

NEUE WEGE IM AVIONIKSYSTEM TEST DES EUROFIGHTER

Frank Westerbuhr
EADS Defence & Security
Military Air Systems
81663 München

Zusammenfassung

Basierend auf den Erfahrungen verschiedenster Projekte erfolgt derzeit die Einführung neuer Prozesse und Werkzeuge für die Entwicklung der Avionik des Eurofighters der Tranche 2. Ziel ist es, damit geringere Kosten, kürzere Zeiträume und eine verbesserte Qualität zu erreichen. Ein Team der vier Eurofighter Partnerfirmen Alenia, BAES, EADS-CASA und EADS-Deutschland hat dafür im Projekt "Enhanced Process / Toolset" (EP/T) untersucht, was zu verbessern oder ersetzen ist und die Neuerungen beschrieben sowie dafür notwendige Entwicklungsarbeiten oder Beschaffungen in die Wege geleitet.

Die sich aus dem EP/T ergebenden Neuerungen im Avioniksystem Test des Eurofighters beziehen sich im wesentlichen auf das Testwerkzeug "Modelling and Test Environment" welches alle Eurofighter Partnerfirmen gemeinsam entwickeln und verwenden. Es bietet eine Vielzahl von Eigenschaften, die eine erhöhte Effizienz bei den Qualifikationstests ermöglichen. Sein Einsatz erfolgt in allen Phasen des Avioniktestens wie auch in der Entwicklung von Piloten-Trainingssimulatoren – bei allen Eurofighter Partnerfirmen als auch Kunden / Systemunterstützungszentren.

Für die verschiedenen Subsysteme des Eurofighter, erfolgt derzeit die Migration auf die neuen Prozesse und Werkzeuge. Dies hat Auswirkungen auf die Testdurchführung, welche in Zukunft besser strukturiert und in höherem Maße automatisiert werden kann. Die Testumgebung erhält Aktualisierungen der Hardware als auch Software. Die Rückverfolgbarkeit von Requirements auf die dazugehörigen Tests sowie die automatische Generierung von Testdokumenten wird ausgebaut. Schnittstellenbeschreibungen dieses hochkomplexen Avioniksystems erfolgen aus einer Hand für alle Partnerfirmen, mit täglichem Datenaustausch unter Verwendung kommerzieller Konfigurationsmanagement Werkzeuge, die auf die speziellen Belange des Eurofighters angepasst wurden.

Daraus lässt sich entnehmen, welche umfassende Änderungen derzeit im Bereich des Avioniksystem Testens erfolgen, worauf sie begründet sind und welche Vorteile daraus in Zukunft entstehen.

1. EINFÜHRUNG

Tests von Avioniksystemen stellen immer wieder große Herausforderungen dar. Die Komplexität ist häufig sehr hoch, Subsysteme werden von verschiedenen Firmen in unterschiedlichen Ländern entwickelt, Kosten- und Terminvorgaben sind sehr knapp ausgelegt. Es gibt viele Beispiele, bei denen zu einem relativ späten Zeitpunkt während der Integrationstests Schnittstellen-, Toolketten- oder Prozessprobleme auftreten und damit große Kosten- und Terminüberzüge mit sich bringen.

Mittlerweile gibt es Möglichkeiten, mittels leistungsfähiger Entwicklungswerzeuge, viel frühzeitiger die Problemfelder zu entdecken und zu beseitigen – noch bevor reale Avionikrechner, Strukturteile oder Kabelbäume produziert und integriert werden. Hier kommt z.B. bei der Strukturkonstruktion das "Virtual Mockup" zum Einsatz oder bei der Avionikentwicklung die "Virtual Testbench".

Zur Vermeidung von Problemen bei der Systemintegration in Projekten mit internationalen Teams ist es auch von großer Wichtigkeit, Daten über Schnittstellendefinitionen oder Software Versionen tagesaktuell zu gewährleisten. Ist dies nicht der Fall, führen die veralteten Datenstände zu Extraaufwendungen für Nacharbeiten. Hier bieten

Netzwerke mit hoher Datenübertragungsrate und –verschlüsselung gute Lösungen an.

