

MODERNE KOMBINIERTE SPRACH-, FLUG- UND MAINTENANCE-DATENREKORDER- UND AUSWERTESYSTEME FÜR MILITÄRISCHE LUFTFAHRZEUGE

E. Strobel, A. Schick
EADS Deutschland GmbH, Defence Electronics
D-88039 Friedrichshafen

1. EINLEITUNG

EADS Deutschland GmbH, bzw. Ihre Vorgängerorganisation Dornier GmbH, besitzt über 25 Jahre Erfahrung in der Konzeption, Entwicklung, Produktion und Wartung von Sprach-, Flug- und Maintenance-Datenrekorder- und Auswertesystemen für militärische Plattformen wie z.B. Tornado, Tiger, NH90. Durch konsequente Weiterentwicklung und Produktpflege im Laufe der Jahre entstand so eine Rekorderfamilie mit unterschiedlichen Ausprägungen, welche im ersten Abschnitt dieses Dokumentes dargestellt wird. Die Entwicklung begann mit Systemen, welche eine Hand voll Flugparameter auf Metallbändern aufzeichneten, während die neuesten Systeme mehr als tausend Flugparameter im digitalen, nicht-flüchtigen Speicher des Rekorders ablegen.

Im Weiteren soll anhand des neuesten Rekordersystems für den NH90, welches noch eine Satellitennotfunksendereinheit beinhaltet, die vollständige Informationsverarbeitungskette von der Datenakquisition im LFZ über die Speicherung in einem geschützten Medium bis zur Datenauswertung erläutert werden.

Das Dokument schließt mit einer Darstellung der von EADS Deutschland GmbH entwickelten Auswertestationen und Auslesegeräten. Die aufgezeichneten Sprach- und Flugdaten werden konvertiert und können synchron zu Auswertezwecken visualisiert werden. Diese Systeme sind schon viele Jahre bei der deutschen Luftwaffe bei General Flugsicherheit

im Einsatz.

2. ÜBERSICHT DER REKORDERSYSTEME

Die Einteilung der heute üblichen Rekordersysteme für LFZ gliedert sich gemäß ED-112 [1] in folgende vier Hauptkategorien:

- Cockpitsprachrekordersysteme
- Flugdatenrekordersysteme
- Kombinierte Rekordersysteme
- 'Deployable' Rekordersysteme

Die Produktfamilie von EADS Deutschland GmbH umfasst alle der oben angeführten Kategorien von Rekordersystemen. Die Systematik der Rekorderfamilie in BILD 1 zeigt, dass die erste Unterteilung zwischen sog. 'Fixed Installed' und 'Deployable' Rekordersystemen differenziert.

Die 'Fixed Installed', also fest im LFZ installierten Systeme bilden das Gros der Systeme. Es bietet sich als Einbauart oft das Avionikabteil oder ein Bereich im hinteren Rumpfteile des LFZ an. Bei den sog. 'Deployable' Rekordersystemen handelt es sich um Systeme, welche sich im Falle eines Flugunfalls automatisch vom LFZ trennen. Diese sind ebenfalls im Heckteil außen am LFZ angebracht.

Die Rekordersysteme lassen sich weiter in Sprach-, Flugdaten- und kombinierte Rekordersysteme unterteilen. Kombinierte Systeme bedeutet in diesem Fall, dass sowohl Sprach-

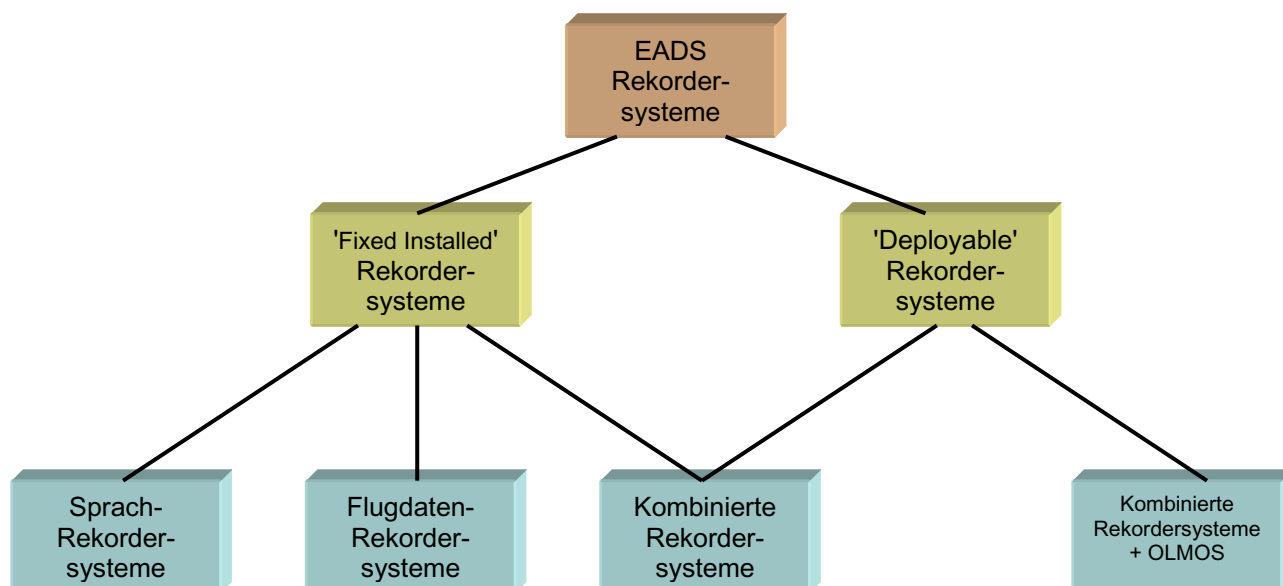


BILD 1. Übersicht der Sprach- und Flugdatenrekorderfamilie

als auch Flugdaten und zunehmend noch Maintenance-Daten aufgezeichnet werden.

