



Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg
Hamburg University of Applied Sciences

Diplomarbeit

Fachbereich Fahrzeugtechnik und Flugzeugbau

**Analyse und Einführung der RFID Technologie in der
Luftfahrtindustrie**

Verfasser: Markus Froben

1. Prüfer: Prof. Dr.-Ing. Dieter Scholz, MSME
2. Prüfer: Dipl.-Ing. Jens Heitmann, Airbus Deutschland GmbH

Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg
Fachbereich Fahrzeugtechnik + Flugzeugbau
Berliner Tor 9
20099 Hamburg

in Zusammenarbeit mit:

Airbus Deutschland GmbH
Systems/Equipment Standardization
Kreetslag 10
21111 Hamburg

Verfasser: Markus Froben
Abgabedatum: 01.06.2004

1. Prüfer: Prof. Dr.-Ing. Dieter Scholz, MSME
2. Prüfer: Dipl.-Ing. Jens Heitmann

Industrieller Betreuer: Dipl.-Ing. Jens Heitmann

Geheimhaltungsvereinbarung

Diese Diplomarbeit, die nach der Prüfungs- und Studienordnung der Hochschule für Angewandte Wissenschaften erstellt wurde, ist gemäß den beigefügten Hinweisen zur Geheimhaltung für einen Zeitraum von einem Jahr ab dem Datum der Abgabe der Diplomarbeit vertraulich zu behandeln.

Während dieses Zeitraums werden der Bericht und alle anderen Arbeitsergebnisse der Diplomarbeit nur den Prüfern zugänglich gemacht.

Student

Datum

Unterschrift 1. und 2. Prüfer

Datum

Unterschrift Firmenbetreuer

Datum

Korrespondenzadresse des Firmenbetreuers:

Herr

Dipl.-Ing. Jens Heitmann

Airbus Deutschland GmbH

Kreetslag 10

21111 Hamburg

Tel: 040 / 743-75991

E-Mail: Jens.Heitmann@airbus.com

Kurzreferat

Diese Arbeit beinhaltet die Einführung von Komponenten zur kontaktlosen Identifikation in Luftfahrzeugen. Die Identifikation von Geräten und Bauteilen hat in der Luftfahrtindustrie einen besonderen Stellenwert, da es gilt, die höchsten Anforderungen bezüglich der Nachweissführung und Datenqualität zu erfüllen. Diese Forderungen können nur mit neuen innovativen Prozessen erfüllt und durch den Einsatz neuer Technologien umgesetzt werden. Eine kommende Technologie ist Radio Frequency Identification (RFID), bei der die Daten per Funk erfasst werden.

Den Grundlagen der kontaktlosen Identifikation widmet sich ein Teil der Arbeit und hebt die Vorteile der maschinen-lesbaren Identifikation heraus. Diese werden an aktuellen Projekten bei Airbus Deutschland gezeigt. Für eine harmonisierte Einführung in die Luftfahrtindustrie und für den späteren Betrieb ist eine Standardisierung notwendig. Die Aktivitäten zur Schaffung eines globalen Standards für diese Technologie werden gezeigt. Da die RFID-Technologie neu in die Luftfahrt eingeführt werden soll, müssen deren Komponenten von den Luftfahrtbehörden zugelassen werden. Der generelle Ablauf einer Zulassung bei Flugzeugsystemen wird dargestellt.

Den Hauptteil der Arbeit stellt die Ausarbeitung von Anforderungen und Spezifikationen für den Einsatz von RFID-Komponenten in Flugzeugen dar. Ein besonderes Augenmerk gehört den Anforderungen zur elektromagnetischen Verträglichkeit, da diese für die Flugsicherheit besonders wichtig sind. Für die generelle Zulassung gilt, dass die Anforderungen durch entsprechende Tests überprüft werden müssen. Das Zulassungsverfahren wird in einem Pilotprojekt am Beispiel des CIDS-Systems beschrieben und soweit möglich durch Nachweise und Tests bewertet. In den Tests konnte gezeigt werden, dass die RFID-Technologie ohne größere Probleme in die Luftfahrtindustrie eingeführt werden kann. Durch die elektromagnetische Verträglichkeit wird nur die Auswahl an Lesegeräten eingeschränkt. Daher wird die generelle Zulassung von RFID-Komponenten in wenigen Monaten vorliegen.

Der letzte Teil dieser Arbeit beinhaltet eine Zusammenfassung des Projektes, einen "Lessons-learned" Bereich sowie eine Empfehlung für die weitere Durchführung der Zulassung und gibt einen Ausblick auf zukünftige Anwendungsgebiete.



FACHBEREICH FAHRZEUGTECHNIK UND FLUGZEUGBAU

Analyse und Einführung der RFID Technologie in der Luftfahrtindustrie

Aufgabenstellung zur *Diplomarbeit* nach Prüfungsordnung

Hintergrund

Bei der Montage und bei der Wartung im Flugzeugbau müssen die beteiligten Komponenten eindeutig identifiziert werden. Bei der Identifikation muss die Teilenummer (part number) der Komponenten gelesen und notiert werden. Es wurde festgestellt, dass bei dieser manuellen Tätigkeit viele Fehler gemacht werden können. Durch den Einsatz neuer Technologien ist es möglich, derartige Fehler zu vermeiden. Die RFID Technologie (Radio-Frequency-Identification) ist eine solche neue Technologie, die zunehmend an Bedeutung gewinnt. Bei dieser Technologie werden die Komponenten mit Transpondern ausgestattet und Daten von den Transpondern per Funk erfasst. Dabei kann nicht nur die Teilenummer einer Komponente gelesen werden, sondern auch weitere interessierende Parameter. Bei der Einführung der RFID Technologie in der Luftfahrtindustrie muss besonders sorgfältig vorgegangen werden, weil die Zulassungsbehörden hohe Anforderungen stellen an die gesamte Nachweisführung und die Datenqualität der RFID Technologie. Für die harmonisierte Einführung dieser neuen Prozesse in der Luftfahrtindustrie ist zudem eine globale Abstimmung erforderlich.

Aufgabe

Im Rahmen der Diplomarbeit sollen die Möglichkeiten der Anwendung der RFID Technologie in der Luftfahrtindustrie untersucht werden. Anhand eines Pilotprojektes sollen die Nachweise für eine Nutzung im Flugzeug erbracht werden. In Zusammenarbeit mit dem Hersteller KID-Systeme soll die Einführung von Transpondern an ausgewählten Komponenten des Cabin Intercommunication Data System (CIDS) gezeigt werden. Der Einführungsprozess der RFID Technologie soll in dieser Diplomarbeit erarbeitet werden.

Im Einzelnen sollen folgende Punkte in der Diplomarbeit bearbeitet werden:

- Darstellung der theoretische Grundlagen der RFID Technologie.
- Darstellung des Zulassungsprozesses für Flugzeugsysteme.
- Recherche der spezielle Anforderungen an die RFID Technologie hinsichtlich Elektromagnetischer Verträglichkeit (EMV).
- Erstellung von Anforderungen und Spezifikationen für Transponder zum Einsatz in Flugzeugen.
- Definition des Einführungsprozesses für Transponder am Beispiel des Cabin Intercommunication Data System (CIDS).
- Beschreibung der generellen Zulassungsverfahren der RFID Technologie für Flugzeuge.
- Festlegung der erforderlichen Zulassungsnachweise und Vorbereitung der Tests.

Die Ergebnisse sollen in einem Bericht dokumentiert werden. Bei der Erstellung des Berichtes sind die entsprechenden DIN-Normen zu beachten.

Die Diplomarbeit wird bei der Airbus Deutschland GmbH durchgeführt. Industrieller Betreuer der Arbeit ist Dipl.-Ing. Jens Heitmann.

Erklärung

Ich versichere, dass ich diese Diplomarbeit ohne fremde Hilfe selbständig verfasst und nur die angegebenen Quellen und Hilfsmittel benutzt habe. Wörtlich oder dem Sinn nach aus anderen Werken entnommene Stellen sind unter Angabe der Quellen kenntlich gemacht.

01.06.2004

.....
Datum

Unterschrift

Inhalt

	Seite
Verzeichnis der Bilder.....	10
Verzeichnis der Tabellen.....	12
Liste der Abkürzungen.....	13
1 Einleitung	14
1.1 Motivation und Vision	14
1.2 Ziele der Arbeit	17
1.3 Aufbau der Arbeit.....	18
2 Grundlagen der RFID-Technologie	20
2.1 Allgemeine Auffassung von RFID.....	20
2.2 Funktionsprinzip.....	20
2.3 Eigenschaften von RFID-Systemen	22
2.4 Generelle Anwendungsgebiete.....	25
3 RFID-Technologie in der Luftfahrtindustrie	28
3.1 Ansatz der RFID- Nutzung in der Luftfahrtindustrie.....	28
3.2 Analyse aktueller RFID Projekte	29
3.2.1 Airbus Spares	29
3.2.2 SAMS	31
3.2.3 Mobile Frachtladehilfe	33
3.2.4 Identifizierung von Geräten (LRU).....	34
3.3 Potentiale beim RFID Einsatz	39
3.3.1 Vorteile bei Handhabung	39
3.3.2 Wirtschaftliche Vorteile	39
3.3.3 Sicherheitsvorteile.....	39
3.3.4 Qualitätsvorteile	39
4 Standardisierung in der Luftfahrtindustrie	40
4.1 Zweck der Standardisierung.....	40
4.2 Problemstellung.....	41
4.3 Aktuelle Aktivitäten in der Standardisierung.....	42
4.3.1 Electronic Product Code (ePC)	42
4.3.2 ATA SPEC 2000 CHAPTER 9	43
4.3.3 Airbus ABD 100.....	44
4.4 RFID Steering Committee.....	46

5	Spezifizierung und Zulassung von RFID-Komponenten	47
5.1	Rahmenbedingungen	49
5.2	Anforderungen und Spezifikation	52
5.2.1	Organisatorische Bedingungen	52
5.2.2	Technische Bedingungen	63
5.3	EMV Anforderungen.....	73
5.4	Generelle Vorgehensweise	76
5.5	Einführung am Beispiel CIDS.....	79
5.5.1	Generelle Ziele	79
5.5.2	Ziel des Praxistests an der A319	79
5.5.3	Hintergrund für dieses Beispiel.....	79
5.5.4	CIDS - kurz vorgestellt	80
5.5.5	Voruntersuchung „Beluga“-Test	81
5.5.6	Übersicht und Projektplanung	82
5.6	Notwendige Nachweise und Tests	84
5.6.1	Qualifizierung der Transponder bei KID-Systems.....	84
5.6.2	Luftfahrtzulassung.....	87
6	Zusammenfassung	89
6.1	Schnittstelle zum Wissensmanagement.....	91
6.2	Lessons learned	93
6.3	Ausblick.....	95
	Literaturverzeichnis	96
	Danksagung	100
	Anhang A Firmeninformationen	102
	Anhang B Kontaktliste	106

Verzeichnis der Bilder

Bild 1.1	Lebenszyklus von Flugzeuggeräten (LRU).....	15
Bild 1.2	Kontrolle der Schwimmwesten	16
Bild 1.3	Anzeige auf Lesegerät	16
Bild 1.4	Ablauf der Diplomarbeit und jeweilige Ziele	19
Bild 2.1	Komponenten und Schnittstellen eines RFID-Systems	20
Bild 2.2	Transponderaufbau und Beispiele für Bauformen	21
Bild 2.3	Logische Speicherzuordnung	21
Bild 3.1	eingesparter Papieraufwand durch Transponder	28
Bild 3.2	Tool-Loan-Process Optimierung.....	29
Bild 3.3	SAMS unterstützter Rundgang.....	31
Bild 3.4	Auswirkung falscher Beladung	33
Bild 3.5	Geräteanhänger CT 176 (Yellow Tag) - Vorderseite.....	34
Bild 3.6	Geräteanhänger CT 176 - Rückseite	34
Bild 3.7	Prozesskette auf Geräteanhänger basierend	35
Bild 3.8	Kommissionswagen.....	37
Bild 3.9	Einbau von LRU's.....	37
Bild 4.1	Beispiel einer ungenügenden Teileidentifikation.....	41
Bild 4.2	Beispiel einer ungenügenden Teileidentifikation.....	41
Bild 4.3	Aufbau und Unterschiede von UPC und ePC	42
Bild 4.4	Integration des Transponders in das Typenschild.....	44
Bild 4.5	Typenschild nach ABD 100 und ATA Spec2000	45
Bild 5.1	Logistiknetzwerk.....	47
Bild 5.2	Frequenzbereiche, die für RFID weltweit eingesetzt werden	49
Bild 5.3	Gliederung und Übersicht der Anforderungen.....	52
Bild 5.4	Grobdatenstruktur und Datentypen	53
Bild 5.5	Geräteanhänger CT 176 - Hinweis.....	54
Bild 5.6	JAA Formular Nr.1.....	54
Bild 5.7	Beispiel – Datenformat nach ATA Spec. 2000	55
Bild 5.8	Flugzeuginspektionsbericht.....	56
Bild 5.9	vorhandener Datenfluss.....	57
Bild 5.10	Ziel des ATA Spec. 2000 Datensystems	57
Bild 5.11	Authentifizierungsverfahren für Transponder.....	59
Bild 5.12	Schnittstellen zur bestehenden IT-Infrastruktur	62
Bild 5.13	Grenzwerte für magn. Feldstärke H gemessen in 10m Abstand	73
Bild 5.14	Prinzipskizze zur Messung des Störstroms	74
Bild 5.15	Ablaufdiagramm Flugzeug Modifikation.....	76
Bild 5.16	Testflugzeug PrivatAir A319	80
Bild 5.17	CIDS Systemaufbau	80

Bild 5.18	Beladevorgang am Beluga.....	81
Bild 5.19	Befestigungsort der Transponder	81
Bild 5.20	Projektplan der RFID Einführung	82
Bild 5.21	Interconnecting Cable Spike Test	84
Bild 5.22	Susceptibility Test (Radiated)	85
Bild 5.23	Susceptibility Test (Conducted).....	85
Bild 5.24	Typical Setup for Conducted RF Interference Test	86
Bild 6.1	Startbild Compliance Monitor.....	91
Bild 6.2	Benachrichtigung und Ergebnisse	91
Bild A.1	Airbus Industrie Produktpalette	100
Bild A.2	Arbeitsanteile	101
Bild A.3	Kompetenzzentren.....	102

Verzeichnis der Tabellen

Tabelle 2.1	Übersicht typischer Einsatzgebiete für RFID-Anwendungen	25
Tabelle 5.1	Beispiel von Typenschildabmessungen	65
Tabelle 5.2	Frequenzbereiche für RFID-Systeme	65
Tabelle 5.3	Umwelteinflüsse	67
Tabelle 5.4	Grundsätzliche Anforderungen an die Resistenz gegen Flüssigkeiten.....	69
Tabelle 6.1	Vergleich DaimlerChrysler mit Microsoft.....	91

-Liste der Abkürzungen

ABD	Airbus Business Directive
AI	Airbus Industrie
AIR	Aircraft Inspection Report
AMC	Airbus Military Company
AMCR	Airbus Configuration Management Rules
AP	Airbus Procedure
ATA	Air Transport Association
Axxx	Airbus Flugzeugtyp
BCTF	Barcode Task Force
BFE	Beyer Furnishing Equipment
BITE	Built In Test Equipment
Bxxx	Boeing Flugzeugtyp
CD-ROM	Compact Disk – Read Only Memory
CIDS	Cabin Intercommunication Data System
DMF	Herstellungsdatum
DVD	Digital Video Disk
EDV	Elektronische Daten Verarbeitung
EMV	Elektromagnetische Verträglichkeit
ePC	Electronic Product Code
FIN	Funktional- Identifikations- Nummer
IFF	Fraunhofer Gesellschaft – Institut Fabrikbetrieb und –automatisierung
JAA	Joint Aviation Authorities
LRU	Line Replaceable Unit
MFR	Herstellercode
MIT	Massachusetts Institute of Technology
MSN	Manufacturer Serial Number
PDA	Personal Digital Assistant
PDF	Portable Document Format
PRT	Teilenummer
RFID	Radio Frequency Identification – Identifikation mittels Funkverbindung
SAMS	Sensorbased Aircraft Maintenance System
SB	Service Bulletin
SER	Serialnummer
Tag	Transponder - Kurzbezeichnung
TEI	Text Element Identifier
UPC	Universal Product Code
WLAN	Wireless Local Area Network
XML	Extensible Markup Language

1 Einleitung

1.1 Motivation und Vision

Warum beschäftigt man sich in der Luftfahrtindustrie so ausführlich mit der Identifikation? Ein Blick in die Zeitung kann da schnell einen Denkanstoß geben. „Herunter kommen Sie immer“ so lautete eine Überschrift in der **Berliner Zeitung** vom 08.07.1995, in der über geheime Risiken des Luftverkehrs berichtet wurde. Als ein wesentliches Sicherheitsrisiko werden „Bogus Parts“ – Falschteile, die häufig gestohlen sind, minderwertige Kopien, Teile ohne Zulassung aus Überproduktion oder Ausschuss – genannt.