Nicht zu unterschätzen ist die Notwendigkeit abgestimmter Prozesse und im Detail zusammenpassender Entwicklungswerzeuge. Unterschiedliche Werkzeuge und dadurch notwendig werdende Datenkonvertierungen sind immer wieder Gründe für Probleme bei der Integration und damit für Verzögerungen in Entwicklungsprojekten. Ebenso vereinfacht sich die Kommunikation zwischen Projektmitgliedern verschiedener Firmen, wenn über gleichermaßen bekannte Dinge gesprochen wird. Übergreifende Probleme lassen sich besser lösen, wenn alle betroffenen Teams über sich ergänzende Kenntnisse verfügen.

Diese Erkenntnisse haben die Eurofighter Partnerfirmen dazu bewogen, zunächst entsprechende Untersuchungen durchzuführen und anschließend die abgestimmten Neuerungen einzuführen. Zu diesem Zweck entstand das Projekt Eurofighter "Enhanced Process and Toolset", welches im Folgenden näher erläutert wird.

2. ENHANCED PROCESS AND TOOLSET

In den Eurofighter Systemen Avionic, Flight Control und Utility Control verwenden alle Eurofighter Partnerfirmen die gleichen Prozesse und Werkzeuge für das System Design und das Software Engineering. Diese wurden in den 80er Jahren eingeführt und waren zu dieser Zeit State-of-the-art. Für die Integrationstests kommen unterschiedliche Werkzeuge zum Einsatz.

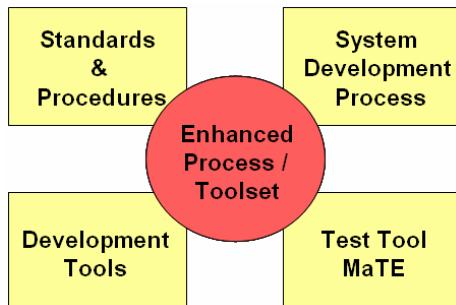


BILD 1. Enhanced Process / Toolset

Um den heutigen Ansprüchen der Ingenieure gerecht zu werden, sowie die Effizienz bei der Entwicklung des Eurofighters zu steigern wurde in den letzten Jahren bei den Partnerfirmen im Projekt EP/T intensiv daran gearbeitet, neue Prozesse zu definieren und neue Werkzeuge zu beschaffen oder selbst zu entwickeln.

Die Ziele von EP/T sind:

- Verbesserte Requirement Definition unter Vermeidung teurer Nacharbeiten zu einem späten Zeitpunkt der Entwicklung.
- Frühzeitige Aufdeckung von Problemen mit der Einführung von Model Based System Design und Model Animation.
- Verbessertes Varianten-Management.
- Steigerung der Effizienz bei den Integrationstests durch die Verwendung gleicher Test-Werkzeuge und -umgebungen bei allen Partnerfirmen und den nationalen Systemunterstützungszentren.
- Gemeinsamer Einsatz von Simulationen zur Verringerung von Doppelarbeit.
- Unterstützung der Wiederverwendung von Simulationen aus der Systementwicklung in den Piloten-Trainingssimulatoren.

Daraus ergibt sich für die Umsetzung des EP/T:

- Requirements Capturing & Analysis mit Use Case / Sequence Diagrams
- Model based System Design mit Statemate
- HMI Definition im Virtual Cockpit
- Requirements Management mit DOORS
- Ein neues ICD Werkzeug
- Ein neuer Ada 95 Compiler
- Ein verbessertes SW Design Werkzeug

- Varianten Management und Configuration Control mit PCMS
- Eine allgemeine Rig Test Umgebung
- Einsatz Virtueller Rigs

Die Umsetzung ist in weiten Teilen erfolgt. Gegenwärtig läuft die Einführungsphase, die mit dem Begin der Entwicklungsarbeiten an der Tranche 2 abzuschliessen ist.

3. MODELLING AND TEST ENVIRONMENT

Mit der Einführung des "Modelling and Test Environments" MaTE steht im Eurofighter jetzt ein neues Testwerkzeug zur Verfügung, das durchgängig alle Phasen des Avionik Testens unterstützt. Dies beginnt bei der Software / Software Integration auf virtuellen Avionikrechnern und endet mit der Integration des Avionik Gesamtsystems unter Verwendung aller realen Avionikrechner sowie bei Bedarf in Verbindung mit Simulationen oder Emulatoren.