2.1. Cockpitsprachrekordersysteme

Ein Cockpitsprachrekorder soll gemäß den Anforderungen aus ED-112 [1] die Sprachkommunikation zwischen den Mitgliedern der Cockpitbesatzung untereinander, zwischen Cockpitbesatzung und Bodeninfrastruktur (ATC) über die vorhandenen Funkgeräte und zwischen Cockpitbesatzung mit weiteren Besatzungsmitgliedern über die Intercom-Anlage aufzeichnen. Des Weiteren sollen Umgebungsgeräusche im Cockpit, welche ebenfalls Aufschluss über das mögliche Unfallgeschehen geben könnten, aufgezeichnet werden. Dies wird üblicherweise durch ein im Cockpit installiertes Mikrofon realisiert. Die Auswertung der Umgebungsgeräusche erfolgt typischerweise über Frequenzanalyseverfahren.

2.1.1. Miniatur CVR-System

Das Miniatur CVR-System besteht aus den Komponenten (siehe BILD 2):

- Miniatur DAU
- Smart FDR

Die Miniatur DAU mit einem sehr geringen Gewicht von 0,75 kg beinhaltet die Schnittstellen zu den angeschlossenen Audiokanälen und das eingebaute Mikrofon zur Aufzeichnung der Cockpitumgebung, da es konzipiert ist, dieses Gerät im Cockpit zu installieren. Der Verdrahtungsaufwand im LFZ ist deutlich reduziert, wodurch sich dieses System als einfache 'Retrofit'-Lösung anbietet. Das Miniatur CVR-System bietet über die Funktionalität eines Cockpitsprachrekorders hinausgehend Schnittstellen für diskrete, analoge und Frequenzsignale und einen ARINC-Eingang, welche bei Bedarf erfasst werden können. Die Bundeswehr wählte dieses System, um ihre Helikopter, die bisher ohne Rekorder ausgestattet waren, kostengünstig nachzurüsten.



BILD 2. Miniatur CVR-System: Smart FDR (links), Miniatur DAU (rechts)

Die in der Miniatur DAU eingehenden Signale werden digitalisiert, wenn erforderlich, und komprimiert. Der so entstandene digitale Datenstrom wird in Datenrahmen angeordnet in die kugelförmige Speichereinheit Smart FDR geschrieben.

Smart FDR

Das Herzstück aller EADS Rekordersysteme ist der Smart FDR, eine kugelförmige, mechanisch hochfeste Rekordereinheit, die aufgrund ihrer Kugelgeometrie optimalen Schutz vor den zerstörenden Einwirkungen durch das Unfallgeschehen bietet und alle Schutzanforderung gemäß ED-112 [1] mit

Ausnahme des Hochtemperatur-Feuertests (1100°C für 7 min anstatt für 60 min) erfüllt. Die kleinen Außenmaße wirken sich sehr positiv auf das geringe Gewicht von nur max. 0,35 kg aus und ermöglichen einen Einbau der Speichereinheit in Bereichen des LFZ, welche das Unfallgeschehen mit hoher Wahrscheinlichkeit unbeschadet überstehen. Diese Bereiche befinden sich z.B. bei einem Helikopter im Heckausleger und bei einem Flächenflugzeug in den Flügelenden oder ebenfalls im Heckbereich.

Das Konzept der 'kleinen Kugel' ersetzt die traditionell sehr schweren, weil stark geschützten, und wichtigen Rekorderspeichereinheiten, welche oft über 4 kg wiegen. Typischerweise wird der Smart FDR aus Stahl gefertigt, es existiert aber auch eine Version aus Titan, welche sich durch noch geringeres Gewicht (max. 0,25 kg) und noch bessere Schutzwirkung auszeichnet. In der Konfiguration für das Miniatur CVR-System besitzt der Smart FDR eine Speicherkapazität von 16 MBytes, welche allerdings aktuell bis zu 1 Gbyte erweiterbar ist.

In der momentanen Konfiguration des Miniatur CVR-Systems können die Audio- und Datenkanäle für 30 min aufgezeichnet werden bevor sie wieder nach dem Prinzip eines Endlosbandes gelöscht werden. Beschleunigungssensoren, welche den bei einem Unfall üblichen Aufprall detektieren, stoppen die Aufzeichnung, so dass das Überschreiben der wichtigen Sequenzen vor dem Unfall unterbleibt. Bei größerer Speicherkapazität sind Sprachaufzeichnungen bis zu mehreren Stunden möglich.

2.2. Flugdatenrekordersysteme

Diese Rekordersysteme besitzen Eingänge für verschiedenste analoge und digitale Sensorsignale und sind in der Lage, Daten von digitalen Bussystemen wie ARINC 429 und MILBUS-1553 zu akquirieren. Die ersten Flugdatenrekorder mit Metall- oder Magnetbändern zeichneten nur wenige Parameter wie Geschwindigkeit, G-Last, Flughöhe etc. auf, wohingegen die neuesten Forderungen aus ED-112 [1] für Drehflügler ein Minimum von 48 und für Starrflügler 78 Flugparametergruppen vorsehen. Hierbei werden nicht nur Flug- und Triebwerkparameter, sondern auch Parameter der Navigationsgeräte gefordert. Tatsächlich werden in modernsten Helikoptern aber inzwischen über 1000 Parameter für Auswertezwecke aufgezeichnet, wenn diese z.B. über Datenbussysteme im LFZ-Avioniksystem vorhanden sind.