Aber diese „falschen“ Teile kann man doch sicher erkennen?

Dem ist jedoch nicht so, da die Teile manchmal sogar auf der gleichen Maschine gefertigt wurden, äußerlich vollkommen identisch sind und nur bei der Qualitätskontrolle ausgesondert wurden. Absichtlich gefälschte Teile bestehen in der Regel aus minderwertigen Materialien oder sind mit einfacheren Herstellungsverfahren gefertigt. Vorgeschriebene Testverfahren wurden auf sie nicht angewandt, notwendige Begleitpapiere einfach gefälscht.

Wie lassen sich aber nun die „richtigen“ von den „falschen“ Teilen unterscheiden?

Da gefälschte Teile, die einmal in einem Flugzeug eingebaut sind, äußerst schwer zu erkennen sind, ist bisher bei Unfalluntersuchungen bei größeren Passagiermaschinen nicht gezielt danach gesucht worden, allerdings wurden bereits über 60 Seiten Unfälle mit Privatflugzeugen aufgelistet, die nachweislich auf die Verwendung von gefälschten Teilen zurückzuführen sind.

Jedes Flugzeugteil hat eine spezifische Bezeichnung und wird durch eine Teilnummer und einen Herstellercode gekennzeichnet. Bei Inspektionen werden regelmäßig alle Teile eines Flugzeugs auf ihre Lebensdauer geprüft und gegebenenfalls ausgetauscht, um die Sicherheit weiter zu gewährleisten.

Über die Bezeichnungen an den Geräten fließen wichtige Daten in die Dokumentation des jeweiligen Flugzeugs ein, so sind z.B. wichtige Angaben über eingebaute Systeme und in die entsprechenden Handbücher und Wartungspläne mit aufgenommen. Passieren also bei der Dokumentation der eingebauten Geräte Fehler, so kann es später dazu führen, dass eine falsche Dokumentation ausgeliefert wird.

Bei Airbus Deutschland werden mittels Geräteanhänger, auch „Yellow Tag“ genannt, die Daten der eingebauten Systeme aufgenommen. Dadurch soll sichergestellt werden, dass Einbauten und Dokumentation immer die gleichen Daten erhalten. Aktuell werden diese Daten noch manuell in die EDV übertragen. Da eine reine menschenlesbare Beschriftung zu fehleranfällig und zu langsam ist, ist eine maschinenlesbare Beschriftung notwendig. Diese kann in Form eines Barcodes, eines 2D-Matrix-Codes oder über einen Transponder erfolgen. Barcode und 2D-Matrix-codes haben den Nachteil, dass sie leicht nachzumachen sind (Problem oben -

„Bogus“-Parts). Da Transponder eine eindeutige Herstellungsnummer besitzen und sich bei dem Versuch des AblöSENS zerstören, bieten sie eine vielfach höhere Sicherheit.

Wie in den vorher aufgezeigten Anwendungen gezeigt, ist die Identifikation von Bauteilen, Produktion, Flugbetrieb und Wartung bis hin zur Verschrottung, ein wichtiges Thema. So bietet der Einsatz von Transponder- Technologie in dem kompletten Flugzeugleben große Potentiale, daran hängende Prozessabläufe (Bild 1.1) straffen und effizienter gestalten zu können.

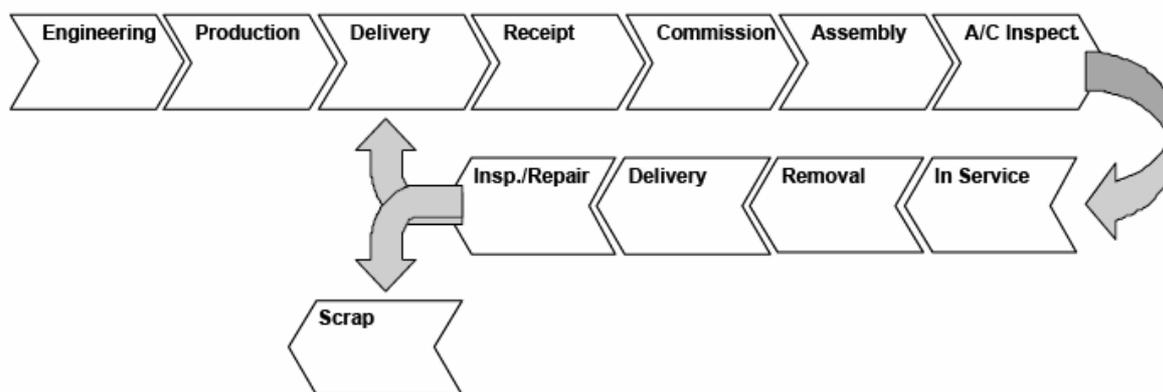


Bild 1.1 Lebenszyklus von Flugzeuggeräten (LRU)

Die Vorteile durch den Einsatz von Transpondern an Bauteilen sind verschiedenartig, z.B. müsste beim Wareneingang nicht mehr jeder Karton geöffnet werden, da die Daten des Transponders durch die Verpackung gelesen und mit der Bestellung verglichen werden können. Beim späteren Betrieb des Flugzeuges bei einer Airline könnte der Transponder genutzt werden, um wichtige Daten, wie z.B. Datum der letzten Wartung, Bestimmungsort bei Versendung, Angaben des „Form One“, etc. aufzunehmen und jederzeit am Bauteil abrufbar zu haben. Bei Modifikationen und Wartungen könnten die Bauteile sehr präzise geortet werden, wodurch größere Demontearbeiten entfallen würden. Als eine wesentliche Verbesserung kann RFID bei A-Checks angesehen werden, bei denen mühsame Arbeiten (Kontrolle der Schwimmwesten) entfallen und die Zeiten für einen solchen Check drastisch gesenkt werden könnten.

Genau dies ist auch der Ansatzpunkt für das Projekt SAMS (Sensorbased Aircraft Maintenance System) von Airbus Bremen, in welchem die Verwendung von elektronischen Hilfen untersucht wird, um die Wartung zu beschleunigen, präzisere Daten zu erhalten und die Ergonomie für den Bediener komfortabler zu gestalten. In dem Projekt werden verschiedene Situationen analysiert, dabei wird jeweils eine Wirtschaftlichkeitsberechnung angestellt. Um die Potentiale richtig aufzuzeigen und ein Gefühl dafür zu bekommen, kann für eine Wartungsstunde ein Betrag zwischen zehn- und fünfzehntausend Dollar angesetzt werden.

Als mögliche Situationen für den Einsatz von RFID sind u.a. die Überprüfung von sicherheitsrelevanten Geräten sowie die Kontrolle der Hydraulikausgleichsbehälter identifiziert worden. Betrachtet werden soll hier jedoch nur die Kontrolle der Schwimmwesten.

Bei jedem A-Check muss das Datum der Sicherheitsausrüstung überprüft werden. Ein A-Check wird normalerweise einmal monatlich durchgeführt. Um nun die Durchführung zu unterstützen und zu beschleunigen, kann die RFID-Technologie eingesetzt werden. Die Sicherheitsausrüstung beinhaltet 12 Komponenten, die unterstützt überprüft werden können. In dieser Situation soll nun auf die Schwimmwesten eingegangen werden, da sie recht zahlreich vorhanden sind und einen Hauptteil der Ausrüstung darstellen.

Damit SAMS genutzt werden kann, muss in jede Schwimmweste ein Transponder eingenäht werden. Dieser beinhaltet neben den üblichen Identifikationsdaten (SER, PRT, DMF) auch Angaben über das Ablaufdatum. Nun kann mit Hilfe eines Lesegerätes das Datum aus den Transpondern gelesen und ausgewertet werden. Ein mögliches Funktionsprinzip und die Anzeige auf dem Lesegerät sind in den Bildern 1.2 und 1.3 dargestellt

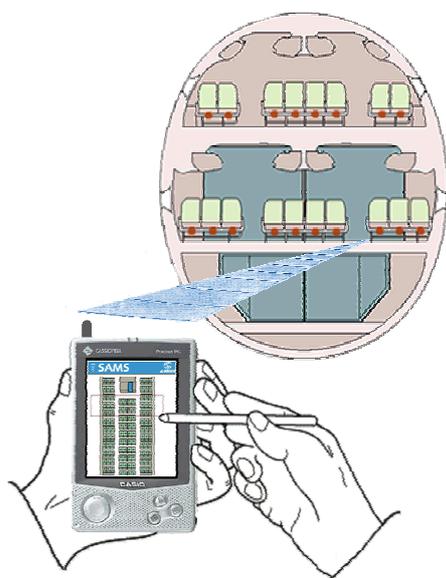


Bild 1.2 Kontrolle der Schwimmwesten (SAMS2003)

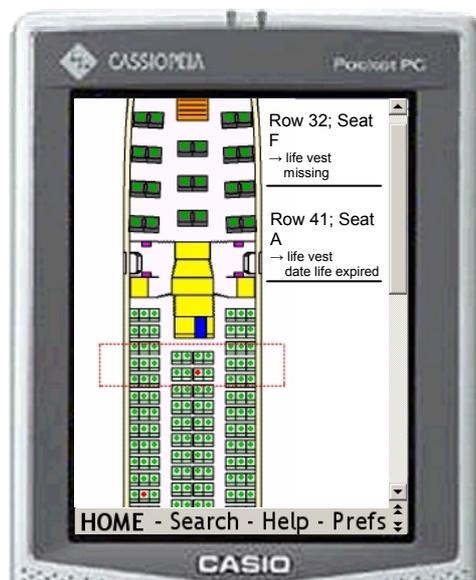


Bild 1.3 Anzeige auf Lesegerät (SAMS2003)

Zur Wirtschaftlichkeit ist zu sagen, dass eine Überprüfung in einem A380 an 550 Schwimmwesten ohne Unterstützung circa 5 Stunden dauert, jedoch mit SAMS die Zeit auf eine halbe Stunde gesenkt werden kann. Bei einem Check können also 4,5 Stunden eingespart werden. Da dieser Check mindestens einmal im Monat absolviert werden muss, summiert sich die Ersparnis im Laufe eines Jahres auf über 50 Stunden allein für die Überprüfung der Schwimmwesten.

Die zwei beschriebenen Situationen sind momentan noch Visionen, da die Transponder weder die Reichweiten bringen, noch für den Einsatz im Flugzeug zugelassen sind. Diese Diplomarbeit stellt somit einen ersten Schritt zur Verwirklichung dieser Vision dar.

1.2 Ziele der Arbeit

Das Ziel dieser Arbeit soll sein, für die generelle Zulassung von RFID- Komponenten in Luftfahrzeugen einen Lösungsweg zu erarbeiten. Das heißt, dass sich die Diplomarbeit mit der Einführung einer neuen Art der Identifizierung von Bauteilen auseinandersetzt und diese bis zur Zulassung begleitet bzw. entsprechende Schritte vorbereitet.

In der Arbeit sollen zuerst die theoretischen Grundlagen der Radio-Frequenz-Identifikation für die spätere Nutzung geschaffen werden. Da diese Technologie noch keine breite Anwendung gefunden hat und es eine Fülle von unterschiedlichen Systemen am Markt gibt, ist der Standardisierung eine besondere Beachtung zu schenken. Die Aktivitäten für die Einführung eines solchen Standards sollen aufgezeigt werden.

An aktuellen Projekten bei Airbus Deutschland soll die Anwendung dieser Identifikationstechnik auf ihre Vorteile hin untersucht werden. Die nötigen Anforderungen an Transponder für den Einsatz im Flugzeug sollen erarbeitet und in einer Spezifikation dokumentiert werden. Die Anforderungen bezüglich der elektromagnetischen Verträglichkeit zu anderen Flugzeugsystemen sollen gesondert behandelt werden.

Für die Zulassung und die weitere Einführung von RFID-Technologie in Luftfahrzeugen soll im Rahmen eines Pilotprojektes am Beispiel des Cabin- Intercommunication-Data-System (kurz CIDS) eine Planung des Zulassungsablaufes einschließlich der Nachweise und Tests erstellt werden. Falls das Ende der Diplomarbeit vor den praktischen Test liegt, sollen die Tests entsprechend vorbereitet werden.

Die Erfahrungen, die bei der Einführung von RFID gemacht werden, sollen einem weiteren Pilotprojekt zur Einführung einer neuen Software zum Thema Wissensmanagement als Beispieldaten dienen.

1.3 Aufbau der Arbeit

Abschnitt 1 gibt einen Überblick über die Problemstellung der Identifizierung von Bauteilen in der Luftfahrtindustrie und erläutert, warum man sich mit diesem Thema beschäftigt. Das Thema “Bogus-Parts” sowie alltägliche Probleme wie automatische Inventarisierung und eindeutige Identifizierung werden als Treiber dieser neuen Art der Identifizierung behandelt. Als Vision für den späteren Einsatz der RFID- Komponenten im Flugzeug wird ein Projekt der Airbus Deutschland GmbH in Bremen verwendet, was die Potentiale der Technologie sehr gut aufzeigt.

Im Abschnitt 2 werden die technischen Grundlagen der Identifikation mittels Radiofrequenztechnik (RFID) gelegt. Ein Funktionsprinzip in Abschnitt 2.2 zeigt die Arbeitsweise der Technik, nennt deren Komponenten und geht besonders auf den Transponder ein, da er das zentrale Element der Technik darstellt. Die Eigenschaften der Technik werden im Abschnitt 2.3 genannt und detailliert erklärt. Eine Übersicht typischer Einsatzgebiete sowie die Beschreibung dieser Bereiche schließen diesen Abschnitt ab.

Der Abschnitt 3 “RFID in der Luftfahrtindustrie” behandelt den generellen Ansatz für den Einsatz von Radiofrequenztechnik, nennt Vorteile und zeigt anhand einer Analyse, wie die Vorteile effektiv genutzt werden können. Der generelle Ansatz (Abschnitt 3.1) zeigt auf, wie die Luftfahrtindustrie das Thema aufgenommen und ihren Bedürfnissen angepasst hat. Aktuelle Anwendungen werden in Abschnitt 3.2 bezüglich Vorteile bei Handhabung, Qualität, Sicherheit und Kosten analysiert. In Abschnitt 3.3 wird nun gezeigt, welche Potentiale sich bei dem Einsatz von Radiofrequenztechnik ergeben, Fehlerquellen und lange Wartezeiten eliminiert und weitere Vorteile effizient umgesetzt werden können.

Als ein wesentlicher Punkt dieser Arbeit ist die Standardisierung in Abschnitt 4 zu nennen, da sie Grundlage und Regelwerk aller weiteren Identifizierung ist. Das Ziel der Standardisierung wird in Abschnitt 4.1 erläutert. Besonders in der Luftfahrtindustrie ist die Standardisierung weit fortgeschritten, damit möglichst global einheitliche, abgestimmte Prozessabläufe bestehen. Die Probleme, die mit einer Neueinführung oder Änderung eines Standards behoben werden sollen, werden zu einer Problemstellung formuliert (siehe Abschnitt 4.2). Die Arbeiten für die Implementierung der Radiofrequenztechnologie in bestehende Regelwerke wird in Abschnitt 4.3 beschrieben. Für die Einführung der Radiofrequenztechnik bei Airbus hat sich eine Arbeitsgruppe gebildet, die abschließend kurz vorgestellt wird.