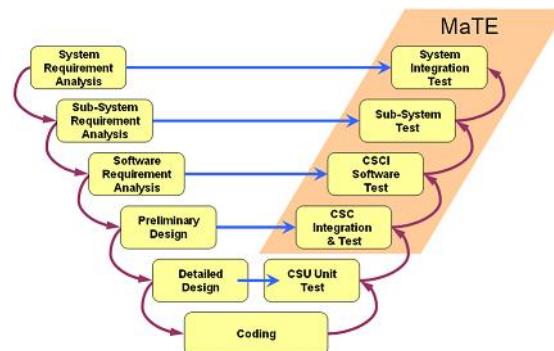


BILD 2. Einsatz von MaTE in allen Testphasen

Bei der Software / Software Integration wird das von MaTE unterstützte Re-hosting eingesetzt. D.h., MaTE stellt die Middleware (TSAP), auf welcher die zu testende Anwendungssoftware aufbaut, für die Plattformen Windows PC als auch VxWorks VME Board zur Verfügung. Diese Umgebung ermöglicht es dem Testingenieur, sehr frühzeitig und ohne Einsatz von teuren realen Avionikrechnern sowie Testanlagen Integrationstests zunächst auf einem nicht-echtzeitfähigen PC durchzuführen. Im nächsten Schritt erfolgt der Wechsel auf die echtzeitfähige VxWorks VME Board Umgebung, die wiederum ohne teure Echtgeräte und umfangreiche Testanlagen auskommt.

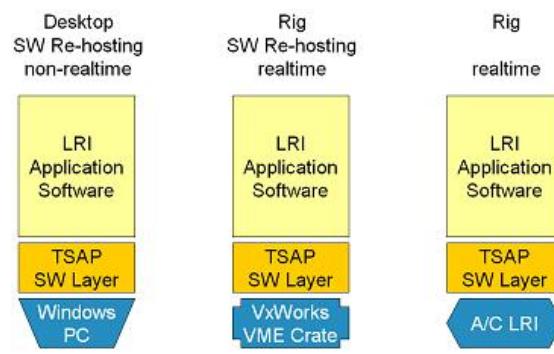


BILD 3. Software Re-hosting

Die Unit-under-Test umgebenden Avionikrechner werden hierbei im notwendigen (kleinen) Rahmen durch Simulationen realisiert, um alle Schnittstellen entsprechend der durchzuführenden Tests zu bedienen. Die Simulationen sind auf der gleichen Plattform implementiert wie die zu testende Anwendungssoftware, also zunächst auf einem PC und schliesslich auf den VxWorks VME Boards.

Diese von MaTE unterstützten virtuellen Avionikrechner bieten zusätzlich die Möglichkeit, Rapid Cockpit Prototyping durchzuführen oder Design Modelle auf die Korrektheit ihrer Schnittstellen zu prüfen. Diese Fähigkeit findet auch Verwendung bei der Entwicklung von Piloten-Trainingssimulatoren, bei denen die verschiedenen Anwendungssoftwaren von Avionikrechnern auf Workstations re-hosted werden, sodaß sie sich in gleicher Weise verhalten wie das Avioniksystem. Eine extra-Entwicklung der Software für Trainingssimulatoren ist damit nicht notwendig.

Im nächsten Schritt erfolgt die Software / Hardware Integration mit dem echten Avionikrechner. Mittels einer von MaTE gesteuerten Rig Testbench stehen für die Tests alle notwendigen Schnittstellen zur Verfügung, wie z.B. Milbus oder digitale und analoge Discretes. Damit kann der Testingenieur alle Betriebszustände der Unit-under-Test steuern oder Fehlerfälle provozieren. Hier können, je nach Bedarf, die gleichen Simulationen der vorhergehenden Testphase wieder zum Einsatz kommen. Das spart Doppelarbeit und erhöht die Vergleichbarkeit der Testergebnisse verschiedener Testphasen.

Für die darauf folgenden Subsystem-Integrations- tests werden die Simulationen durch reale Avionikrechner ersetzt. Dazu ändert der Testingenieur die MaTE Systemkonfiguration je nach Bedarf – für den einen Test mit Echtgerät und für einen anderen mit der entsprechenden Simulation. Auch hier gilt, daß Simulationen der vorhergehenden Testphasen wieder eingesetzt werden.