2.2.1. Miniatur FDR-System

Das Miniatur FDRS wurde speziell für den Einsatz in unbemannten Fluggeräten, wie z.B. KZO Drohne, konzipiert. Es besteht aus den Komponenten (siehe BILD 3):

- Mini FDR DAU
- Smart FDR

Die eingehenden Flugdaten, welche über einen MILBUS-1553 kommen, werden in der sehr leichten DAU (0,8 kg) komprimiert. Danach erfolgt die Speicherung im Smart FDR, der kugelförmigen Speichereinheit (Details siehe 2.1.1). Die sehr kompakten Abmessungen und das geringe Gewicht machen dieses System sehr attraktiv für den Einsatz in Kleinfluggeräten.



BILD 3. Miniatur FDR-System: Mini FDR DAU (links), Smart FDR (rechts)

2.3. Kombinierte Rekordersysteme

Ein deutlicher Trend in Richtung kombinierte Rekordersysteme ist in den letzten Jahren zu verzeichnen, denn aufgrund der digitalen Speicherung der Daten besteht kein Grund, Sprach- und Flugdaten getrennt zu speichern. Um den Befürchtungen der unfalluntersuchenden Stellen und Behörden Rechnung zu tragen, weil keine physikalische Trennung mehr zwischen Sprach- und Flugdaten mehr vorliegt, werden kombinierte Rekordersysteme inzwischen bei größeren LFZ redundant ausgelegt. D.h. ein Rekorder wird in unmittelbarer Nähe zum Cockpit und ein zweiter im Heckteil des LFZ installiert. Aus Gesichtspunkten der Gewichtsersparnis wird jedoch in kleineren LFZ sehr oft nur ein kombiniertes Rekordersystem verwendet.

Kombinierte Rekordersysteme besitzen alle Schnittstellen zu den Audiokanälen, wie für Sprachrekorder gefordert, und alle Schnittstellen zu den analogen und digitalen Sensoreingängen.

2.3.1. Smart FDRS

Das Smart FDRS ist ein redundantes, kombiniertes Sprach- und Flugdatenaufzeichnungssystem, welches in der deutschen Version des Militärhubschraubers Tiger (UHT) eingesetzt wird und aus folgenden Komponenten besteht (siehe BILD 4):

- Smart DAU
- zwei Smart FDR



BILD 4. Smart FDRS: 2xSmart FDR (links), Smart DAU (rechts)

Die kompakte und leichte Smart DAU (1,8 kg) ist für den Einbau im Cockpit vorgesehen und besitzt die typischen Schnellverschlüsse. Es ist keine Interaktion durch die Cockpitbesatzung vorgesehen, jedoch ist eine Go/NoGo-Statusinformation über eine integrierte Textanzeige verfügbar. Die redundanten, sehr kompakten kugelförmigen Spei-

chereinheiten können an verschiedenen Bereichen, welche durch das Unfallgeschehen mit hoher Wahrscheinlichkeit nicht zerstört werden, im LFZ installiert werden. Das System ist ausbaufähig für bis zu vier redundante Smart FDR (Details siehe 2.1.1).

Die ankommenden Audio- und Flugdaten werden, falls notwendig digitalisiert, komprimiert und anschließend redundant in beiden Smart FDR gespeichert. Die nicht vollständige Erfüllung der Schutzanforderung beim Hochtemperatur-Feuertest gemäß ED-112 [1] wird hierbei durch die redundante Auslegung der Speichereinheiten kompensiert. Die Gewichtseinsparung von über 3 kg gegenüber gewöhnlichen Speichereinheiten ist bedeutend.

Die Standardkonfiguration des Smart FDRS mit einer Speicherkapazität von zweimal 32 MBytes bietet eine Aufzeichnungsdauer für Audiodaten von 60 min und 8 h für Flugdaten. Eine mögliche Erweiterung auf 1 Gbyte führt zu wesentlich längeren Aufzeichnungsdauern.

Das Rekordersystem ist auch erweiterbar als Datentransfergerät für Missionsdaten, deshalb besitzt es am Frontpanel einen verschließbaren Schacht, welcher als Aufnahme für die Solid-State-Datenträger dient.

2.4. 'Deployable' Rekordersysteme

Unter 'Deployable' Rekordersystemen, also abwerfbaren Rekordersystemen versteht man gemäß der Definition aus ED-112 [1] eine Rekordereinheit, welche im Falle eines Unfalls automatisch vom LFZ getrennt wird. Die abwerfbare Rekordereinheit kann auf der Außenhaut oder auch – aus aerodynamischen Gründen – in die Außenhaut integriert eingebaut werden. Der Auslösemechanismus kann, sowohl durch einen Zusammenstoß im Flug, also mit einem anderen LFZ oder einem Hindernis, als auch durch einen Flugunfall über Wasser, bei dem das LFZ sinkt, getriggert werden. Um das Auffinden des vom LFZ abgetrennten Rekorders zu ermöglichen, sollte eine Möglichkeit zu Ortung bestehen. Dies wird in den meisten Fällen durch eingebaute Notfunktensender erreicht. Aus diesen Gründen besteht die abtrennbare Rekordereinheit meistens aus folgenden Komponenten : Speichereinheit, Sendereinheit, Antennen und Batterien.