Den Hauptteil der Arbeit repräsentiert Abschnitt 5. Hier werden im Abschnitt 5.1 als erstes die Rahmenbedingungen für Transponder zum Einsatz in Flugzeugen beschrieben und in Abschnitt 5.2 in Anforderungen und einer Spezifikation umgesetzt. In Abschnitt 5.3 wird genauer auf die elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) von RFID- Komponenten gegenüber anderen Flugzeugkomponenten eingegangen, d.h welche Wechselwirkungen zu anderen Sys-

temen berücksichtigt werden müssen. Entsprechend genau werden hier die Anforderungen aufgenommen. Abschnitt 5.4 erörtert die generelle Vorgehensweise für die Zulassung von Flugzeug-Komponenten. Abschnitt 5.5 zeigt am Beispiel der Komponente CIDS, des Cabin-Intercommunication-and-Data-Systems, wie die Einführung der RFID-Technik erfolgen soll. In den Unterpunkten von Abschnitt 5.6 werden alle für die Qualifikation und Zulassung notwendigen Nachweise (Labortests, EMV-Untersuchungen, etc.) angesprochen.

Zum Schluss fasst Abschnitt 6 noch einmal die wichtigsten Punkte der Arbeit zusammen und zeigt die Schnittstelle zum Wissensmanagement auf. Die bei der Einführung gewonnenen Erfahrungen werden in einem „lesson-learned“ –Bereich aufgeführt. Ein Ausblick auf die zu erwartende zukünftige Entwicklung soll diese Arbeit abschließen.

Der Ablauf folgt den Hauptpunkten dieser Arbeit und wird in Bild 1.4 dargestellt:

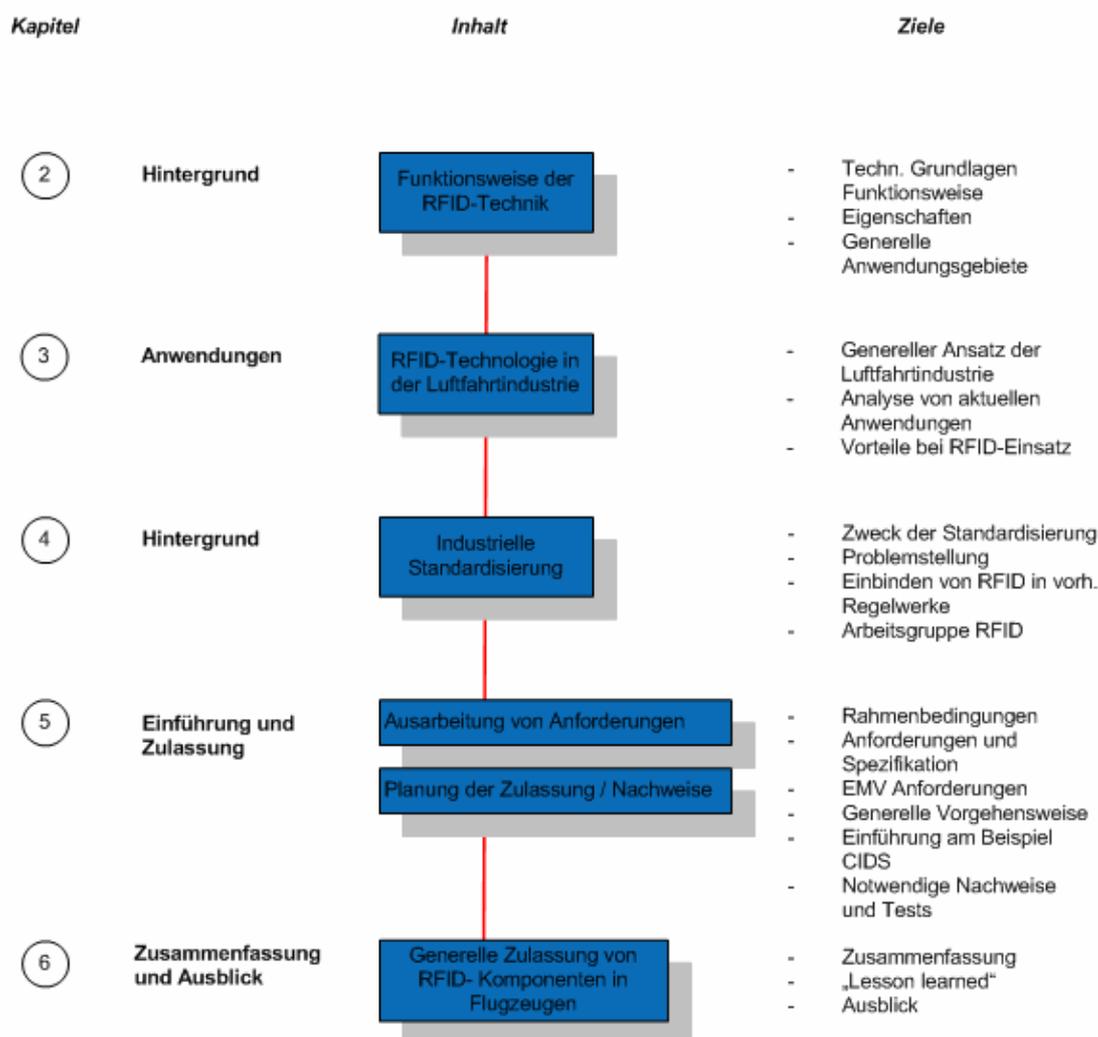


Bild 1.4 Ablauf der Diplomarbeit und jeweilige Ziele

2 Grundlagen der RFID Technologie

2.1 Allgemeine Auffassung von RFID

Was ist RFID? RFID ist ein Kurzname für Radio Frequency IDentification und eine Methode, um kontaktlos Daten lesen und speichern zu können. Das System wurde ursprünglich entwickelt, um die Identifikation von Objekten über maschinenlesbare Barcodes zu ersetzen.

Die Daten werden auf so genannten RFID-"Tags" (engl. für "Etikett") gespeichert, die sich aufgrund ihrer geringen Größe an nahezu jedem Objekt anbringen lassen. Die gespeicherten Daten lassen sich über Funk bei aktiven Transpondern und über Induktion bei passiven Transpondern auslesen. Die Entfernung, über die ein Tag ausgelesen werden kann, schwankt aufgrund der Ausführung (aktiv/passiv), benutztem Frequenzband, Sendestärke und Umwelteinflüssen zwischen wenigen Millimetern bis zu einigen Metern.

2.2 Funktionsprinzip

Die Radiofrequenztechnologie ermöglicht eine berührungslose Datenübertragung. Dadurch können Informationen über eine gewisse Entfernung ausgetauscht werden. Im Unterschied zur Strichkodierung werden allerdings keine Hell-Dunkel-Felder mit Lichtquellen abgetastet, sondern elektromagnetische Wechselfelder als Übertragungsmedium ausgenutzt.

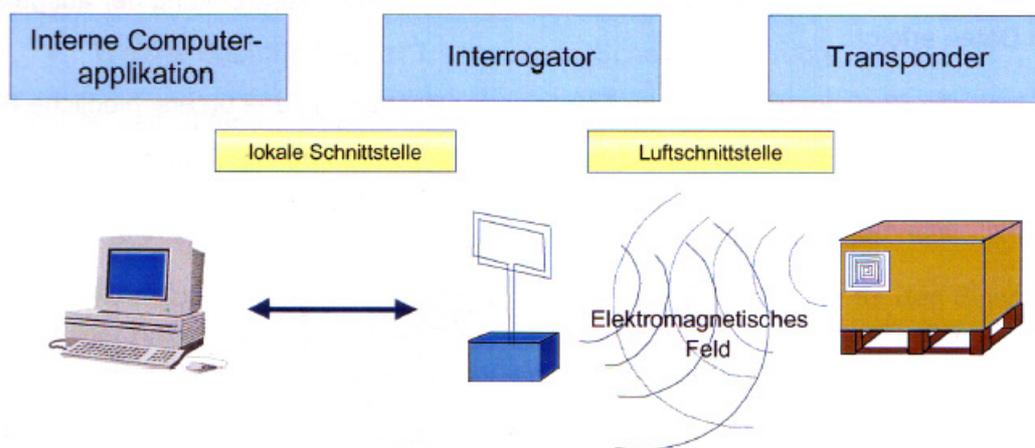


Bild 2.1 Komponenten und Schnittstellen eines RFID-Systems

Jedes automatisierte Identifikationsverfahren basiert auf dem Einsatz eines Codiersystems. Dieses besteht aus einer Schreibstation (Codierer), dem Datenträger sowie einer Lesestation (Decoder). Im Falle eines RFID-Systems erfolgt die Codierung und Decodierung über die

Schreib- und Lesestation (Interrogator), während Transponder als programmierbare Datenträger eingesetzt werden.

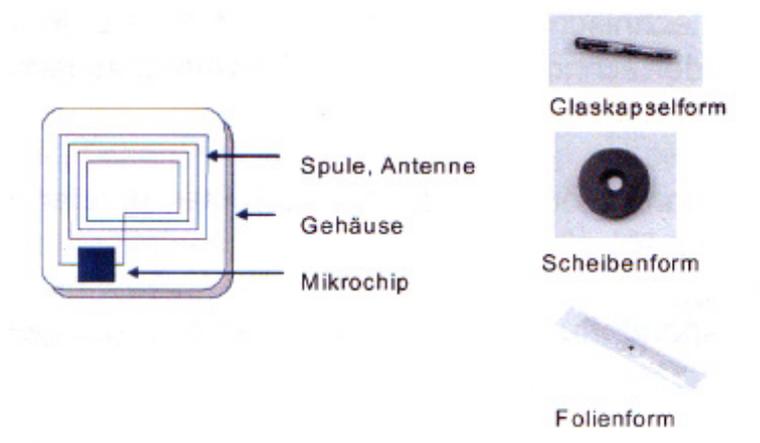
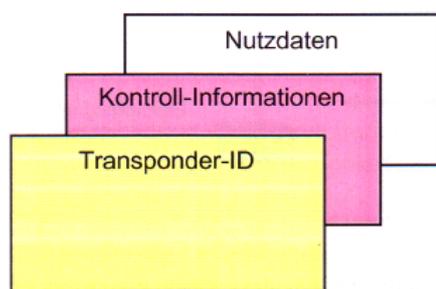


Bild 2.2 Transponderaufbau und Beispiele für Bauformen

Zentrale Komponente dieses häufig auch als "Tags" bezeichneten Datenträgers ist ein Mikrochip, der Informationen speichert und bei Bedarf über ein Koppellement, meist eine Spule, die als Antenne wirkt, an die Umgebung abgibt (Luftschnittstelle). Dieses geschieht, wenn sich der Transponder im Ansprechbereich der Schreib- und Lesestation (Interrogator) befindet, welche über ein elektromagnetisches Feld Radiosignale aussendet. Es wird damit ein Dialog gemäß festgelegtem Kommunikationsprotokoll aufgebaut. Das Wechselspiel aus Übertragung und Ansteuerung erklärt die Wortschöpfung aus "TRANSMitter" und "resPONDER".

Angestoßen wird der Kommunikationsprozess aus einer internen Applikation auf einem Computer an der lokalen Schnittstelle, auf dem auch die weitere Verarbeitung der ausgelesenen Daten erfolgt.



Die logische Speicherzuordnung im Transponder lässt sich in drei unterschiedliche Segmente untergliedern:

- Transponder-ID
- Kontroll-Informationen
- Nutzdaten

Bild 2.3 Logische Speicherzuordnung

Die Transponder- Identifikationsnummer dient rein technischen Zwecken, um bei der Herstellung des integrierten Schaltkreises oder des Chips diesen identifizieren zu können und um mehrere Transponder in einem Umfeld unterscheiden zu können.

2.3 Eigenschaften von RFID-Systemen

Eigenschaften sind abgeleitet von den Handling-Vorteilen, die durch das Funktionsprinzip entstanden sind. Im Folgenden sollen wesentliche Eigenschaften von RFID-Systemen genannt und beschrieben werden. Die nachfolgenden Eigenschaften wurden mit **Finkenzeller 2002** erarbeitet.

Datenänderungsmöglichkeit

Die Möglichkeit, Daten, die im Transponder gespeichert sind, ändern zu können, setzt den Einsatz von so genannten „Read & Write“-Tags voraus. Daten können so überschrieben und damit die Dateninhalte z.B. dem aktuellen Stand angepasst werden. Um gewährleisten zu können, dass die Daten aktuell und richtig sind, werden Absprachen hinsichtlich geeigneter Prüfmechanismen notwendig.

Datenergänzungsmöglichkeit

Diese Möglichkeit setzt wiederum den Einsatz von „Read & Write“-Tags voraus. Mit dieser Art von Transpondern lassen sich je nach Größe des Datenspeichers mehr oder minder umfangreiche Dateninhalte abbilden. Die Möglichkeit der Ergänzung von Daten bedeutet, dass Informationen auch zu späteren Zeitpunkten komplettiert werden können. Damit eröffnet sich die Möglichkeit für alle Beteiligten, Daten zum Tag hinzuzufügen bzw. veraltete Informationen überschreiben zu können. Um sicherzustellen, dass keine Informationen, die zu einem späteren Zeitpunkt benötigt werden, gelöscht werden, sind detaillierte Absprachen beispielsweise hinsichtlich der Ausgestaltung von Software nötig. Damit alle Informationen, die von mehr als einer Benutzergruppe ausgelesen werden müssen, auch verstanden und weiterverarbeitet werden können, sind Absprachen zu deren Interpretation notwendig.

Datenkapazität

Die Transponder-Technologie eröffnet die Möglichkeit, unter Umständen weit größere Datenmengen abbilden zu können, als dies mit der Strichcodetechnologie möglich ist. Zu bedenken bleibt, dass die Auslesezeit der Daten von der Datenmenge abhängt und die Speichergröße – zumindest heute noch – einen nicht zu unterschätzenden Kostenfaktor bei der Auswahl darstellt. Die Möglichkeit, größere Datenmengen im Tag speichern zu können, birgt die Gefahr, nicht benötigte Daten - „Informationsmüll“ - abzubilden, der keinem Beteiligten mehr nutzt.

Pulkerfassung

Die Transponder-Technologie bietet die Möglichkeit, die Informationen aller Tags, die sich in einem Lese-/Schreibfeld befinden, zu erfassen (so genannte Pulkerfassung), vorausgesetzt, es liegen keine zeitlichen Restriktionen vor. Einzelne Tags können dabei gezielt angesteuert werden. Um sicherzustellen zu können, dass auch sämtliche Informationen vollständig erfasst

werden, müssen geeignete konstruktive Maßnahmen und Kontrollmechanismen, basierend auf deterministischen oder stochastischen Verfahrensweisen, installiert werden.

Lesegeschwindigkeit

Die Lesegeschwindigkeit von RFID-Systemen ist vergleichsweise höher als die von Strichcodes. Dies ermöglicht die schnellere Erfassung gleicher Datenmengen, wodurch sich die Möglichkeit eröffnet, logistische Prozesszeiten etwa durch schnellere Transportband-Geschwindigkeiten verkürzen zu können. Daneben bietet die hohe Lesegeschwindigkeit die Option der Erfassung größerer Datenmengen in gleicher Zeit. Einher gehen damit die bereits beschriebene Kostenproblematik und die grundsätzliche Hinterfragung des jeweiligen Nutzens der Zusatzinformation. Die Lesezeit hängt zudem von der Datenübertragungsrate ab. Diese ist wiederum von der Übertragungsfrequenz abhängig. Höhere Frequenzen erlauben höhere Datenübertragungsraten. Da ein Teil der übertragenen Energie in Wärme umgewandelt wird, ist die Wärmeentwicklung bei höheren Frequenzen gleichfalls größer.

Lesedistanzen

Die Radio-Frequenztechnik ermöglicht es, Tags aus Entfernungen von mehreren Metern erfassen zu können. Transponder werden für noch größere Reichweiten aus einer zusätzlichen Energiequelle, einer am Tag angebrachten Batterie, gespeist. Eine weitreichende Lesedistanz kann ein Vorteil wie auch ein Nachteil sein: Zum einen bedarf es keiner derart präzisen Ausrichtung auf die zu erfassenden Bauteile wie bei der Identifizierung über Strichcode, zum anderen erhöht sich mit der Lesedistanz das Risiko, Tags außerhalb des anvisierten Erfassungsfeldes zu identifizieren. Organisatorische Maßnahmen können helfen, das Risiko falscher Erfassung zu minimieren. Je nach verwendeter Technik und den konkreten Umfeldbedingungen fallen die Reichweiten jedoch recht unterschiedlich aus.