Im letzten Schritt der Integrationstests kommt das Gesamt-Avioniksystem mit allen Echtgeräten zum Einsatz. MaTE dient hier hauptsächlich als Monitor der Schnittstellen. Die Tests erfolgen im Wesentlichen durch Eingaben an den echten Displays, so wie es durch den Piloten erfolgt.

Der Einsatz dieses Testwerkzeuges über alle Testphasen bietet hohes Einsparpotential. Wenn, wie oben dargestellt, z.B. Simulationen in allen Testphasen wiederverwendet werden, ergibt sich zunächst die Einsparung der mehrfachen Simulationsentwicklung. Vermutlich wichtiger ist aber die hierdurch erreichte Vergleichbarkeit der Testergebnisse verschiedener Testphasen. Dies ist nur möglich mit dem gleichen Testwerkzeug und der gemeinsamen Testplattform und daraus resultierend den gleichen Testdatensätzen und Simulationen. Auf diese Weise wird es dem Testingenieur wesentlich erleichtert, einen Fehler zu finden, der sich durch einen zusätzlichen Integrationsschritt ergibt, also z.B. durch die Verwendung eines zusätzlichen echten Avionikrechners.

Hinzu kommt, daß MaTE bei den Eurofighter Partnerfirmen als auch allen Eurofighter Kunden eingesetzt wird und Testdatensätze sowie Erfahrungen untereinander ausgetauscht werden. Dadurch lassen sich firmenübergreifende Probleme wesentlich besser lösen.

Durch die Verwendung Virtueller Rigs ergibt sich zusätzlich Einsparpotential, weil weniger Testanlagen beschafft werden müssen. Die Entwicklung und Vorbereitung von formalen Qualifikationstests kann ebenso auf einem Virtual Rig erfolgen. Zunächst beginnt der Testingenieur in seinem Büro mit dem Desktop Virtual Rig, dann wechselt er auf das Virtual Rig mit Echtzeitverhalten um letztendlich seine Qualifikationstests auf dem Target Rig durchzuführen. Sind Off-line Analysen aufgezeichnete Daten notwendig, kann dies z.B. wieder auf dem Desktop Virtual Rig erfolgen. Damit erfolgt die Nutzung des Target Rigs wesentlich effektiver.

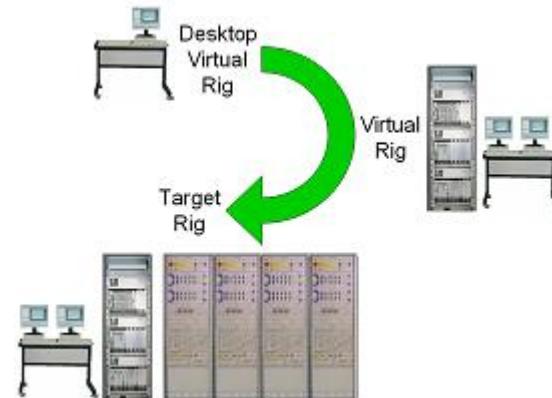


BILD 4. Vom Desktop Virtual Rig zum Target Rig

Dies bietet sich auch für die funktionale Verifikation von Anwendungssoftware an, die nicht auf Echtzeitbedingungen angewiesen ist. Auf diese Weise erfolgt im Eurofighter die Verifikation von Displayformaten.

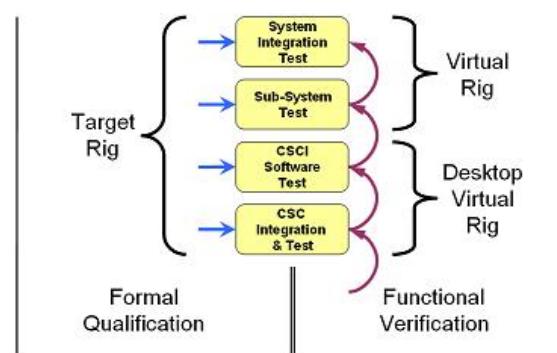


BILD 5. Rigs für die Qualifikation / Verifikation

Bei der Umstellung auf das neue Testsystem MaTE konnten bereits Verbesserungen in der Vorgehensweise des Testens erzielt werden. Für weitere Schritte in Richtung erhöhter Effizienz bei der Testdurchführung erfolgt derzeit die Erstellung von Konzepten und MaTE erweiternden Requirements. Hier sind z.B. der Ausbau automatisierter Tests und das Abspielen im Flugtest aufgezeichneteter Daten zu nennen.