Ein 'Deployable' Rekordersystem, welches von EADS Deutschland GmbH entwickelt wurde und auf der Außenhaut des LFZ angebracht wird, wird in Kapitel 3 näher vorgestellt. Ein weiteres 'Deployable' Rekordersystem von EADS Deutschland GmbH (Tornado FDRS), welches aerodynamisch perfekt in die Außenhaut integriert ist, wird im MRCA Tornado seit über 25 Jahren eingesetzt.

3. VFDRS (SPRACH- UND FLUGDATENREKORDERSYSTEM) FÜR NH90

Das Sprach- und Flugdatenrekordersystem für den NH90 (VFDRS) ist in zwei verschiedenen Varianten verfügbar. Es existiert eine sog. 'Fixed Installed' Konfiguration mit einer 'klassischen', Unfall geschützten Speichereinheit (CSMU), welche die zivilen Luftfahrtanforderungen gemäß ED-112 [1] erfüllt, und einer zentralen konfigurierbaren Datenakquisitionseinheit (DAU). Die zweite Variante, die sog. 'Deployable' Konfiguration, besteht ebenfalls aus einer DAU und zeichnet sich durch eine im Falle eines Unfalls abwerfbare Rekordereinheit (RBA) mit integrierten Notfunktensendern aus.

Die zentrale, konfigurierbare DAU verfügt über alle Schnittstellen zu den LFZ-Systemen und -Geräten. Diese sind unter anderem analoge Audiokanäle (Pilot, Co-Pilot, Intercom, Area Microphone), Frequenz-, Analog- und diskrete Eingänge sowie digitale Busanbindungen (MILBUS, ARINC). Die analogen Audiodaten werden digitalisiert und über ein eigenentwickeltes verbessertes adaptives differentielles Pulsmodulationsverfahren komprimiert. Die Flug- und Maintenance-Daten werden mittels eines simplen, jedoch effektiven differentiellen Verfahrens komprimiert. Der auf diese Art erzeugte Datenstrom wird kontinuierlich in Datenrahmen angeordnet auf die angeschlossene Rekordereinheit, entweder CSMU oder RBA geschrieben. Audiodaten können bis zu 2 Stunden aufgezeichnet werden, die Flug- und Maintenance-Daten bis zu 10 Stunden (bei 128 MB Speichergröße). Zusätzlich befindet sich in der DAU noch das 28V-Netzteil, welches die Stromversorgung für das gesamte System übernimmt und an die redundante Bordversorgung angeschlossen ist.

3.1. 'Fixed Installed' Konfiguration

Die 'Fixed Installed' Konfiguration des VFDRS besteht aus den Hauptkomponenten (siehe auch BILD 5):

- DAU
- CSMU



BILD 5. VFDRS 'Fixed Installed' Konfiguration: CSMU (links), DAU (rechts)

Die zentrale DAU erfüllt die oben aufgeführten Aufgaben. Der Schutz der Speichermodule, d.h. der aufgezeichneten Daten, vor den Einwirkungen des Unfallgeschehens wird bei der CSMU durch eine massive Titankugel mit aktiver Kühlung realisiert. Dadurch ist es möglich, die gespeicherten Daten auch nach 60-minütiger Exposition der CSMU in einer Flamme mit 1100°C wieder auszulesen. Die Elektronikmodule der CSMU entsprechen im übrigen denen des Smart FDR.

An der Frontseite der CSMU befindet sich außerdem noch eine Sonarbake zur Lokalisierung, welche autark im Falle eines Absinkens des verunglückten LFZ im Wasser aktiv wird und mit einer Frequenz von 37,5 kHz sendet. Das Gerät ist derart ausgelegt, dass es 30 Tage in einer Tiefe von 6000 m unter Wasser unbeschadet übersteht.

3.2. 'Deployable' Konfiguration

Die 'Deployable' Konfiguration des VFDRS besteht aus den Hauptkomponenten (siehe auch BILD 7):

- DAU
- RBA
- ARU

Wobei die DAU hier die gleichen Aufgaben wie bei der 'Fixed Installed' Konfiguration erfüllt, allerdings enthält sie eine zusätzliche Schnittstelle zu ARU bzw. RBA. Diese beiden Geräte werden auf der Außenhaut des LFZ angebracht.

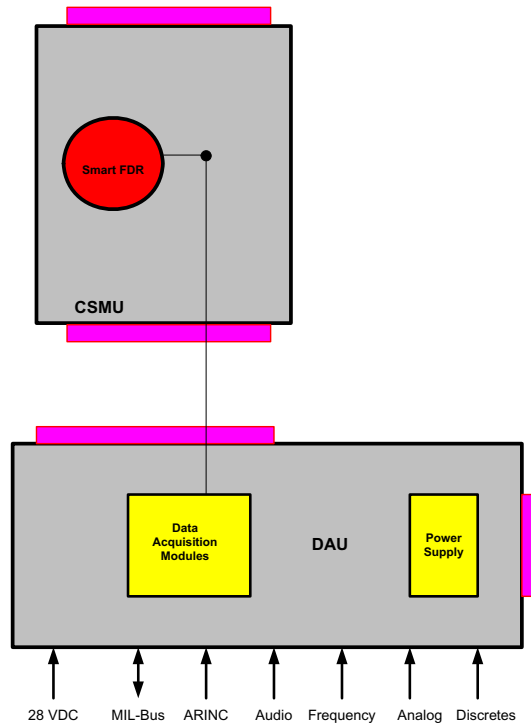


BILD 6. Block Diagramm VFDRS 'Fixed Installed' Konfiguration



BILD 7. VFDRS 'Deployable' Konfiguration: RBA (links), DAU (rechts)