Optische Abdeckung der Tags

Für den Einsatz von RFID-Systemen ist prinzipiell kein Sichtkontakt zwischen Schreib- / und Leseinheit und Tag notwendig. Der Tag kann somit auch im Bauteil selbst oder innerhalb der Verpackung angebracht sein. Damit ergibt sich die Schwierigkeit zu erkennen, welche Bauteile mit einem Transponder ausgestattet sind. Während dies bei Einzelerfassung kanalisiert werden kann, ist es bei Pulkerfassung mit einer unbekanntem Anzahl an Tags nicht mehr möglich. Daraus resultieren äußerst hohe Anforderungen an die Lesesicherheit von Tags. Es ist insofern auch über geeignete begleitende Informationen nachzudenken. Optische Hinweise könnten z.B. Aufschluss über die Kennzeichnung per Tag geben. Auch die elektronische Avisierung der zu erwarteten Bauteile ermöglicht einen Abgleich.

Richtung und Lage des Tags

Transponder lassen sich weitgehend richtungs- und lageabhängig einsetzen. Damit eröffnen sich vielseitige Anbringmöglichkeiten des Tags z.B. in der Verpackung, am Transportgestell,

am oder gar im Bauteil selber. Allerdings bleibt zu berücksichtigen, dass sich bestimmte Ausrichtungen auf die maximale Schreib- / Lese-Entfernung auswirken können.

Einfluss von Metall

Elektromagnetische Felder werden durch metallische Gegenstände beeinflusst. Sie lassen Wirbelströme entstehen, die dem magnetischen Fluss entgegenwirken, d.h. diesen dämpfen. Metall kann deshalb die Einsatzfähigkeit der Transponder-Technologie erheblich beeinträchtigen. Die Wirkweise ist abhängig von der Art der RFID-Systeme (induktive, elektromagnetische) und der Frequenz. Der Beeinträchtigung (z.B. Reichweite des Transponders) kann über Ferritabschirmung bzw. Kompensation entgegengewirkt werden. Allerdings kann dies einen Neuausgleich bis hin zur völligen Neudimension des Lesegerätes erforderlich machen. Neben diesen negativen Einwirkungen von Metall, die in der Regel bei chaotisch angeordneten Identifikationsobjekten mit Metallanteilen Probleme bereiten können, lassen sich metallische Eigenschaften auch positiv nutzen. Metall kann gezielt als Reflektor und damit als Verstärker von Signalen dienen.

Einfluss von Umweltbedingungen (Schmutz, Feuchtigkeit, Temperatur, etc.)

Die Transponder-Technologie hat aufgrund ihrer spezifischen Eigenschaften den Vorteil, in vielen Anwendungsumgebungen eingesetzt werden zu können, in denen der Strichcode an seine Grenzen stößt. Zu nennen sind z.B. die weitestgehende Unempfindlichkeit des Tags gegenüber Schmutz, extremen Temperaturen und Temperaturschwankungen, Kratzern und Stößen. Die Eignung in diesen rauen Umweltumgebungen trifft aber nicht uneingeschränkt auf alle Transponder zu. So können z.B. in Glasröhren eingeschweißte Tags sehr wohl auch stoßempfindlich sein. Leitende Materialien wie Wasser oder Metall haben eine absorbierende Wirkung. Hier ist zu prüfen, in wieweit Interferenzen bestehen und diese durch entsprechende Anpassungen ausgeräumt werden können. In dem Zusammenhang kommt der Verpackung von Transpondern besondere Bedeutung zu.

Langlebigkeit der Tags

Transponder sind aufgrund ihrer Langlebigkeit auch für den Einsatz in Mehrweganwendungen geeignet. Der Mikrochip als solcher hat quasi eine unbegrenzte Lebensdauer. Selbst bei aktiven Transpondern ist es keine Seltenheit, dass durch die mittlerweile hohe Haltbarkeit von Batterien eine Lebensdauer von mehreren Jahren erzielt werden kann.

Kostenfaktor Tag

Der Transponder ist im Vergleich zum Strichcode-Etikett um ein Vielfaches teurer. Sollte die Technologie zukünftig verstärkt eingesetzt werden, dürften hohe Stückzahlen die Preise erheblich senken. Der effektive Einsatz der Tags ergibt sich somit durch die Nutzung der zusätzlichen Eigenschaften der Tags oder durch ihren Mehrfachgebrauch. Tendenziell ist zu beobachten, dass die Preise derzeit rückläufig sind bzw. höherwertige Tags zu gleich bleibenden Preisen angeboten werden.

2.4 Generelle Anwendungsgebiete

Bereits heute ist die Radiofrequenztechnik in geschlossenen Anwendungen weit verbreitet. Ein Beispiel ist die Wegfahrsperrung im Autoschlüssel, bei der vor Zündung des Motors ein Identifikationscode überprüft wird. Um einmal das Einsatzspektrum für RFID-Anwendungen aufzuzeigen, soll im Folgenden eine Übersicht über aktuelle Anwendungsgebiete gegeben werden:

Tabelle 2.1 Übersicht typischer Einsatzgebiete für RFID-Anwendungen (Airbus ECY)

Application	Technological Requirements						Encapsulation Requirements				Other Factors		
	Frequency	Reading Range	Reading speed	Data-capacity	R/O R/W	Anti-collision	Temperature	H ₂ O	Chem. Res.	Mech. Res.	Reuse	Standard ISO	Cost
Animal ID	kHZ	1m	3 m/s	64 bit	R/O			X				X	X
Vehicle enabling	kHZ	< 0,1m	-	64 bit	**		X	X		X	X		X
Vehicle ID	GHz	1-5m	20 m/s	?	R/W		X	X	X	X			X
Material flow	kHZ	0,1-1m	< 3m/s	64 bit	R/O	(X)		(X)			X		
Personal ID	kHZ	1m	< 3m/s	64 bit	R/O	(X)					(X)		
Airline luggage	MHz	1m	3m/s	* > 512 bit	R/W	X		X		X		X	X
Parcel Service	MHz	1m	3m/s	* > 512 bit	R/W	X						X	X
Ticketing	MHz	1m	3m/s	* > 512 bit	R/W	X						(X)	X
Textile tracking	MHz	1m	3m/s	* > 512 bit	R/W	X	X	X	X	X			X

* = Data capacity requirements not clearly defined in smart label applications

** = Read-Only or Read-Write with encryption for authentication

Die genannten Anwendungsgebiete sollen nachfolgend genauer beschrieben werden:

Tierzucht / Haustier – Identifikation (ID-Biz 2003)

In der Tierzucht werden Themen wie Qualität und Produktivität immer wichtigere Schlagwörter. Die artgerechte Haltung der Tiere sollte dennoch immer im Vordergrund stehen. Durch Installation von automatischen RFID Fütterungsanlagen ist es den Tieren möglich, sich frei zu bewegen. Die Tiere gehen selbständig zu Fütterungsnischen, werden dabei vom System an Hand der RFID Ohrmarke erkannt und bekommen genau die Futtermenge und -mischung, die im System für dieses Tier vorgesehen ist. Das Futter wird je nach Alter, Gewicht oder anderen Kriterien wie etwa Milchleistung des Tieres vom System berechnet. Ein weiteres Anwendungsgebiet ist die Haustieridentifikation, bei der sämtliche Daten des Tieres in einem Transponder gespeichert werden. Tierärzte können mit Hilfe eines Lesegerätes die gesamte Krankengeschichte des Haustieres oder die Adresse des Besitzers sofort abrufen.

Verleih- und Mietservice (ID-Biz 2003)

Transponder auf Mietgeräten können helfen, einen ständigen Überblick über den aktuellen Lagerbestand zu bewahren. Einfachere und schnellere Abwicklung von Verleih und Rückgabe entlastet nicht nur Personal, sondern kommt auch den Kunden zugute. Kürzere Wartezeiten und automatisierte Ausgabe- und Rückgabeautomaten machen Serviceleistungen noch effizienter. Der Versuch, Geräte unerlaubt zu entwenden, löst sofort Alarm aus. Diebe haben keine Chance.

Produktionüberwachung (COSYS 03/2003)

In Produktionsbetrieben stehen Effizienz und Übersicht im Vordergrund, um konkurrenzfähig zu bleiben. RFID Technik hilft, ohne großen Aufwand Produktionsprozesse zu optimieren. Ein detaillierter Gesamtüberblick über alle Fertigungsschritte wird erstellt und so kann jedes Produkt im System rückverfolgt werden. So lassen sich Qualitätsmängel leichter ausfindig machen und Produktionszeiten verkürzen. Prozessoptimierung durch Transpondertechnik.

Zutritt-System (Lufthansa Systems 2003)

Das Problem ist bekannt: Geht ein Schlüssel verloren, müssen aus Sicherheitsgründen meist viele Schlösser ausgetauscht werden. Das ist nicht nur ärgerlich, sondern auch sehr teuer. Die Lösung ist ein RFID Zutrittssystem! An den Türen werden RFID Lesegeräte montiert. Hält man einen Transponder vor das Gerät, wird die einzigartige fälschungssichere Seriennummer des Chips ausgelesen und überprüft. Ist die Nummer nicht berechtigt, bleibt die Tür verschlossen. Geht ein Chip verloren, wird einfach die Chipnummer aus dem System gelöscht und sofort ist der Transponder gesperrt! Es kann beliebig festgelegt werden, zu welchen Zeiten die Chips zutrittsberechtigt sind und welche Türen mit dieser TAG Seriennummer geöffnet werden dürfen. Es entsteht ein sehr flexibles Zutrittssystem, mit dem einfach und schnell Berechtigungen verwaltet werden können. Auf diese Weise lässt sich auch eine zuverlässige Arbeitszeiterfassung realisieren.

Bibliothek (ID-Biz 2003)

Durch das Aufbringen von RFID Transponder in Etikettenform (Smart Labels) auf Büchern, Zeitschriften und sonstigen Medien (CD, DVD,...) eröffnen sich neue ungeahnte Möglichkeiten für Bibliotheken. Eine zuverlässige Diebstahlssicherung sowie eine sehr komfortable Inventarisierung sind nur einige Vorteile der Transpondertechnik in Verwendung mit großen Buchbeständen. Als besondere Serviceleistung kann den Bibliotheksbenutzern ermöglicht werden, Werke rund um die Uhr eigenständig an Selbstverbuchungsterminals zu entleihen bzw. zurückzugeben. Bestehende Systeme mit Barcode und Inventarnummern können natürlich auch weiterhin verwendet werden und dienen als doppelte Sicherheit.

Sport Events (Finkenzeller 2002)

Immer mehr Sportveranstalter erkennen die Vorteile von RFID im Vergleich zu herkömmlichen Zeitmessungssystemen. Einfache Anmeldung für Teilnehmer übers Internet, vollautomatische Zeitnehmung auch mit Zwischenzeiten sowie detaillierte Auswertungen und Statistiken für jeden einzelnen Teilnehmer sind nur einige Punkte, die für Transpondertechnik sprechen. Egal ob Motorsport, Rad, Schwimmen, Wintersport oder Laufveranstaltungen: RFID vereinfacht die gesamte Abwicklung vieler Sport Events.

Logistik (Lufthansa Systems 2003)

Anspruchsvolle Logistikanwendungen setzen immer mehr auf RFID, um Abläufe zu automatisieren und Sicherheitsstandards zu erhöhen. Barcodesysteme bringen einige Nachteile mit sich, so müssen Pakete oder Transportbehälter exakt positioniert werden, um sie automatisch lesen zu können. Wenn RFID verwendet wird, können die Informationen mehrerer Transponder in jeder beliebigen Position gleichzeitig gelesen oder bearbeitet werden. Es müssen keine Transportbehälter geöffnet werden, um den Inhalt zu prüfen, da die magnetischen Wellen auch Verpackungen durchdringen. Die Systeme können so selbständig Auslieferungen auf Vollständigkeit überprüfen und geben Alarm, wenn der Inhalt einer Sendung nicht mit der Datenbank übereinstimmt. Besonders interessant für Lagersysteme ist die integrierte Diebstahlssicherung, die auf jedem Transponder inkludiert ist und einen Alarm auslöst, sobald eine Ware ohne Berechtigung den Lagerraum verlässt.

Ticketing (Lufthansa Systems 2003)

Massenveranstaltungen fordern einen gewaltigen organisatorischen Aufwand, um Eintrittskarten zu prüfen, Platzzuweisungen zu koordinieren oder VIP Bereiche sicher zu halten. RFID Tickets bieten viele neue Features, die mit gewöhnlichen Eintrittskarten nicht möglich waren. Automatische Zutrittskontrolle zu unterschiedlichen Bereichen, fälschungssichere Tickets, bargeldloser Zahlungsverkehr mit Ticket und Code sind nur einige Vorteile einer RFID Lösung.

Produktsicherung (orell füssli 2003)

Immer wieder tauchen am Markt professionelle Fälschungen von Markenprodukten auf. RFID Transponder bieten einen zuverlässigen Schutz, da jeder Chip eine weltweit einzigartige und unveränderbare Seriennummer besitzt. Informationen können direkt am Produkt gespeichert werden, dadurch lassen sich Garantie- und Serviceleistungen sowie Händlerdaten einfach überprüfen.

3 RFID-Technologie in der Luftfahrtindustrie

3.1 Ansatz der RFID- Nutzung in der Luftfahrtindustrie

In der Ausgangssituation erfordert die stetig steigende Anzahl an Flugzeugen eine steigende Anzahl an Teilen, Komponenten, Werkzeugen und Geräten unterschiedlichster Modifikation. Deren weltweite und bedarfsgerechte Verfügbarkeit, unter Erfüllung der hohen Qualitäts- und Sicherheitsanforderungen der Luftfahrtindustrie, führt zu einem immer größer werdenden Nachweis- und Dokumentationsaufwand. Weitere Anforderungen von Seiten der Kunden nach Automatisierung von Abläufen und nach detaillierteren Informationen über den Verbleib ihrer Waren innerhalb der Bezugskette (Das Flugzeug bildete ein "schwarzes Loch" in der Warenverfolgung bei Logistikunternehmen.) führen zu einem ansteigenden Aufwand, die weltweiten Materialflüsse zu lenken, zu steuern und zu kontrollieren.



Bild 3.1 eingesparter Papieraufwand durch Transponder

Um das Problem anzugehen und den Anforderungen der Kunden gerecht zu werden, sollen weltweit einheitliche Methoden zur Teile-Identifikation und entsprechende Datenstrukturen durch einen weltweiten Standard zur automatischen Datenerfassung (ATA Spec2000) für die Luftfahrtindustrie geschaffen werden. Einige der Anforderungen können mit zurzeit üblicher Bar-Code-Identifikation nur bedingt erfüllt werden. Das Problem der zusätzlichen Speicherung von Daten - ohne auf Datenbanken zurückgreifen zu müssen - , deren Modifikation sowie das Problem der Reduzierung des Papier-Handlings sind mit den zurzeit verwendeten Identifizierungsmedien nicht zu bewältigen. Es müssen daher Wege gefunden werden, größere Datenmengen auf oder an das Gut anbringen zu können.

Die Radio-Frequenztechnik mit ihren immer größer werdenden Speicherchips stellt da ein geeignetes Medium dar. Die Möglichkeit, elektronisch lesbare Daten direkt auf dem Bauteil speichern zu können und per Funk auf sie zugreifen zu können, bietet der Automatisierung ausgezeichnete Schnittstellen.

3.2 Analyse aktueller RFID Projekte

Folgend sollen exemplarisch vier aktuelle Projekte der Airbus Deutschland GmbH, welche RFID-Technologie einsetzen, jeweils kurz skizziert werden. Deren Ergebnisse und Zielsetzungen sollen auf Vorteile bei Handhabung, Kosten, Qualität und Sicherheit hin analysiert werden.