4. TESTBETRIEB

4.1. Überblick

Der Eurofighter besteht aus mehreren Subsystemen, die Aufgaben wie z.B. Flugführung oder Navigation übernehmen. Diese sind jeweils durch eine ganze Reihe von Bussystemen miteinander verbunden. Das Testsystem muß nicht nur diese großen Datenmengen bewältigen können, sondern auch die große Anzahl von Konfigurationsständen und Versionen handhaben können.

4.2. Einbindung in das Gesamtsystem

Entsprechend des Bedarfs der jeweiligen Integrationstests stellt sich der Testingenieur mit MaTE eine Konfiguration des Avioniksystems zusammen, die sich in Art (Real Milbus, Virtual Milbus, Spezialschnittstellen, Steuersignale), Version des Avioniksystems (Schnittstellen, Software, Hardware) und Anzahl der angeschlossenen Schnittstellen unterscheidet. In gleicher Weise erfolgt dies für die Simulationen der Avionikrechner.

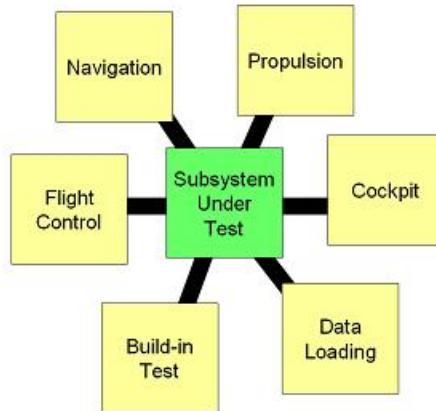


BILD 6. Subsystem Under Test

4.3. Testdurchführung

Die Subsystem Integrationstests sind typischerweise in verschiedenen Themengruppen gegliedert, die sich wiederum aus einer Vielzahl von funktionalen Einzeltests zusammensetzen. Diese können das Handling von Sensoren sein, Anzeigen auf den Displays oder Ergebnisse von Algorithmen. Durchgeführt werden sie halb- oder vollautomatisch, je nach Anwendungsfall. Bei halbautomatischen Tests verwendet der Testingenieur selbstständig ablaufende Skripte und steuert das Subsystem mittels manueller Stimulation einzelner Milbus-Signale.

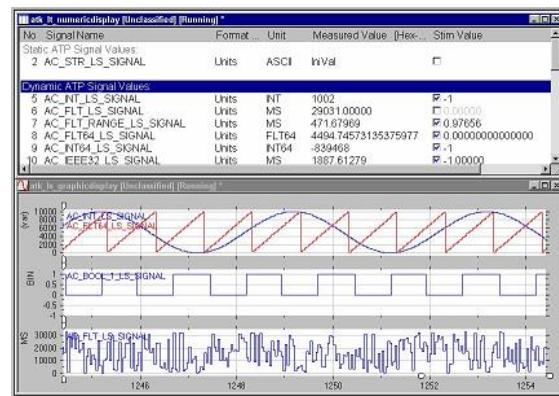


BILD 7. MaTE Signal-Stimulation / -Evaluierung

Hierzu gibt es eine Vielzahl von Möglichkeiten, so z.B. die manuelle Einstellung von Werten, die Verwendung von universellen Signalgeneratoren, grafische Panels mit Schaltern, Reglern und Anzeigen oder die Event-gesteuerte Reaktion auf gemessene Werte.

Im Falle der vollautomatischen Tests erfolgt die Durchführung komplett mit Skripten und ggf. manuell erfolgter Voreinstellung von Signalwerten.

```

1 //*****
2 //** Script File
3 //** Sample .at1
4 //**
5 //** Contains a sample test Script.
6 //*****
7
8 // Uses library script file
9 include "LibFunctions.tsc"
10
11 signal sig = use 'M001_WORD02_E02'
12
13 // Main script routine
14
15 function main()
16 begin
17     string canDo
18     float speed, sigValue
19     integer i
20     integer value
21
22
23 for i = 2 to i < 100 step 2
24     value = doSomething(i)
25     if value > 1500
26         speed = doSomethingElse("Speed")
27     elseif value == 1280
28         speed = MAX_SPEED / pow(2, PI)
29     else
30         speed = 1.73
31     endif
32     Console.WriteLine("Current speed: " + speed)
33 endfor
34
35 sigValue = Signal.Measure(sig)
36 if sigValue <= 28.75
37 | canDo = "True"
38 else
39 | canDo = "False"
40 endif
41
42 Log.WriteLine("The Test is " + canDo + ", the value is " + sigValue)
43 end
44