Das schwimmfähige RBA beinhaltet eine Speichereinheit ähnlich dem Smart FDR, eine Kontrolleinheit, drei Sender (121,5/243/406 MHz), Antennen und ein Batterienpaket (siehe BILD 8). Die ARU ist die mechanische Schnittstelle zur Außenhaut des LFZ und enthält außerdem noch die Elekt-

ronik und Pyrotechnik für den Auslösemechanismus. (Anmerkung: Beim NH90 wird die ARU auf der rechten Seite des Heckauslegers befestigt, d.h. auf der vom Heckrotor abgewandten Seite.)

Man unterscheidet zwei unterschiedliche Unfallszenarien, welche eine Auslösung des Automatismus und damit ein Abtrennen des RBA vom LFZ zur Folge haben. Im ersten Fall müssen die beiden redundanten CDCs (Kurzschlussstromkreise), welche im LFZ verlegt sind, durch das Unfallgeschehen, d.h. durch Zerstörungseinwirkung auf die LFZ-Zelle, durchtrennt werden und gleichzeitig von den redundanten Beschleunigungssensoren, welche in der DAU installiert sind, ein Wert detektiert werden, welcher über dem programmierten G-Schwellwert liegt. Erfahrungen aus dem Vorgängerrekordersystem für den MRCA Tornado zeigten, dass ein singuläres Kriterium wie z.B. nur Beschleunigungssensoren zu gehäuften Fehlaustritten führt. Deswegen wird die Auslösung bei Kampfflugzeugen auch durch die Betätigung des Schleudersitzes getriggert. Aus diesem Grund wurden beim VFDRS alle Kriterien verknüpft. Die pyrotechnische Sprengereinheit entfernt das RBA zirka 5 m in horizontaler Richtung vom LFZ, danach beschreibt es eine Parabelbahn durch die Einwirkung der Schwerkraft. Nach etwa 150 m freiem Fall erreicht es seine max. Sinkgeschwindigkeit von ungefähr 40 m/s. Dadurch ist das RBA in der Regel weit genug vom verunglückten LFZ entfernt und die zerstörenden Einwirkungen durch Hitze und Feuer werden unwahrscheinlicher.

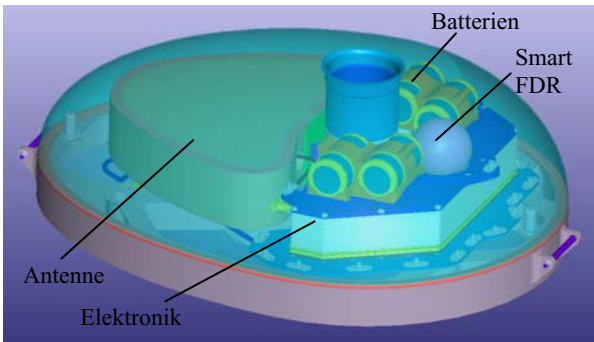


BILD 8. Transparente Ansicht des RBA

Das zweite Szenario ist das Absinken des LFZ im Wasser. Um für diesen Vorgang ein Auslösen zu triggern ist es zunächst notwendig, dass die Kommunikation zwischen DAU und ARU bzw. RBA unterbrochen wird. Danach überwacht die autonome RBA-Kontrolleinheit die redundanten hydrostatischen Drucksensoren, welche sich auf der Elektronikeinheit der ARU befinden. Über Silikonschläuche wird das eindringende Wasser auf die Membransensoren geleitet. Falls beide Sensoren einen Wert über dem programmierten Schwellwert (3 – 10 m Wassersäule) anzeigen, wird das RBA durch die pyrotechnische Sprengereinheit vom LFZ abgelöst. Da das RBA aus Verbundwerkstoffen gefertigt ist, steigt es nach dem Ablösevorgang auf und schwimmt anschließend auf der Wasseroberfläche.

Sofort nach dem Ablösevorgang schaltet die Kontrolleinheit im RBA die integrierten Notfunksender ein und sendet auf den drei Frequenzen: 121,5 MHz (zivile Notfunkfrequenz), 243 MHz (militärische Notfunkfrequenz) und 406 MHz (Satellitennotfunkfrequenz für Cospas-Sarsat). Bei 121,5 und 243 MHz handelt es sich um ein kontinuierliches Sinussignal,

welches mit einer Kennung moduliert wird. Somit kann das RBA mit einem Homing-Empfänger gefunden werden. Gemäß der Spezifikation von Cospas-Sarsat C/S T.001 [2] kann die LFZ-Kennung und die letzte aktuelle GPS-Position in einem Datenburst, welcher im Abstand von etwa 50s gesendet wird, an das Cospas-Sarsat-Satellitennetzwerk übertragen werden. Dabei fließen bei Aussendung des Datenbursts Ströme von über einem Ampere. Mittels dieser Sender ist somit eine Ortung des RBAs und der Absturzstelle möglich.