3.2.1 Airbus Spares

Airbus Spare Support and Services ist für die Geschäftsbereiche Ersatzteillieferung und Wartung sowie operationelle logistische Beratung bei allen Airbus Kunden verantwortlich. Das Spare Support and Services Center ist organisatorisch Airbus Central Entity untergeordnet und unterhält am Hamburger Flughafen den Hauptsitz mit angeschlossenen Hallen für Ersatzteile und Werkzeuge. Die Werkzeuge kommen bei Reparaturereignissen, geplanten und ungeplanten Wartungen zum Einsatz. Sie sind ferner für die korrekte Montage der Ersatzteile notwendig. Der Werkzeugpool umfasst 11500 Teile mit 6500 unterschiedlichen Kommissionsnummern. Mehr als 30% dieser Kommissionsnummern müssen nach jedem Einsatz durch Fremdfirmen neu geeicht werden. Um dieses sicherzustellen, ist eine Menge an Informationen notwendig, damit erstens das Bauteil richtig identifiziert werden kann und zweitens, damit die richtigen Entscheidungen getroffen werden können. Dieser Verwaltungsaufwand verlangsamt die Umlaufzeit des Teiles erheblich. Um den Ablauf nach dem Kundeneinsatz zu beschleunigen, sollte ein Weg entwickelt werden, auch genauere statistische Daten über das Werkzeug zu erhalten.

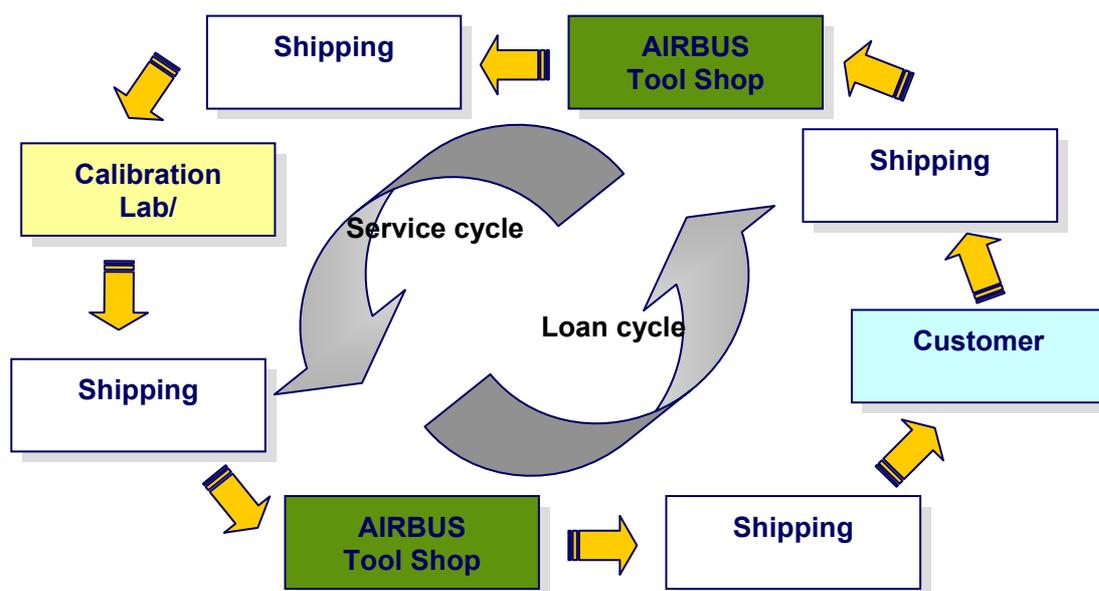


Bild 3.2 Tool-Loan-Process Optimierung

Folgende Geschäftsvorteile sind für Airbus durch die Verwendung von RFID-Technologie an den Werkzeugen erreicht worden:

- Reduzierung der Umlaufzeiten für Werkzeuge um 25%
- Kosteneinsparungen bei Transportwegen durch die Versendung direkt zum Kalibrier-service (Wegfall doppelter Wege)
- Reduzierung des Lagerbestandes bei gleichem Verfügbarkeitsniveau durch bessere Auslastung der Werkzeuge
- Steigendes Niveau an Daten für Sicherheit und Qualität der Werkzeuge sowie Erstellung einer Historie für jedes einzelne Werkzeug individuell (wichtig für Rückschlüsse beim Einkauf neuer Werkzeuge)
- Reduzierung von Verwaltungskosten
- Schlankerer Ablauf der Verleih- und Reparaturaktivitäten

3.2.2 SAMS

SAMS ist eine Abkürzung und dient als Projektbezeichnung für „sensorbased Aircraft Maintenance Support“. SAMS hat die Optimierung von Wartungsarbeiten an Luftfahrzeugen als Ziel. Das System besteht lediglich aus einem mobilen Handheld Computer (PDA) und vielen verschiedenen autarken Sensoren, die im ganzen Flugzeug platziert werden können. Jeder Sensor ist nach einem Baukastenprinzip aufgebaut. Er besteht aus einem kleinen Mikrocontroller mit Datenspeicher, einer Sende- und Empfangseinheit, einem Flugsensor, einer Stromversorgung sowie einem Messwertempfänger. Dieser Aufbau wird als Standard-Kommunikationsteil mit Messwertempfänger bezeichnet.

Mit jedem Sensor können so spezifische Daten, welche vom BITE (built-in test equipment) nicht erfasst werden, aufgenommen werden. Die Kommunikation zwischen Handheld und Sensoren erfolgt per Funk, dafür stehen unterschiedliche Übertragungstechniken (WLAN, RFID) zur Verfügung. Am Boden können so die Sensoren leicht vom Piloten oder Mechaniker bei einem Rundgang um die Maschine kontrolliert werden.

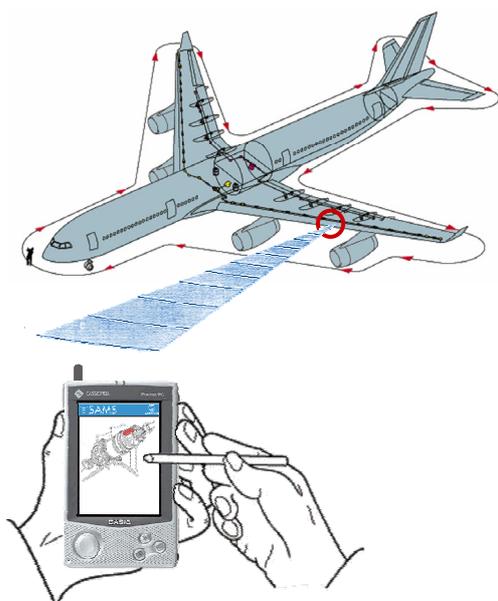


Bild 3.3 SAMS unterstützter Rundgang (**SAMS**)

Die so aufgenommenen Daten werden automatisch in die Datenbank des Luftfahrzeug-Wartungs-Systems übertragen. Dafür stehen weitere Kommunikations-Schnittstellen wie Wireless LAN (WLAN), Bluetooth oder Seriell (Dockingstation) zur Verfügung. Die Daten können danach für Auswertungen, wie Fehleranalysen und für das Aufspüren und Verfolgen von Trendverläufen genutzt werden.

Bei einem Fehler an einem Bauteil/System können mit Hilfe des Handhelds die relevanten Checklisten und Manuals aufgerufen werden, die für die rasche Beseitigung des Fehlers notwendig sind. Die benötigten Bauelemente können mit dem Handheld identifiziert und online

in der Datenbank des Material Support Centers auf Verfügbarkeit überprüft und geordnet werden.

Da das Projekt noch nicht in der Anwendung am Flugzeug ist, sollen hier die Ergebnisse einer Analyse von definierten Anwendungsfällen (Use-Cases) zur Analyse herangezogen werden. Folgende Use-Cases wurden identifiziert:

- Hydraulik Flüssigkeitskontrolle
- Slat/Flap Jam Erkennung
- Datumskontrolle an Schwimmwesten
- Treibstoffkontrolle auf Wasser

Dabei ergab sich, dass durch die Verwendung von SAMS in allen Fällen

- die Wartungszeiten sich wesentlich verkürzen lassen; als Beispiel die Treibstoffkontrolle von 165 h Wartung auf 17 h pro Jahr bei 50 Drainagen. Berücksichtigt man, wieviel ein Flugzeug kostet, wenn es sich in der Wartung befindet (ca. 15000€/h), wird sehr deutlich, dass hier enorme Kosten eingespart werden können.
- die Sicherheit für das Personal erhöht werden kann als Beispiel die Hydraulik Flüssigkeitskontrolle, bei der das Personal nicht mehr mit der Flüssigkeit Skydrol in Berührung kommt, da ein Öffnen des Behälters nicht mehr notwendig ist.
- die Handhabung (Ergonomie am Arbeitsplatz) verbessert werden kann. Als Beispiel die Kontrolle der Schwimmwesten, bei der die Schwimmwesten in gebückter Haltung aus den Behältern herausgenommen werden mussten und nach Überprüfung wieder zurück. Diese Haltung ist nicht mehr notwendig, da das Verfallsdatum jeder Schwimmweste durch einen Transponder per Funk an das Lesegerät gesendet wird.
- die Qualität angehoben werden kann, da z.B. bei der Slat/Flap Jam Detection weitere Informationen zur Verfügung stehen oder bei der Überprüfung der Schwimmwesten menschliche Fehler weitestgehend auszuschließen sind.

3.2.3 Mobile Frachtladehilfe

Das Projekt „mobile Frachtladehilfe“ dient der Optimierung von Beladevorgängen für Luftfracht. Aufgrund wirtschaftlicher Standpunkte sind die Flugzeug-Standzeiten für den Betreiber von besonderer Bedeutung. Um die Wirtschaftlichkeit der Flugzeuge zu optimieren, besteht ein Interesse daran, die Dauer der Be- und Entladevorgänge zu minimieren.

Im Betrieb von Flugzeugen zum Transport von Frachtgütern kommt es immer wieder vor, dass es zu Verspätungen kommt was die nachfolgende Logistikkette negativ beeinflusst und häufig größere negative Auswirkungen auf andere Bereiche zur Folge hat. In Kundengesprächen und Prozessanalysen wurden daher diese Abläufe auf Schwachstellen untersucht und es stellte sich heraus, dass das Personal alle notwendigen Informationen auf vielen verschiedenen Papieren verstreut erhält. Diese Papiere kommen von Behörden (Zoll), dem Wight and Balance System und internen Abteilungen und dienen dem Nachweis der Transportleistung und der Sicherheit des Flugzeuges. Ohne diese Papiere kann es zu schweren Fehlern mit großen Auswirkungen kommen (siehe Bild 3.4). Bei dem Beladevorgang ist das Personal den herrschenden Wetterbedingungen ausgeliefert. Bei schlechten Verhältnissen kann es dazu kommen, dass Papiere erneut ausgedruckt werden müssen, weil sie nicht mehr lesbar geworden sind und so Zeit verloren geht.

Ein weiteres Problem ist der Mangel an qualifiziertem Personal. Aufgrund mangelhafter Kontrolle oder Unaufmerksamkeit ist es möglich, dass Container falsch verladen werden. So wird möglicherweise auch ein Container in ein falsches Flugzeug verladen. Auch besteht die Möglichkeit, dass ein Container innerhalb des Frachtraumes an einer falschen Position abgestellt wird. Dieses birgt, da die berechnete Beladekonfiguration nicht eingehalten wird, ein erhebliches Sicherheitsrisiko, das es zu eliminieren gilt.



Bild 3.4 Auswirkung falscher Beladung

Airbus Deutschland entwickelt daher ein neues Frachtguterfassungssystem, in dem der Frachtbrief in Papierform durch ein tragbares Display ersetzt wird und so dem Belademeister die benötigten Informationen übersichtlich zur Verfügung stehen. Die Darstellung wird dabei an die bisherigen Systeme und Papiere angelehnt sein, so dass eine Umstellung einfach durchzuführen sein wird. Um die Sicherheit zu erhöhen, sollen weitere Funktionen implemen-

tiert werden, die anzeigen, dass ein Container verladen wird, der nicht für das aktuelle Flugzeug vorgesehen ist oder ein Container an einem Stellplatz innerhalb des Flugzeuges abgestellt wird, der nicht für ihn bestimmt ist.

Wesentliche Vorteile dabei sind:

- Reduzierung der Standzeit des Flugzeuges, dadurch geringere Kosten
- Bessere Möglichkeiten der Planung und Synchronisation der Vorgänge
- Vermeidung von Fehlern – Verbesserung der Flugsicherheit
- Reduzierung des Verwaltungsaufwandes

3.2.4 Identifizierung von Geräten (LRU)

Der Einsatz von RFID zur Identifikation von Geräten (LRU – Line Replacable Units) in der Fertigung wird noch untersucht. Dabei geht es um die Verfolgung von Geräten ab dem Herstellungsbetrieb bis zum Einbau in der Endlinie. Der Ablauf ist aktuell sehr auf Papierdokumente (Geräteanhänger CT 176 oder umgangssprachlich „Yellow Tag“ genannt) gestützt, welche genutzt werden, um weitere Informationen, die in der gesamten Zulieferkette anfallen, aufzunehmen. Die Bilder 3.5 und 3.6 zeigen den Aufbau des Yellow Tags.

The front side of the Equipment Label (Yellow Tag) form includes the following sections:

- Header:** Description – Bezeichnung – Designation, Part No. / Teil-Nummer, No de Place / No de Place, Supplier – Lieferant – Fournisseur, Code No. / Code-Ziffer, Model – Typ – Type, No de Code, P / N-Bezeichnung oder Teil-Nr. – Ref.
- Central Section:** EQUIPMENT LABEL / GERÄTE-ANHÄNGER / ETIQUETTE POUR EQUIPEMENT. It contains fields for Cure Date / Vulkanisierungsdatum, Ultimate Utilisation Date / Letztes Verwendungsdatum, and Release Certificate No. / Übereinstimmungs-Bescheinigung-Nr.
- Bottom Section:** Acceptance Test Date / Datum der Abnahmetestung, Ultimate Shelf Life / Höchstes Lagerungsdauer, Check Test Periodicity / Periodische Prüfungen, and Acceptance Test / Insp. / Wareneingangsprüfung / Essai de Réception.
- Remarks:** Remarks – Anmerkungen – Observations.

Bild 3.5 Geräteanhänger CT 176 (Yellow Tag) Vorderseite

The back side of the Equipment Label (Yellow Tag) form includes the following sections:

- Top Section:** Supplier's Document Reference for Storage Issue from Store and Overhaul, Next Action due on / Datum der nächsten Prüfung, Date Actioned / Datum d. durchgeführten Prüfung, and Inspector's Stamp / Stempel.
- Middle Section:** Fitment to Major Component / Aircraft – Einbau in Baugruppe oder Flugzeug – Montage sur Ensemble Majeur ou sur Avion. It includes fields for Component – Baugruppe – Ensemble, Serial No / Serien-Nr. – No de Serie, and Date / Datum.
- Bottom Section:** Aircraft – Flugzeug – Avion, Location – Einbauplatz – Position, and Remarks – Anmerkungen – Observations.

Bild 3.6 Geräteanhänger CT 176 Rückseite

Der Aufbau gliedert sich in drei Teile:

- Teil 1 Generelle Daten – Identifikation, Termine, Zertifikate
- Teil 2 Test, Lagerhaltung, Verwaltung, Statistik
- Teil 3 Informationen zum Einbau

Durch falsch ausgefüllte Geräteanhänger, Eingabefehler bei der Erfassung in die EDV oder einfach durch Verschmutzung oder Verlust sind eine Fülle von Fehlerquellen vorhanden, die die Qualität der Daten verringern. Durch den Einsatz von RFID würden die Daten elektronisch auf dem Bauteil vorliegen, wodurch Übertragungsfehler, Verschmutzung und Verlust weitestgehend ausgeschlossen werden könnten.

Während des kompletten Prozesses entstehen bei der Verwendung von RFID verschiedenartige Vorteile. Bild 3.7 gibt einen Überblick über den Prozess sowie für die Identifikation wichtige Schritte oder Stationen. Diese sollen genauer auf Vorteile untersucht werden. Es wird der komplette Prozess abgebildet - von der Anlieferung durch den Zulieferer über die Montage in der Endlinie bis zur Erstellung des Inspektions-Berichtes (AIR).

Vertikale Pfeile zeigen Datenübertragungen von und zum Geräteanhänger.
Das Handsymbol zeigt an, dass manuelle Übertragungen erfolgen.