```

BILD 8. MaTE Testscript

Zu der Stimulation und Evaluierung von Signalwerten lassen sich mit MaTE auch die Schnittstellen kontrollieren, wodurch sich Systemzustände (z.B. Milbus Transaktionen je nach Phase des Fluges oder Weight-on-wheels Status) verändern oder Fehler-fälle (z.B. Parityerror oder Unterbrechungen) provozieren lassen. Dies erfolgt über Bedienoberflächen oder Skripte.

4.4. Testumgebung

Als Testumgebung dienen mehr oder weniger umfangreiche Rig Anlagen, mit einer oder mehreren Benches der zu testenden realen Avionikrechner. Dazu gehören immer auch Benches, die das MaTE Testsystem beherbergen. Diese enthalten unter anderem die Milbus Schnittstellenplatinen oder Platinen für analoge oder diskrete Steuersignale. Letztere lassen sich auch mit Power Supplies oder Frequenzgeneratoren verbinden. Damit hat der Testingenieur von einem MaTE Steuerrechner aus umfassende Kontrolle über seine Rig Anlagen.



BILD 9. EF Subsystem Testanlage

4.5. Testdokumentation

Aus der immensen Anzahl von Requirements und den vielen Entwicklungsschritten sowie -varianten ergibt sich ein großer Aufwand bei der Dokumentation der Subsystem Tests. Hier gilt es zunächst, aus den Requirements einen Ground Test Plan zu erstellen, der die Art und Weise der Qualifikationstests beschreibt. Anschließend erfolgt die Erstellung der Ground Test Procedures, die sehr detailliert aufführen, wie die Qualifikationstests vom Testingenieur durchzuführen sind. Nach Abschluß der Tests werden deren Ergebnisse im Ground Test Report dokumentiert. Dies ist dann die Grundlage für das Dokument, welches die Produktfreigabe beschreibt.

Bei der EADS MAS gibt es seit langem Erfahrungen mit der automatischen Erstellung von Dokumenten aus Datenbanken. Durch die Einführung des EP/T wird dies mir der Verwendung von DOORS ausgeweitet und somit eine weitere Effizienzsteigerung ermöglicht.

Dabei erfolgt die Erstellung des Ground Test Plans durch die manuelle Beschreibung der Tests sowie deren Verlinkung zu den dazugehörigen Requirements. Das Dokument selbst entsteht dann mittels automatischer Generierung.

Die Ground Test Procedures entstehen mit Hilfe einer Testdatenbank. In ihr sind vordefinierte Testschritte abgelegt, die der Testingenieur auswählt, wie es für den jeweiligen Test notwendig ist. Per Knopfdruck entsteht daraus das Dokument.

Die Verbindung zwischen dem Ground Test Plan sowie den Ground Test Procedures ist durch die in beiden Dokumenten verwendeten Testnummern gegeben. Damit ist eine eindeutige Rückverfolgung vom Requirement bis zum Testergebnis

gewährleistet.

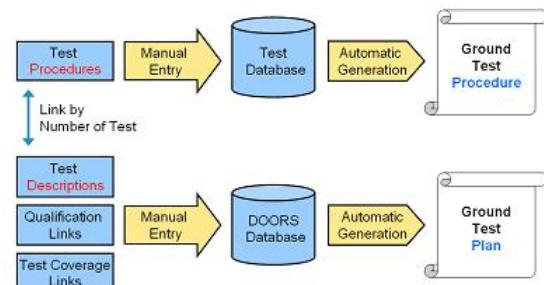


BILD 10. Erzeugung der Testdokumente

Auch für die Erstellung des Ground Test Reports ist DOORS in Verwendung. Hier entsteht das Dokument aus einer Kombination von manuellen sowie automatisch generierten Anteilen. Die Rückverfolgbarkeit ist in vollem Umfange gegeben.

