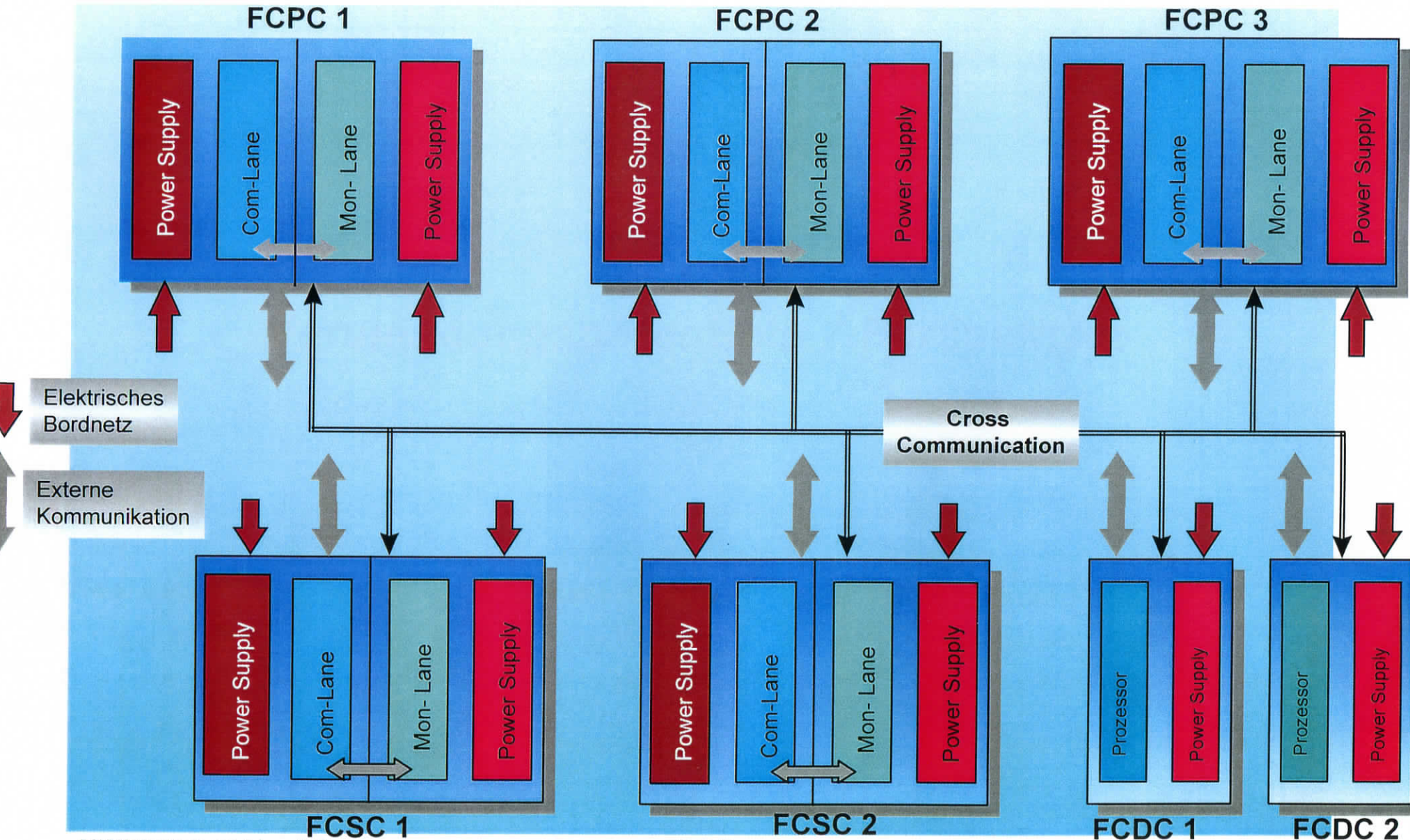
**DIRECT
LINK
LAW**

Degradation durch Verlust von
Sensordaten und/oder
Systemzustandsinformationen

Degradation durch Verlust von:
a) allen IOMs *oder* allen PFM's beider
PFCUs
b) beiden PFM's in einer PFCU *und*
beiden IOM's in der zweiten PFCU







Verwendungspotentiale / Perspektive

Verwendungspotential

Flying Test Bed, VFW614 / ATD



Advanced Technologies Demonstrator

Luftfahrtforschungsprogramm (LUFO I)
bis 30.06.2000

Ziele

- Kostenreduzierung
- Erhöhte Zuverlässigkeit / Verfügbarkeit
- Gewichtseinsparung
- Leistungsverbesserung

Weiterführung in LUFO II

- DA -Schwerpunkt Sekundäre Flugsteuerung
- Technologieprogramm "Prozesskette Hochauftrieb mit multifunktionalen Steuerflächen" - **Pro - HMS**
 - Verbesserung des Start-, Steig- und Sinkflug Fähigkeiten zur Erreichung höherer Verkehrsdichte.
 - Reduzierung der Tragwerkbelastung durch Flugmanöver und Böen
 - Aktive Leistungs-, Flutter-, und Buffeting -Kontrolle sowie Schwingungsdämpfung



ATD Perspektive

Es ist absehbar, daß sich in der EADS eine **Technologie-Flugerprobung** etabliert. Diese wird von der **Serien-Flugerprobung** getrennt sein.

- Technologie-Flugerprobung wird immer zwingender:
 - Neue Lösungen für Struktur und Systeme müssen sich schneller dem Markt anpassen und sofort funktional zuverlässig und kostengünstig betreibbar sein.
 - Neue Lösungen müssen deshalb vor Entry-into-Service serienreif entwickelt sein. Spätere Korrekturaktionen verschlingen jährlich mehrstellige Millionenbeträge.
 - Bei weitem nicht alle Lösungen sind virtuell (Computersimulation) oder im Labor zu validieren.

ATD Nutzung für weitere Technologieerprobung

Die künftige Technologie-Flugerprobung in EADS wird sich auf einen Airbus Erprobungsträger stützen.

Bis es soweit ist, steht der ATD in Teilbereichen als Erprobungsträger zur Verfügung.

- Erprobungsgegenstände ohne Änderung von ATD Struktur / Systemen:
 - Einfluß von Wirbelschleppen (Vorhaben S-Wake)
 - Reduktion der Ruderlaufgeschwindigkeiten zur Ermittlung minimaler Leistungsanforderungen für Aktuatoren
 - Einfluß der Regelgesetz-Auslegung auf Lasten
 - Erprobung von Böensensoren (Vorhaben Pro-HMS und Wake-Vortex)

- Erprobungsgegenstände mit geringfügigen Änderungen von ATD Struktur / Systemen:
 - Neue Lackierungstechnologien für Außenanstrich
 - Radarabsorbierender Anstrich (A400M)
 - Materialtechnologie für Rohrleitungen hoher Drücke
 - Rollfeldführungssystem (Nachweis der Genauigkeit)
 - Prozeduren / Verfahren für bordautonome Landungen (A400M)
 - Neue Meßtechnologie für interne Hydraulik-Leckage / Durchflüsse
 - Satelliten-Telemetrie

Perspektive für Entwicklung, Fertigung von zukünftigen Airbus-Flugzeugen und Betreuung im Einsatz