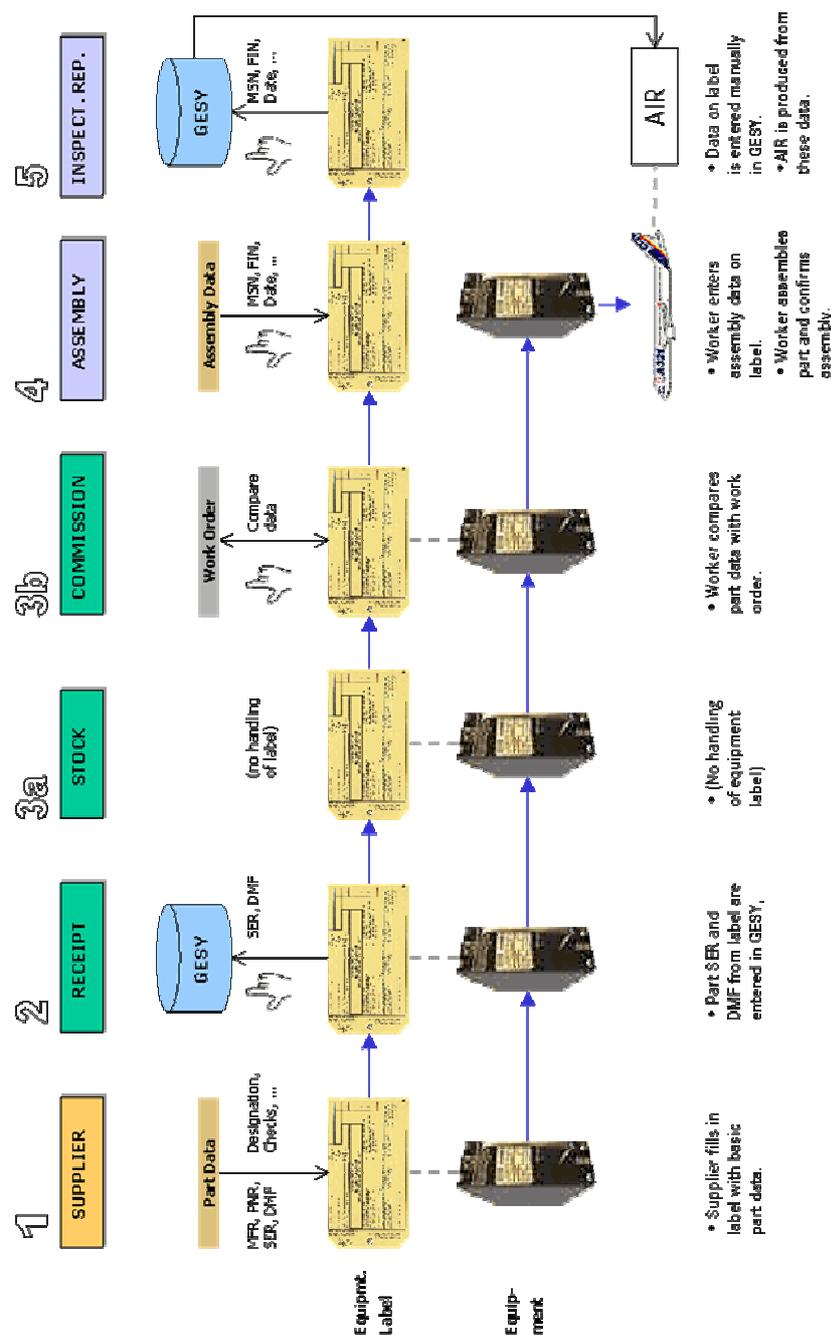


Bild 3.7 Prozesskette auf Geräteanhänger basierend

Station 1 Zulieferer

Normalerweise druckt der Zulieferbetrieb alle generellen Daten auf den Anhänger und sendet diesen zusammen mit dem Bauteil an Airbus. Sind an dem Bauteil jedoch zeitliche Kontrollen notwendig, so ist dies auf dem Anhänger vermerkt und kann so während der Lagerung überprüft werden.

Der RFID-Tag soll bei der Herstellung oder spätestens bei der Montage des Typenschildes an das Bauteil angebracht werden. Für den Hersteller bieten sich die Vorteile eines vereinfachten Prozesses, erhöhter Datensicherheit, verbesserter Datenqualität sowie verringertem Papieraufwand.

Station 2 Warenannahme

Bei der Warenanlieferung wird zwischen drei unterschiedlichen Wegen unterschieden:

Annahme durch Wareneingang

Annahme als Zukaufteil vom Käufer (BFE)

Annahme als „Kit“ von einem Airbus Partner

Bei allen drei Wegen kann durch RFID die Warenanlieferung mit der Bestellung automatisch verglichen werden. Dadurch könnte eine einfachere und schnellere Bearbeitung erfolgen. Fehlerhafte Eingaben in die Gerätedatenbank wären nicht mehr möglich.

An dieser Stelle soll angemerkt werden, dass die RFID-Technik unterstützend eingesetzt werden kann, jedoch nicht für eine vollautomatische Warenannahme geeignet ist. Eine optische Kontrolle durch einen Mitarbeiter müsste allein aus Gründen der Reklamation vorgenommen werden. An dieser Stelle würden auch von Airbus die ersten Informationen auf den Tag geschrieben.

Station 3a Lagerung

Im Falle von LRU's spielt das Lager keine wichtige Rolle. Üblicherweise werden nur die Teile gelagert, die vom Wareneingang angenommen werden. BFE und Bauteile aus Kits werden üblich just-in-time angeliefert. Bei erhöhter Produktion kann es also vorkommen, dass die Bauteile direkt von dem Wareneingang zur Fertigung geleitet werden.

RFID spielt in diesem Bereich eine sehr große Rolle, da hier durch RFID Fernabfragen ermöglicht werden und eine einfachere, nicht mehr in ein starres Konzept eingebundene Lagerhaltung ermöglicht wird.

Station 3b Kommissionierung

In der Kommissionierung kommen alle über die drei Anlieferungsarten empfangenen Bauteile zusammen. LRU's wie elektronische Geräte und Computer werden auf einen speziellen Wagen (siehe Bild 3.8) verladen. Die Position jedes einzelnen Bauteils auf dem Wagen ist abhängig von der Funktional Identifications Number (FIN).



Bild 3.8 Kommissionswagen

Diese beschreibt die exakte Position des Bauteils im Flugzeug. Nach erfolgter zweimaliger Kontrolle von Serial- und FIN-Nummern wird der Wagen für Einbau freigegeben. Leider kommt es immer wieder vor, dass hier Fehler unterlaufen, die erst später entdeckt werden und großen Änderungsaufwand nach sich ziehen.

Durch den Einsatz von RFID kann hier die richtige Zuteilung überwacht und bei Fehlern sofort angezeigt werden. Weiter kann so eine Prozesskontrolle aufgebaut werden, mit der Problemstellen leichter identifiziert und abgestellt werden können. Die Daten können auch für Marketing benutzt werden, da sie es dem Käufer online ermöglichen, den Bau seines Flugzeuges zu verfolgen.

Station 4 Einbau ins Flugzeug

Hier kontrolliert ein Mitarbeiter wieder die ID-Nummern von Bauteil und Geräteanhängern und schreibt Informationen zur Fertigung, wie z.B. Manufacturer Serial Number (MSN) darauf. Der MSN ist ein Arbeitsplan oder Auftrag zugeordnet, dieser beinhaltet alle notwendigen Informationen.



Bild 3.9 Einbau von LRU's

Basierend auf der „Process Identification Number“, einem Code für den aktuellen Bearbeitungsschritt, wird genau beschrieben, was bei jedem einzelnen Punkt abgearbeitet werden muss. Nach dem Einbau des Bauteils in das Flugzeug wird, wie im Fall eines Computers in den Elektronik Raum (Bild 3.9), dieser Schritt auf dem Anhänger mit Unterschrift und einem zertifizierten Stempel vermerkt. Der Anhänger wird danach in einen Sammelbehälter für das entsprechende Flugzeug gelegt.

Mit Hilfe von RFID kann eine korrekte Identifikation des Bauteils, des anzuwendenden Arbeitsplans und die Quittierung nach erfolgtem Einbau geschehen. Angedacht ist, ein Lese- und Schreibgerät für jeden Mitarbeiter auszugeben, mit dem er seinen Arbeitsauftrag aufrufen, die notwendigen Bauteile identifizieren und den Einbau mit einem speziellen Schlüssel quittieren kann. Dadurch würden Eingabefehler minimiert, Unlesbarkeit und Verlust vermieden und der Ablauf für die Produktion besser planbar.

Station 5 Aircraft Inspection Report (AIR)

Jeden Abend werden die „Yellow Tags“ aus dem Sammelbehälter genommen und mit abschließenden Angaben versehen. Hauptsächlich ist dieser Vorgang nur eine Bestätigung der schon vorliegenden generellen Daten in der Gerätedatenbank sowie ein Hinzufügen von Daten aus der Fertigung. Die MSN und die FIN werden genauso wie das Herstellungsdatum (DMF) und weitere Bemerkungen (bei Beanstandungen) dokumentiert. Danach wird der Eintrag abgeschlossen.

Die kompletten Daten des Geräteanhängers sind nun in die GESY Datenbank übernommen worden, welche nun als die Basis für den Aircraft Inspection Report angesehen werden kann. Allerdings wird der AIR nur indirekt aus der GESY Datenbank generiert, da zuerst die Daten mit den Einträgen in der ECDB bei Airbus Industrie abgeglichen werden müssen. In dieser Datenbank werden auch die Nummern der Kit-Bauteile von anderen Airbus Partnern gelistet und zu einer kompletten Basis zusammengeführt. Der AIR wird nun aus diesen Daten automatisch generiert.

Wie bei den vorherigen Stationen schon aufgeführt, entstehen hier immer wieder Fehler bei der Datenübertragung vom handschriftlichen in das EDV-System. Da bei der Verwendung von RFID alle Daten digital vorliegen, könnte dieser Schritt zum Teil entfallen und der Abgleich automatisiert werden.

3.3 Potentiale beim RFID Einsatz

Wie in den vorherigen Beispielen gezeigt, kann der Einsatz von RFID-Technik bei der Anwendung zu verschiedenen Arten von Vorteilen führen. Diese sind grob gegliedert und zeigen wesentliche Punkte auf.

3.3.1 Vorteile bei Handhabung

Folgende Vorteile bei der Handhabung konnten aus untersuchten Anwendungen abgeleitet werden:

- Ergonomische Arbeitshaltung
- Einfachere Identifikation
- Verringerung von zusätzlichem Aufwand für Kontrollen
- Wiederkehrende Abläufe gut automatisierbar

3.3.2 Wirtschaftliche Vorteile

Folgende wirtschaftliche Vorteile konnten aus untersuchten Anwendungen abgeleitet werden:

- Schnelle Umlaufzeiten
- Einfaches Erfassen von großen Datenmengen
- Automatisierte Inventarisierung
- Schlankere Prozessabläufe möglich => Verringerung von Verwaltungsaufwand

3.3.3 Sicherheitsvorteile

Folgende Sicherheitsvorteile konnten aus untersuchten Anwendungen abgeleitet werden:

- Eindeutige Identifizierung mittels Transponder-ID => erhöhte Fälschungssicherheit
- Diebstahlschutz

3.3.4 Qualitätsvorteile

Folgende Qualitätsvorteile konnten aus untersuchten Anwendungen abgeleitet werden:

- Aufnahme detaillierter Daten möglich, z.B. Temperaturüberwachung
- Steigende Datenqualität bei steigender Datenmenge ermöglicht das Ableiten von Trends und Vorhersagen.
- Erstellung von Bauteilhistorien einfach realisierbar

4 Standardisierung in der Luftfahrtindustrie

4.1 Zweck der Standardisierung

Die Industrie und verschiedene Verbände beschäftigen sich seit einigen Jahren mit der Standardisierung der RFID-Technologie. Die am häufigsten verwendeten Standards für passive Transponder sind ISO 14443 und ISO 15693. Die ISO 15693 wird derzeit in der Luftfahrtindustrie favorisiert.

Die ISO 14443 „Identification cards – Proximity integrated circuit(s) cards“ beschreibt kontaktlose Chipkarten mit einer Reichweite von 7 bis 15 cm, die vorwiegend im Bereich Ticketing verwendet werden. Es wird in 2 Typen von Kommunikationsinterfaces unterschieden, die für den Datenaustausch zwischen Datenträger und Lese-Schreibgerät verwendet werden.

Die ISO 15693 beschreibt “Identification cards – contact less integrated circuit(s) cards – Vicinity Cards”. Diese haben eine Reichweite von bis zu 1,2m. Es werden häufig kostengünstigere Speicherbausteine mit einfacher State-Machine eingesetzt.

Weiterhin beschäftigt sich das Auto-ID Center damit, einen Standard für den globalen Warenfluss mit RFID-Technologie zu unterstützen. Mit seinen Mitgliedern aus der Großindustrie hat das Auto-ID Center die Möglichkeit, einen Defacto- Standard zu etablieren. Es arbeitet an dem so genannten Electronic Product Code (ePC), dessen Hauptbestandteile im Laufe des Jahres 2003 fertig gestellt werden sollen.

Innerhalb der Luftfahrtindustrie beschäftigt sich die Air Transport Association (ATA) mit der Standardisierung der Verwendung von RFID-Technologien. Im Kapitel 9 der ATA Spezifikation 2000 werden zukünftig neben den Barcodes und zweidimensionalen Matrixcodes auch die RFID-Technologien beschrieben.

Bei Airbus Industries wird das Thema RFID von dem RFID-Steering-Committee betreut. Die Arbeiten verschiedener Mitglieder und die Anforderungen unterschiedlicher Bereiche des Unternehmens fließen in die Ergebnisse des Committees ein. Diese werden ins Unternehmen mit Hilfe von Direktiven (ABD) und Prozeduren (AP) eingeführt.

Die bei der ATA entwickelten Standards im Bezug auf RFID werden sich maßgeblich an den zuvor aufgeführten Standards und Regularien orientieren. Es wird ein Standard entstehen, wie RFID-Systeme möglichst einheitlich und unter Verwendung von Transpondern unterschiedlicher Hersteller verwendet werden können.

4.2 Problemstellung

In der zivilen Luftfahrtindustrie besteht die Pflicht, für alle Akteure (Produktion, Montage, Wartung, Reparatur, etc.) Teile und Komponenten eindeutig zu identifizieren sowie den aktuellen Zustand und den Lebenslauf einer Komponente einwandfrei und zuverlässig abzubilden und nachzuweisen. Gerade beim Ein- und Ausbau von Teilen ist es wichtig, eine lückenlose Dokumentation der Teilehistorie sicherzustellen. Oftmals sind bereitgestellte Informationen nur schwer identifizierbar (siehe Bilder 4.1 und 4.2). Um zum einen den fertigungstechnischen und zum anderen den gesetzlichen Anforderungen von Behörden und Gremien gerecht zu werden, ist oftmals ein sehr hoher Erfassungs- und Handlingsaufwand nötig. Moderne Informations- und Kommunikationssysteme tragen erheblich dazu bei, diese Prozesse einfacher und schneller, aber auch mit der geforderten Qualität und Sicherheit durchzuführen.

Zur Teileidentifikation in der Luftfahrtindustrie werden dazu bereits Barcodes und Matrix Codes erfolgreich eingesetzt. Die bereits bestehenden Technologien werden zukünftig durch den Einsatz der RFID-Technologie ergänzt. Damit wird die Möglichkeit geschaffen, zusätzlich zu den Identifikationsdaten Zustands- und Historiedaten direkt an Flugzeugkomponenten bereitzustellen. Der Nachweis der Originalität von Teilen im Bezug auf „Bogus Parts“ wird mittels RFID-Systemen erheblich unterstützt. Durch die zusätzlich verfügbaren Daten ist es möglich, den logistischen Gesamtaufwand zu reduzieren und damit verbundene Ressourcen effektiver zu nutzen. Es wird zukünftig möglich sein, Begleitpapiere, wie z.B. „Geräte-Anhänger“, „JAA Formular Nr.1“, in elektronischer Form am Bauteil zur Verfügung zu stellen. Zuvor bedarf es einer weltweiten Standardisierung der RFID-Technologie in der Luftfahrtindustrie, um die Kompatibilität der verschiedenen RFID-Systeme, aber auch ein Zusammenspiel mit Barcode und Matrix Code sicherzustellen.