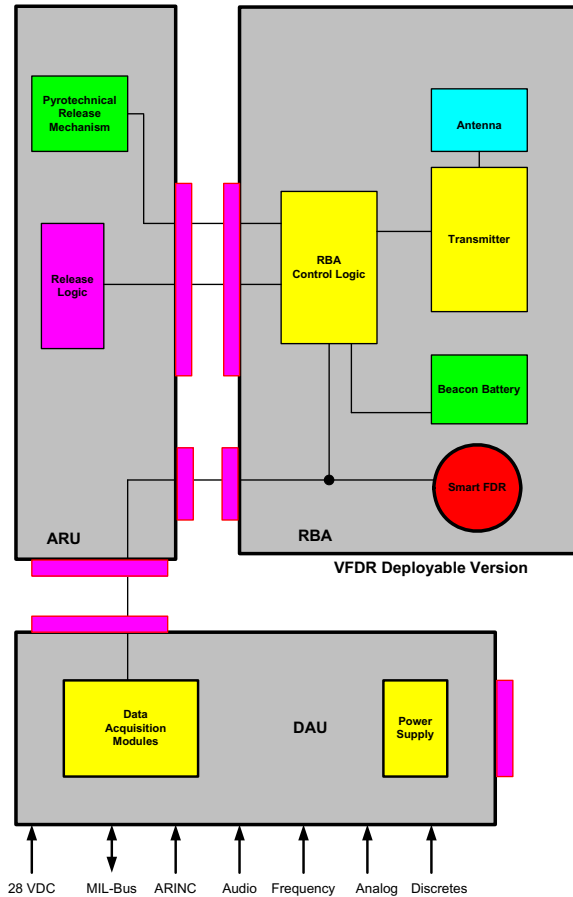


BILD 9. Block Diagramm VFDRS 'Deployable' Konfiguration

Das Batteriepaket ist derart konzipiert, so dass der Sendebetrieb auf allen drei Frequenzen auch bei -40°C für 48 Stunden gewährleistet ist. Das RBA ist weltweit die einzige Bake mit Rekorder mit diesen Leistungsdaten.

In der Nachweisführung im Rahmen der Zertifizierung gemäß Cospas-Sarsat wurde bestätigt, dass das vermessene Antennendiagramm für alle möglichen Positionen die Anforderungen erfüllt. Eine optimale Abstrahlung ist somit gewährleistet unabhängig davon, welche Seite des RBAs nach oben weist bzw. wenn es im Wasser schwimmt.

3.3. Informationsverarbeitungskette

In diesem Kapitel soll der vollständige Weg der Informationsverarbeitung von der Akquisition im Bussystem des LFZ bis hin zum Auslesen und Auswerten der aufgezeichneten Daten mit entsprechenden spezialisierten Tools beschrieben werden. In BILD 10 wird die Informationsverarbeitungskette

am Beispiel des VFDRS dargestellt.

Die zentrale DAU des VFDRS arbeitet im LFZ als Busmonitor für MILBUS 1553 und ARINC 429 und besitzt Eingänge für Audio-, Frequenz-, Analog- und diskrete Signale. Wie in Kapitel 3 bereits erwähnt werden alle analogen Daten digitalisiert und dann ebenso wie die digitalen Daten komprimiert. Der digitale Datenstrom wird dann in Datenrahmen, sog. Frames, organisiert und kontinuierlich in die angeschlossene Rekordereinheit, entweder CSMU oder RBA, geschrieben. Beide Rekordereinheiten besitzen eine identische Schnittstelle, so dass es für die DAU unerheblich ist, welche Einheit angeschlossen ist. Die Kommunikation zwischen DAU und der Kontrolleinheit des RBA verläuft über eine vollständig separate Schnittstelle und beeinflusst das Speichern der Daten nicht.

Um die aufgezeichneten Daten anschließend zu Wartungszwecken oder sonstigen diagnostischen Maßnahmen auszulesen, bieten sich zwei verschiedenen Möglichkeiten. Mittels eines tragbaren Computers, sog. HHC, lassen sich beide Rekordereinheiten über die DAU oder direkt ohne Ausbau im LFZ auslesen. Da das HHC sogar die Stromversorgung des Systems übernimmt, erfolgt das Auslesen unabhängig

von der Bordversorgung. Die ausgelesenen Daten werden auf der Festplatte gespeichert und können sofort konvertiert und anschließend visualisiert werden, so dass eine Sofortanalyse am LFZ möglich wird.

Des Weiteren ist es auch möglich die Daten mittels einer Schnittstelleneinheit, sog. Read-Out Kit, und einem Laptop auszulesen. Da sich die Daten hier ebenfalls noch im komprimierten Format befinden, können sie mit Hilfe der FDRS Ground Evaluation Station (PC inkl. Software zur Datenauswertung) konvertiert werden und dann auch sofort graphisch visualisiert bzw. im Falle der Audiodaten abgespielt werden. Es bieten sich selbstverständlich deutlich umfangreichere und komfortablere Analysemöglichkeiten auf einem Desktop-System als auf einem tragbaren Computer (siehe Kapitel 4.1).



BILD 10. Informationsverarbeitungskette bei VFDRS

4. SPRACH- UND FLUGDATENAUSWERTE-SYSTEME

4.1. FDRS Ground Evaluation Station

Die ebenfalls von EADS Deutschland GmbH entwickelte Auswertestation (FDRS Ground Evaluation Station) zur Datenkonvertierung, -analyse und -auswertung ist eine Weiterentwicklung der von General Flugsicherheit in der Bundeswehr eingesetzten Station für die deutschen Tornado-Verbände. Diese wird als zertifizierte Referenzanlage zur Flugunfallauswertung bei General Flugsicherheit eingesetzt. Die FDRS Ground Evaluation Station besteht, wie im BILD 10 dargestellt, aus einem PC, einem Monitor, einem Drucker, einem Kopfhörer und den zugehörigen Schnittstellenadaptern bzw. -kabeln.