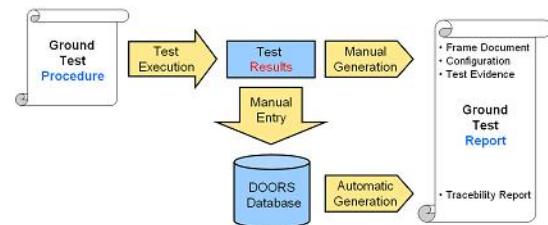


BILD 11. Erzeugung des Testreports

4.6. Schnittstellenbeschreibung

Die Beschreibung der Schnittstellen eines solch komplexen Avioniksystems ist von großer Bedeutung. Bei mehreren hunderttausend Signalen, die über verschiedene Bussysteme unter dutzenden Avionikrechnern ausgetauscht werden, ist dies offensichtlich. Mit dem EP/T erfolgt die Erstellung der Schnittstellenbeschreibungen zentral unter Verwendung eines neu entwickelten ICD Tools. Auf dessen Datenbank haben die Entwickler des System Designs, des LRI Designs, der SW Entwicklung und der Integrationstests Zugriff. Damit ist sichergestellt, daß über den gesamten Entwicklungsprozess mit den gleichen Schnittstellenbeschreibungen gearbeitet wird.

Das Konfigurationsmanagement erfolgt mit dem EP/T Werkzeug PCMS, welches aus dem kommerziellen Werkzeug PVMS durch Eurofighter spezifische Anpassungen entstanden ist.

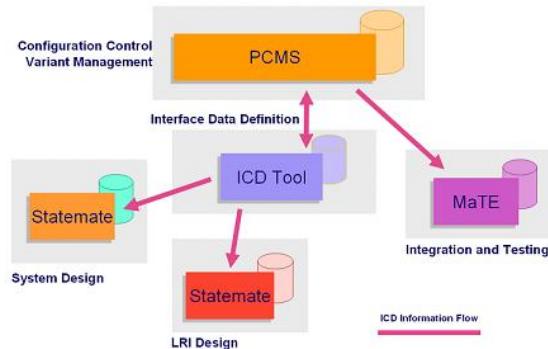


BILD 12. Prozessübergreifende Schnittstellenbeschreibung

4.7. Tagesaktueller Datenabgleich

Mit dem EP/T gibt es jetzt ein verbessertes System für den tagesaktuellen Datenaustausch zwischen allen Eurofighter Partnerfirmen. Jegliche in Bearbeitung befindliche oder fertiggestellte Dokumente, Testdatensätze, Schnittstellendefinitionen, u.a.m. werden über Nacht an allen Standorten repliziert. Unter Einbeziehung des Konfigurationsmanagement Werkzeugs PCMS beinhaltet dies auch die Unterstützung der für die Bearbeitung eingeführten Prozesse. So können Aufforderungen zur Überarbeitung oder Prüfung von Dokumenten an ausgewählte Personen geschickt werden. Diese erhalten sodann eine Auswahl von Möglichkeiten, Anfragen so zu beantworten, wie es der Prozess für diesen Fall vorschreibt.

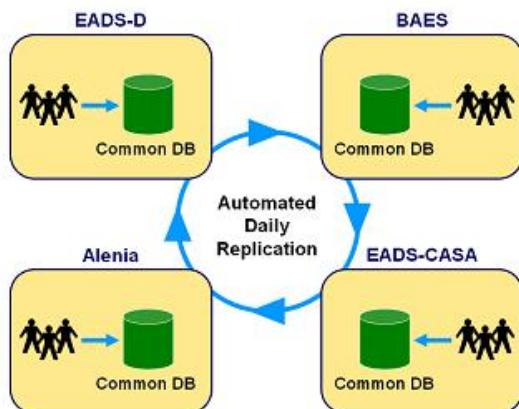


BILD 13. Tagesaktueller Datenabgleich

5. ABKÜRZUNGEN

A/C	Aircraft
CSC	Computer System Configuration
CSCI	Computer System Configuration Item
ICD	Interface Control Document
DB	Database
EF	Eurofighter
EP/T	Enhanced Process / Toolset
LRI	Line Replaceable Item
MaTE	Modelling and Test Environment
PCMS	Project Control & Management System
PVMS	Project Versions Management System
TSAP	Target Specific Ada Packages