Bild 4.1
Beispiel einer ungenügenden Teileidentifikation

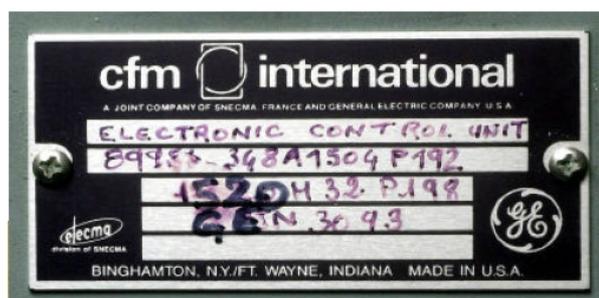


Bild 4.2
Beispiel einer ungenügenden Teileidentifikation

4.3 Aktuelle Aktivitäten in der Standardisierung

Die aufgeführten Dokumente werden jeweils gepflegt durch eine Arbeitsgruppe, die sie dem technischen Stand jeweils anpasst. Die Auflistung der relevanten Werke erfolgt in einer Abstufung:

branchenübergreifend	Electronic Product Code
luftfahrtbezogen	ATA Spec2000
unternehmensbezogen	Airbus Business Directive 100

Im folgenden sollen die Dokumente kurz vorgestellt und die Änderungen für die Nutzung der RFID-Technik erläutert werden.

4.3.1 Electronic Product Code (ePC)

Der Elektronik Product Code (ePC) ist eine Weiterentwicklung des Universal Product Code (UPC). MIT Wissenschaftler David Brock und Sanjay Sarma schlugen 1998 zusammen mit ihren Kollegen ein eindeutiges Numerierungsschema für ein netzwerkbasiertes Identifikationssystem vor. Im Oktober 1999 öffneten sie das MIT Auto-ID Center als industrienaher Forschungsgruppe mit dem Ziel, eine "intelligente Infrastruktur" für die logistische Kette zu entwickeln.

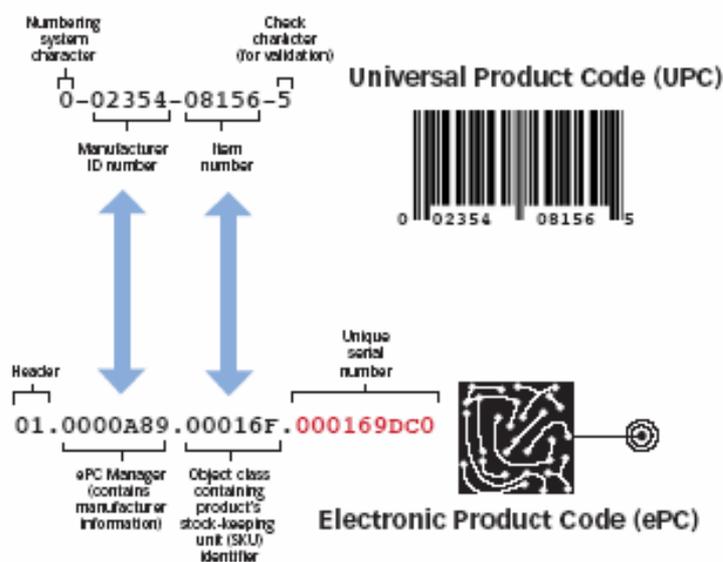


Bild 4.3 Aufbau und Unterschiede von UPC und ePC (AIM USA)

Diese intelligente Infrastruktur ist dem Internet stark nachempfunden. Ein ePC beinhaltet 96 bit an Identifikations-Daten mit einer 40 bit langen einmaligen seriellen Nummer. Anstatt Ka-

taloginformationen direkt an diese Nummern zu koppeln, funktioniert der ePC - wie eine Art Link - zu einem Referenzdokument. Dieses Dokument existiert im Netzwerk, ein Object Name Service löst die numerische ePC auf und ordnet dem Objekt dieses Dokument zu, genau wie im Internet der Domain Name Service menschenlesbare Adressen in IP-Adressen umsetzt. Das Dokument ist geschrieben in einer neuen Sprache, der Product Markup Language und basiert auf XML (eXtensible Markup Language).

Um das Bild abzuschließen, müssen die 96bit an Identifikations-Daten auf dem Objekt vorhanden sein, dies soll mit einem elektronischen Etikett ("electronic Tag") oder smart Label erfolgen. Die aktuelle Entwicklung des ePC basiert auf der Verwendung von Radiofrequenz-Systemen, was eine automatische Erfassung ermöglicht. Manuelle Eingaben werden nicht mehr nötig sein und eine Verfolgung über die gesamte logistische Kette ist damit möglich.

4.3.2 ATA2 SPEC 2000 CHAPTER 9

Die **ATA Spec2000** ist das Resultat der Zusammenarbeit von zwölf internationalen Industrieverbänden der Luftfahrt-Bereiche Betrieb (Airlines), Herstellung (Manufacture & Supplier) und Wartung (Repair- and Spare shops) zur Steigerung der Wirtschaftlichkeit. Sie wird von der Air Transport Association (ATA) verwaltet. Das primäre Ziel ist es, kosteneffektive, aktuelle Methoden für den Informationsaustausch möglichst vielen Firmen zur Nutzung bereitzustellen.

Die Spec2000 ist ein Netzwerk aus abgestimmten Komponenten, die zusammen die Schnittstellen für die Zusammenarbeit intern wie extern darstellen. Diese Komponenten sind auf die Belange der Luftfahrtlinien in den Bereichen Beschaffung, Reparatur- und Wartungsgeschäft stärker angepasst, da in diesen Bereichen ungenutzte Potentiale durch neue Prozesse besonders gut umgesetzt werden können. In diesen kostensensiblen Bereichen sind die Potentiale daher erheblich (erzeugen Hebelwirkung).

Die Spec2000 ist aufgeteilt in vier Bereiche, dem Luftfahrt Handelsplatz für den Warenaustausch untereinander, den E-Commerce Standards zur Vereinheitlichung elektronischer Handelswege, den Daten Standards für die Harmonisierung der Formate und den Bar Code Standards für die Identifikation. Diese sind in Kapitel 9 der Spec2000 niedergeschrieben.

Kapitel 9 beschäftigt sich mit der automatischen Identifikation und Datenaufnahme. Die bestehenden Prozesse, wie Käuferbeleg, Reparaturbeleg, etc bleiben unberührt, da RFID als zusätzliche Identifikationsmöglichkeit angesehen wird. In der Anwendung bedeutet das, dass nun neben den vorgeschriebenen "Human readable" Angaben (SER, PNR, MFR) und dem Barcode ein Transponder mit auf das Typenschild aufgebracht wird. (siehe Bild 4.4)

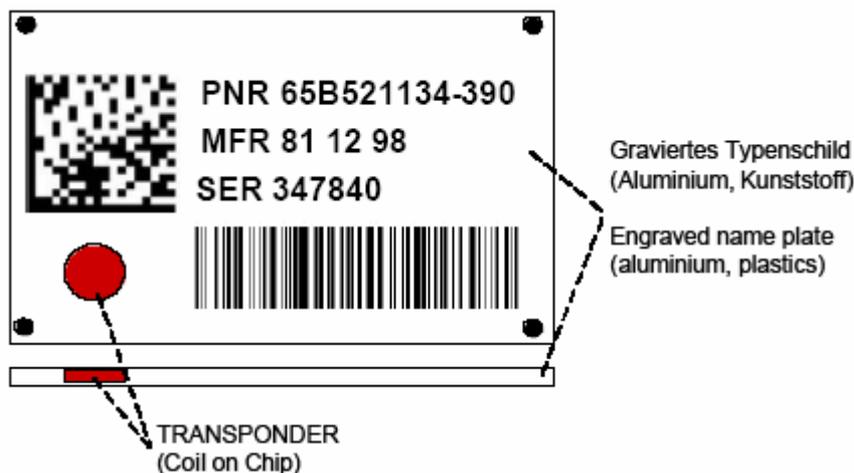


Bild 4.4 Integration des Transponders in das Typenschild

Dieses ist in einem neuen Punkt (Chapter 9.5) beschrieben und dem Dokument angehängt worden. Alle Anforderungen an einen Transponder sind hier niedergeschrieben. Dadurch soll gewährleistet werden, dass Transponder den zu erwarteten physischen und operativen Belastungen standhalten. Aktuell wird noch an dem genauen "Command Code" gearbeitet, d.h. welche Informationen auf den Transponder geschrieben werden können. Dieses soll durch definierte Text Element Identifier (TEI) erfolgen.

4.3.3 Airbus ABD 100

Die **ABD 100** (Airbus Business Directives) behandelt den dritten Teil der ATA Spec2000 Chapter 9 – der permanenten Identifikation von Teilen. Es erklärt die Anforderungen detaillierter und gibt ergänzend die Historie kleinerer Veränderungen (die nicht die Form, Lage oder Funktion des Bauteils betreffen) an. Diese werden für einen schnelleren Überblick in einem separaten Feld (Punkt 8 in Bild 4.4) aufgelistet.

Es wurde weiter damit begonnen, die Datenaufnahme für den Bediener zu erleichtern, indem z.B. das Herstellungsdatum als Barcode mit in das Typenschild aufgenommen wurde; dieses wird später in einem unveränderlichen Bereich in dem Transponder abgebildet.

Da es praktisch unmöglich ist, den exakten Tag der Herstellung (von Teilkomponenten) zu bestimmen und dieses auch nicht als unbedingt notwendig angesehen wird, ist das Datumsformat auf 6 Stellen definiert worden, 2 für die Monatsangabe und die restlichen 4 für die Jahresangabe in dem Format MMYYYY. Diese Schreibweise kann ohne weitere Konvertierung einem TEI (Text Element Identifier) übergeben und im Transponder angelegt werden.

Das folgende Bild 4.4 zeigt ein Typenschild entsprechend ATA Spec2000 und ABD100 bei dem auch das Herstellungsdatum als Barcode angegeben ist. LRU bedeutet Line Replacable

Unit, und ist eine Bezeichnung für eine spezielle Art von Ausrüstung, welche sehr leicht auswechselbar ist (als Beispiel eine Controllereinheit).

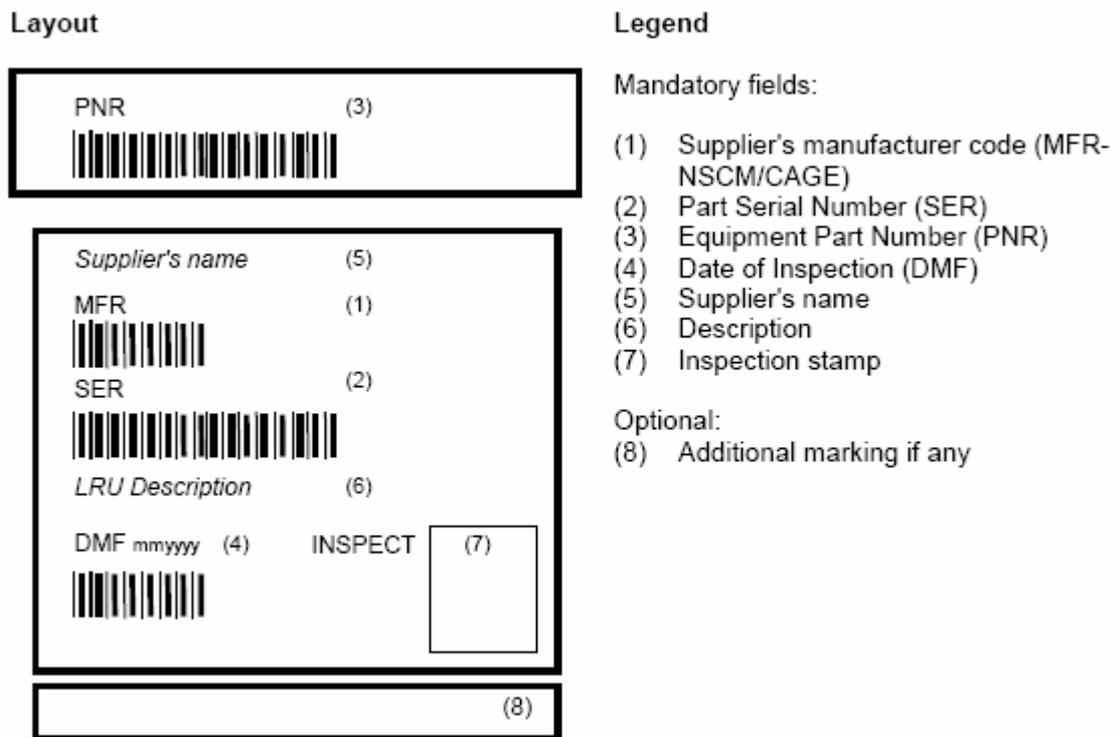


Bild 4.5 Typenschild nach ABD 100 und ATA Spec2000 (**ABD0100**)

Aktuell sind noch keine Arbeiten an der ABD 100 geschehen, da zuvor die Arbeiten an der Spec2000 abgeschlossen sein müssen. Die Ergebnisse werden dann unter Berücksichtigung der nun neu hinzukommenden technischen Anforderungen der RFID-Technik auf die bestehenden Typenschilder angewendet.

Es ist davon auszugehen, dass der Einsatz von Transpondern als weitere Identifikationsform keine der bestehenden Beschriftungen ablösen wird.

4.4 RFID Steering Committee

Das RFID Steering Committee ist entstanden aus der ehemaligen Bar Code Task Force (BCTF), welche 1997 zur Einführung der Bar Code Spezifikation bei Airbus Industries und den nationalen Partnern gegründet wurde. Als weitere Aufgabe kam die Rolle des zentralen Ansprechpartners bei jeglichen Fragen zur Identifikation für Zulieferer, Kunden (airlines) und internen Einsatz hinzu.

Standards und Prozeduren sind dokumentiert in der Airbus Direktive (kurz ABD), welche als Referenzdokument für die Airbus Partner und Zulieferer gilt. Das Steering Committee hat die Aufgabe, diese Direktive inhaltlich zu pflegen und sie dem jeweils aktuellen technischen Stand anzupassen.

Seine Mitglieder sind Vertreter der jeweiligen Airbus Partner (A-F, A-D, A-UK, A-E) und ihre Aufgabe ist es, die Entscheidungen und Richtlinien des Committees in ihre eigenen Organisationen zu tragen und umzusetzen. Die Mitglieder sind Experten aus den unterschiedlichsten Unternehmens-Bereichen. Sie tragen mit ihrem jeweiligen Fachwissen zur Weiterentwicklung bei, gleichzeitig werden sie zu Experten und Ansprechpartnern für Identifikationsfragen in ihrer eigenen Organisation.

Das Committee repräsentiert Airbus in der ATA Task Force, welche die Aktivitäten zwischen den Luftfahrt-Herstellern, Betreibern und Zulieferern auf dem Sektor der automatischen Identifikation mit Radiofrequenzen regelt.

Sicher ist es interessant zu bemerken, dass Airbus und Boeing gemeinsam an diesem Thema arbeiten, was auf die Tatsache zurückzuführen ist, dass beide Hersteller zu einem hohen Prozentsatz die gleichen Zulieferer haben und dem Bedürfnis nach global abgestimmten Standards in der Luftfahrtindustrie Nachdruck verleihen wollen.

Die in dieser Arbeit aufgeführten Richtlinien (Dokumente) sind das Ergebnis der gemeinsamen Arbeit des Steering Committees zusammen mit der ATA, den nationalen Standardisierungs-Organisationen und weiteren Organisationen der Luftfahrtindustrie.

5 Spezifizierung und Zulassung von RFID-Komponenten

In diesem Abschnitt wird auf die zusammengetragenen Anforderungen, deren Verarbeitung in eine Spezifikation, eine genauere elektromagnetische Untersuchung bezüglich der Auswirkungen auf andere Flugzeugsysteme, auf die generelle Vorgehensweise und die Einführung am Beispiel CIDS eingegangen.