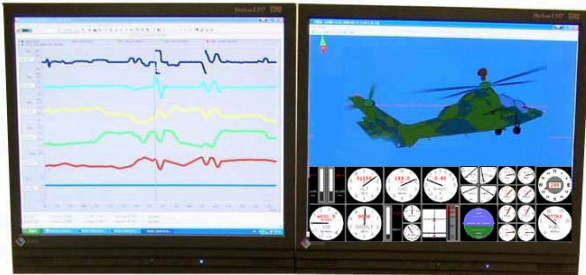


BILD 11. Parameter als Profile über der Zeit auf linkem Monitor, LFZ in der Raumbewegung mit Cockpit Instrumentierung auf rechtem Monitor

Die dekomprimierten Flugdaten werden zunächst in Parameter mit ihren physikalischen Einheiten umgewandelt. Danach ermöglicht die Anlage das synchrone Abspielen der Audiodaten mit der grafischen Darstellung der aufgezeichneten Flugparameter, was eine Analyse des Fluges sehr vereinfacht. Zur tiefergehenden Analyse der Audiodaten kann die komprimierte Audiodatei (ADM-Format) in eine WAVE-Datei umgewandelt werden. Da die Flug- und Audiodaten in der Rekorderinheit mit Markierungen versehen sind, können die ausgelesenen Daten in chronologischer Reihenfolge (Flüge) separiert werden. Jeder aufgezeichnete Flugparameter ist zur grafischen Darstellung frei selektierbar. Parameterauswahllisten (Templates) von bis zu 6 Parametern zur grafischen Darstellung können gespeichert und geladen werden. Es können Triggerbedingungen und Verknüpfungsgleichungen für die Parameter vom Benutzer definiert und abgespeichert werden (Scan-Event-Parameter). Diese berechneten Parameter lassen sich in gleicher Weise grafisch darstellen wie die Flugparameter.

Bis zu sechs Parameter lassen sich gleichzeitig grafisch als Profil über der Zeit auf dem Monitor darstellen. Natürlich können die aufgezeichneten Flugdaten sowohl numerisch als auch grafisch auf dem angeschlossenen Drucker ausgegeben werden. Darüber hinaus lässt sich Flugpfad und Fluglage im Raum mit einem 3D-LFZ-Modell in Echtzeit darstellen (3D-Animation wie in BILD 11). Mittels der aufgezeichneten LFZ-Positionsdaten kann der vollständige Flugweg über einer digitalen 2D-Karte dargestellt werden (siehe BILD 12). Diese zusätzlichen Funktionen erfordern die High Performance Evaluation Station mit zwei Monitoren. Damit ist es möglich, dass auf dem ersten Monitor die Flugdaten grafisch repräsentiert werden und auf dem zweiten Monitor der animierte 3D-Flug synchron abläuft.

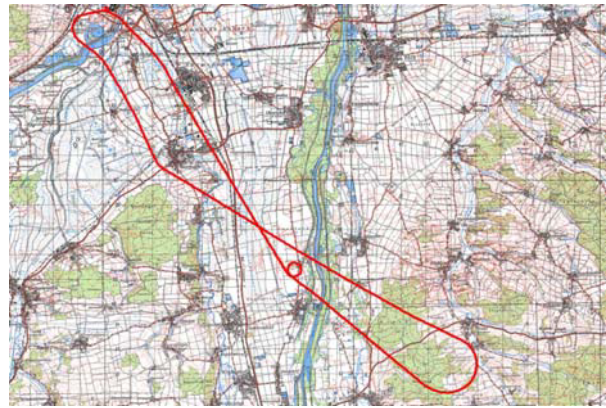


BILD 12. Flugweg über digitaler 2D-Karte

Des Weiteren ist das Parameter-Dateiformat mit der Software 'Insight' der Firma Flightscape Inc., welche weltweit bei den Behörden für Flugauswertung eingesetzt wird, kompatibel, so dass die gewonnenen Daten auch zu weiteren Analysezwecken herangezogen werden können.

4.2. Hand Held Computer

Der tragbare Computer HHC (Hand Held Computer) ist die flexible Auslese- und Analyseeinheit, mit welcher direkt vor Ort im LFZ Informationen über die aufgezeichneten Daten bzw. über das Rekordersystem gewonnen werden können. Das HHC eignet sich aufgrund des robusten Designs für den Einsatz im LFZ und kann im Temperaturbereich zwischen -20°C und +55°C betrieben werden. Wie oben bereits erwähnt ist es nicht notwendig die Bordstromversorgung anzuschalten, stattdessen wird das Rekordersystem direkt über das HHC versorgt.

Direkt am LFZ bieten sich nicht die umfangreichen Möglichkeiten zur Datenanalyse und -auswertung wie oben bei der FDRS Ground Evaluation Station beschrieben, jedoch können im begrenzten Umfang Daten auf dem HHC visualisiert werden, um eine schnelle Bewertung vorzunehmen. Außerdem kann man mit dem HHC Selbsttestinformation auslesen, um den aktuellen Status des Systems zu kennen und gegebenenfalls Fehler zu beseitigen. Schließlich ist es ebenfalls vorgesehen die Kennung des 406-MHz-Senders zu modifizieren, falls das System in einem anderen LFZ zum Einsatz kommt.

Mit der sog. Docking Station kann das HHC wieder aufgeladen werden und wird aufgrund des eingebauten DVD-Laufwerks und einer Vielzahl von Schnittstellen zum vollwertigen PC, wenn man noch einen Monitor, externe Tastatur und Maus anschließt. Ist die FDRS Ground Evaluation Station Software auf dem HHC installiert, hat man dann eine Auswertestation wie in Kapitel 4.1 beschrieben, jedoch mit begrenzter Funktionalität und Leistung.

Das HHC wird beim MRCA Tornado noch für weitere Aufgaben eingesetzt: Die Lebensdauerdaten von den Triebwerken und der LFZ-Zelle, sowie die Statusinformationen der Bordsysteme, welche durch das OLMOS (On-Board Life Monitoring System) während des Fluges aufgezeichnet werden, können direkt am Flugzeug ausgelesen werden. Speziell bei den Tornado-Verbänden der RAF können die Triebwerksdaten aus der Engine Monitoring Unit mit dem HHC

ausgelesen werden.

5. AUSBLICK

Ein Blick in die Zukunft lässt erkennen, wie bereits erwähnt, dass der Trend ganz klar zu kombinierten Rekordersystemen für Sprach- und Datenaufzeichnung geht. Außerdem besteht ein deutlicher Bedarf der Luftfahrzeugbetreiber eine immer größer werdende Menge von Maintenance-Daten von allen Bordsystemen, wie z.B. Triebwerke, LFZ-Zelle, Avioniksysteme etc., aufzuzeichnen. Da nicht nur die Anzahl der aufzuzeichnenden Parameter stark ansteigt, sondern auch die Länge der Zeiträume, werden immer größere Speichermodule benötigt (>500 Gbyte). Denn Maintenance-Daten dürfen im Gegensatz zu Flugdaten zur Unfalluntersuchung nicht überschrieben werden und werden auch nicht nach jedem Flug, sondern nur nach Bedarf ausgelesen.

Sollen die Maintenance-Daten schließlich am Boden ausgelesen werden, müssen diese selbstverständlich schnell und sicher über Datenlink-Terminals für die Wartungsrechner verfügbar gemacht werden. Dadurch erhält das Boden- bzw. Wartungspersonal sofort detaillierte Informationen über den technischen Zustand und den Verschleiß des LFZ und kann somit die Wartung ganz spezifisch auf das jeweilige LFZ abstimmen.

Die Einführung von CPDLC, also eines Datenlinks für die Kommunikation zwischen Cockpit und ATC, in der nahen Zukunft macht es erforderlich, dass diese Meldungen ebenfalls im Rekordersystem abgespeichert werden. Aber da es sich schon um digitale Daten in kleinerer Menge handelt, wird die Einführung keine größeren Modifikationen erforderlich machen. Videoaufzeichnung aus dem Cockpit hingegen werden den Speicherbedarf weiter erhöhen. Wobei sich die Regulierungsbehörden immer noch uneins sind, was im Cockpit aufgezeichnet werden darf, damit die Privatsphäre der Cockpitbesatzung gewährleistet ist. Wenn diese rechtlichen Fragen geklärt sind, können die digitalisierten Videoaufzeichnungen ebenfalls im Rekordersystem gespeichert werden.

Die modulare Avionikarchitektur in modernen LFZ wird auch die typische Gerätekonfiguration von Rekordersystemen, d.h. eine Datenakquisitionseinheit und eine und mehrere Speichereinheiten, beeinflussen. Die Datenakquisition, -konvertierung und -komprimierung würde direkt von verteilten modularen Avionikrechnereinheiten ausgeführt und der so entstandene Datenstrom würde in einem Standardformat über definierten Datenbussysteme direkt in die Speichereinheiten geschrieben. Durch den Wegfall eines Gerätes könnte Gewicht eingespart werden, gleichzeitig würde aber vorausgesetzt, dass alle Daten, auch Audio, digital vorhanden sind.

6. AKRONYME UND ABKÜRZUNGEN

ARU	Airfoil Release Unit
ATC	Air Traffic Control
CDC	Crash Detection Circuit
Cospas-Sarsat	Internationales Satellitennetzwerk für SAR-Zwecke
CPDLC	Controller Pilot Data Link Communication
CVR	Cockpit Voice Recorder
CSMU	Crash Survival Memory Unit
DAU	Data Acquisitions Unit

EADS	European Aeronautic Defence and Space Company
HHC	Hand-Held Computer
EUROCAE	European Organisation for Aviation Equipment
FDRS	Flight Data Recorder System
LFZ	Luftfahrzeug
MRCA	Multi Role Combat Aircraft
NH90	NATO Helicopter 90
OLMOS	On-Board Life Monitoring System
RAF	Royal Air Force
RBA	Recorder Beacon Airfoil
SAR	Search and Rescue
UHT	Unterstützungshubschrauber Tiger
VFDRS	Voice and Flight Data Recorder System

7. LITERATUR

- [1] ED-112
'Minimum Operational Performance Specification for Crash Protected Airborne Recorder Systems'. EUROCAE, Paris, 2003
- [2] C/S T.001
'Specification for Cospas-Sarsat 406 MHz Distress Beacons'
Cospas-Sarsat Secretariat, London, 2003
- [3] 21. AIMS Symposium
'A Contribution to Improve Flight Data Recorder Analysis and Ground Replay'
A. Schick, W. Nosse, 2002