Getrieben durch Kundenwünsche und zur besseren Kontrolle des Werkzeugbestandes bei Airbus Spare Part and Services wurde nach neuen Möglichkeiten der Identifizierung gesucht. Dabei wurde man aufmerksam auf die schon in den 60er Jahren entwickelte RFID- Technologie. Vor ca. 3 Jahren wurde in einem Pilotprojekt die RFID- Technologie das erste Mal bei Airbus eingesetzt. Die positiven Erfahrungen aus diesem Pilotprojekt sollten nun auch auf anderen Gebieten zur Anwendung kommen.

In Zusammenarbeit mit allen Prozessbeteiligten wurden in Workshops die jeweiligen Anforderungen an die Technik erarbeitet. Bild 5.1 zeigt die Material- und Informationswege zwischen allen Beteiligten auf.

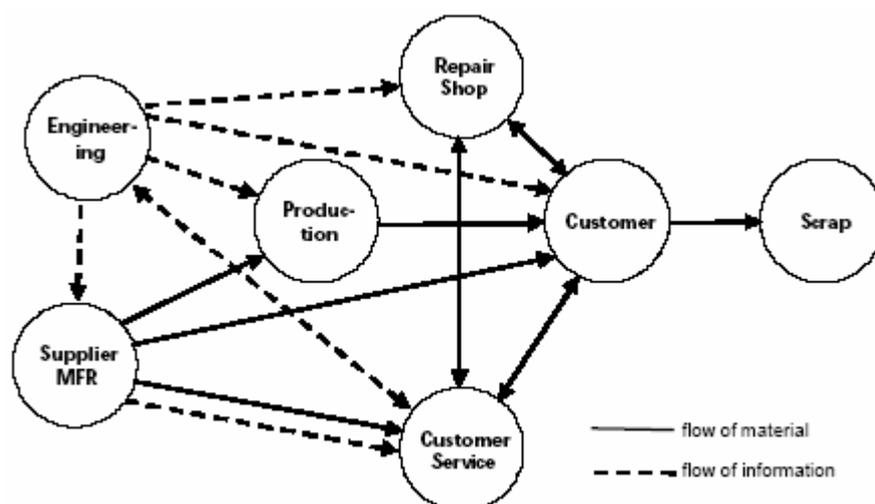


Bild 5.1 Logistiknetzwerk

Das Fraunhofer-Institut für Fabrikbetrieb und –automatisierung (IFF) mit Sitz in Magdeburg koordinierte dabei die Untersuchung und erstellte abschließend ein Lastenheft zur Teile- und Gerätekennzeichnung mittels RFID Technologien für Line Replaceable Units (LRU's).

Damit nun Komponenten mit RFID- Technologie im und am Flugzeug eingesetzt werden dürfen, müssen die Tags von den Komponenten-Herstellern zugelassen werden und die geforderten Nachweise und Tests der Luftfahrtbehörden erfüllen. Um nun eine Verwendung in Airbus- Flugzeugen zu ermöglichen sowie eine generelle Zulassung von den Luftfahrtbehörden

für Transponder und Lesegeräte zu erhalten, wurde beschlossen, dass eine Zulassung zur nachträglichen Einrüstung (SB) ins Flugzeug angestrebt werden soll. Dafür soll das Airbus Modification System genutzt werden.

Für die Zulassung wird bei elektrischen Geräten, die per Funk kommunizieren, eine Untersuchung von Auswirkungen auf andere Flugzeugsysteme und Komponenten gefordert. Diese Untersuchung erweist sich als recht komplex, da mit einer großen Anzahl von Geräten ein entsprechender Test durchgeführt werden müßte. Alle System- und Komponententests wären zu zeit- und kostenaufwendig und auch teilweise unnötig, da viele Komponenten auf Sendeleistung immun sind, durch Abschirmung, etc. Daher wurde ein theoretisches Modell erstellt, mit dem Grenzwerte ermittelt und durch Simulationen überprüft werden konnten. Nur wenige Tests müssen dadurch noch an gefährdeten Komponenten erfolgen.

In Gesprächen mit den Prüfern der Luftfahrtbehörden wurden neben den schon aufgeführten Labortests auch Gerätetests im Flugzeug am Boden und im Flug vereinbart. Um nun möglichst viele Meßdaten aufnehmen zu können, wäre ein regelmäßiger Einsatz optimal. Da zwischen den Airbus Standorten Hamburg, Toulouse und Filton ein täglicher Shuttleverkehr besteht, die eingesetzten Flugzeuge aus der Produktpalette von Airbus stammen und ein problemloser Zugriff auf die Systeme zum Auslesen der Daten besteht, wurde versucht, die Firma Privatair - Betreiber des Shuttleservice - für diesen Test zu gewinnen. Mit Erfolg, wie Abschnitt 5.5 zeigt.

5.1 Rahmenbedingungen

Da auf dem Markt eine große Anzahl von RFID-Systemen mit unterschiedlichen Arbeitsweisen angeboten werden, war es notwendig, Rahmenbedingungen festzulegen. Da keines der aktuell angebotenen Systeme für die Luftfahrtindustrie zugelassen ist, filtern diese Rahmenbedingungen die z.Z. verwendbaren Systeme heraus, die nach Qualifizierung und Luftfahrtzulassung Anwendung in Airbus Flugzeugen finden können.

Im folgenden werden die wesentlichen Bedingungen beschrieben:

1. Entscheidung zu aktiven oder passiven Transpondern

Generell gibt es zwei Arten von Transpondern: aktive und passive. Der Unterschied liegt in Arbeitsweise, Aufbau, Abmaßen und Preis. Entscheidend dabei ist, dass aktive Transponder bei Aktivierung (daher auch der Name) ihre Informationen durch einen eigenen Sender ausstrahlen. Passive Transponder dagegen benötigen ein starkes moduliertes Energiesignal, um aktiviert zu werden. Danach moduliert er die auf ihm gespeicherten Daten und strahlt sie mit der Restenergie des empfangenen Signals ab. Ohne moduliertes Energiesignal ist es ausgeschlossen, dass der Transponder aktiviert wird. Weiter ist ein hohes Energiesignal notwendig, damit ein schwaches Datensignal empfangen werden kann. Das Verhältnis ist 2W:2mW.

Da die Installation und der Betrieb von Sendern im oder am Flugzeug einen sehr großen Aufwand bei der Zulassung erfordern würden und somit die Wirtschaftlichkeit in Frage stellen würde, sind passive Transponder einzusetzen.

2. Entscheidung der Betriebsfrequenz

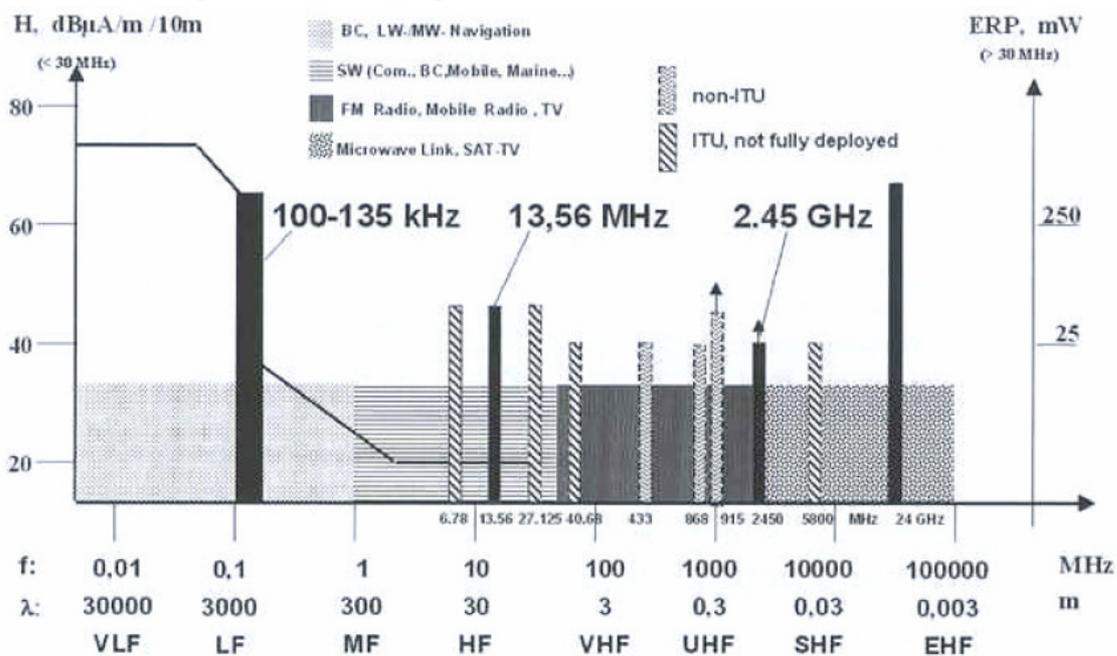


Bild 5.2 Frequenzbereiche, die für RFID weltweit eingesetzt werden (Finkenzeller 2002)

Die nutzbaren Frequenzbereiche gehen von 9..135 kHz bis zu 5,8 Ghz. Dabei muß aber sichergestellt werden, dass keine Beeinträchtigungen oder Nebenwirkungen mit anderen Systemen, wie z.B. VHF3 (Datenfunk) auftreten können. Ein entsprechender Abstand zu verwendeten Frequenzen ist daher einzuhalten. Dieses schränkt die nutzbaren Frequenzen ein. Weiter sind nicht alle Frequenzen überall nutzbar, da die gesetzlichen Obergrenzen für Sendeanlagen den Betrieb mit zu hoher Leistung untersagen. Die einzige global nutzbare Frequenz ist 13,56 Mhz. RFID-Systeme an Bord von Flugzeugen müssen daher diese Frequenz verwenden.

3. Entscheidung über Transponderaufbau

Der Aufbau eines passiven Transponders gliedert sich in zwei wesentliche Bauteile auf: Chip und Antenne. Transpondertypen werden auch nach ihrer Bauweise benannt. Dabei haben sich zwei Bauweisen aufgrund ihrer Eigenschaften und Abmaße verwendbar für den Einsatz in der Luftfahrtindustrie gezeigt:

1. Bauweise mit externer Antenne Smart Card / Credit card
2. Bauweise mit interner Antenne Coil-on-Chip / lady bug

4. Entscheidung über Anbringungsorte

Aufgrund des unterschiedlichen Transponderaufbaus muß bei den Anbringungsorten die eine oder andere Bauweise (siehe Punkt 3) gewählt werden. Bei Montage auf der Oberfläche (Kunststoff) können beide Bauweisen zum Einsatz kommen, die Bauweise mit externer Antenne ist dabei leistungsfähiger. Erfolgt die Installation jedoch auf einer Metalloberfläche, so ist die Bauweise mit integrierter Antenne zu bevorzugen. Der Betrieb von Transpondern mit externer Antenne ist auch möglich, jedoch wird er durch das Metall sehr stark gestört und muß mit speziellen Ferritstoffen von der Oberfläche abgeschirmt werden.

5. Lese- und Schreibabstände

Ähnlich wie bei der Anbringung muß auch hier nach der Bauweise unterschieden werden:

Passive Transponder mit einer externen Antenne können bis zu einem Meter in einer Gruppe gleichzeitig erfasst werden (Anti-Collision).

Passive Transponder mit einer internen Antenne können nur bis zu einem Abstand von 0-5 mm gelesen werden. Dabei ist die Kommunikation mit nur einem Transponder möglich.

6. RTCA- Luftfahrtanforderungen

Wie jedes Gerät oder System, so müssen auch die Transponder den Luftfahrtanforderungen der RTCA entsprechen, d.h. es müssen durchgeführt werden:

mechanische Tests	Vibration, Schock,
physikalische Tests	Temperatur, Luftfeuchte
chemische Tests	meist Flüssigkeiten (Öl, Kraftstoff, Hydraulikflüssigkeit, etc.)
elektromagnetische Tests	Strahlungsanfälligkeit, Blitzeinschlag, elektrostat. Entladung

7. Entscheidung zu Medien mit hoher Speicherkapazität

Damit alle Informationen zur eindeutigen Identifizierung (SER, PRT, DMF,...) sowie weitere optionale Informationen zum Ersatz von Papierdokumenten auf dem Transponder Platz finden, muß die Speicherkapazität besonders hoch ausgelegt sein. Die Forderung, eine kurze Historie für schnellen Zugriff auf bauteilbezogene Daten auf dem Transponder vorzuhalten, sowie die Forderung nach einem Rechtesystem mit Verschlüsselung lassen die Datenmenge zusätzlich ansteigen.

5.2 Anforderungen und Spezifikation

Die Anforderungen wurden während der Workshops aufgenommen, später sortiert und Kategorien entsprechend zugeordnet. Um die Bedingungen besser verfeinern zu können, wurde eine Baumstruktur angewandt. Da die Anforderungen bis zur Erstellung des Lastenheftes berücksichtigt wurden, soll in dieser Arbeit auch nur auf diese eingegangen werden. Die folgenden Texte stimmen mit den Ergebnissen des IFF **Lastenheft 2003** überein.

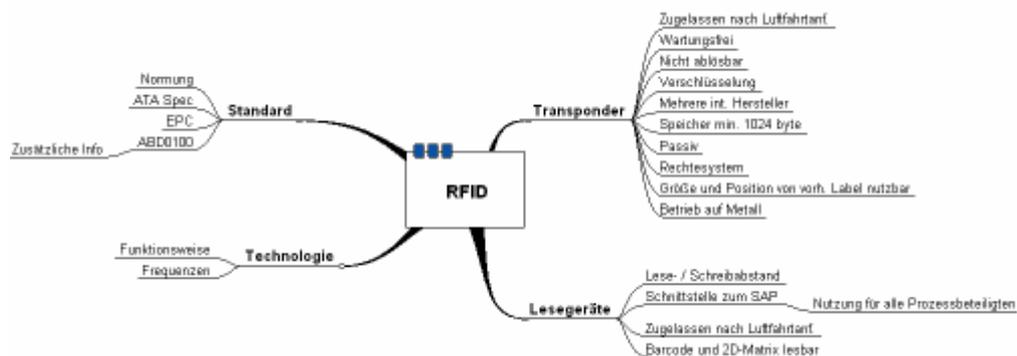


Bild 5.3 Gliederung und Übersicht der Anforderungen

Bei der Zuordnung stellte sich eine Aufteilung in zwei wesentliche Bereiche heraus. Diese wurden wie folgt weiter verfeinert:

5.2.1 Organisatorische Bedingungen

1. Transponderarchitektur

Anwendungsbereiche für Transponder

Transponder werden derzeit für unterschiedliche Anwendungen eingesetzt. Zukünftig ist zu erwarten, dass weitere Anwendungen hinzukommen und sich die Transponder-technologie in der Luftfahrtindustrie weiter durchsetzt. Klassische Anwendungen bestehen derzeit in den Bereichen Werkzeug und Behältermanagement. Die dort eingesetzten Transponder unterliegen keinen Anforderungen der Luftfahrttauglichkeit. Mit dem Einsatz von Transpondern für Einzelteile, Komponenten und Baugruppen kommen weitere Einsatzbereiche hinzu. Es ist nicht nur vorstellbar, mittels Transponder Teile zu kennzeichnen, sondern auch zusätzliche Daten, wie Zustands- und Lebenslaufdaten direkt an den Objekten vorzuhalten. Auch die Verwendung von einem zentralen Transponder für mehrere Teile bzw. Baugruppen mit schwer erreichbaren Einzeltranspondern (zentrale Bereitstellung der Informationen der Einzelteile bzw. Baugruppen und deren Konfiguration) ist denkbar.

Je nach Anwendung entstehen unterschiedliche Anforderungen an den jeweiligen Transponder. Es ist zu erwarten, dass es unterschiedliche Transpondertypen für unterschiedliche Anwendungen gibt. Grundvoraussetzung ist eine Kompatibilität der verschiedenen Systeme.

Datenstruktur und -typen

Die durch die RFID-Technologie generell zu handhabende Datenstruktur muss zwei verschiedene Grundtypen von Datenfeldern beinhalten. Zum einen muss es Bereiche geben, die nur einmal beschrieben (One Time Programmable) und ab diesem Zeitpunkt nur noch gelesen werden können und zum anderen muss es solche Datenfelder geben, die von autorisierten Nutzern beschrieben, gelesen, gelöscht und wieder beschrieben werden können (Bild 5.1).

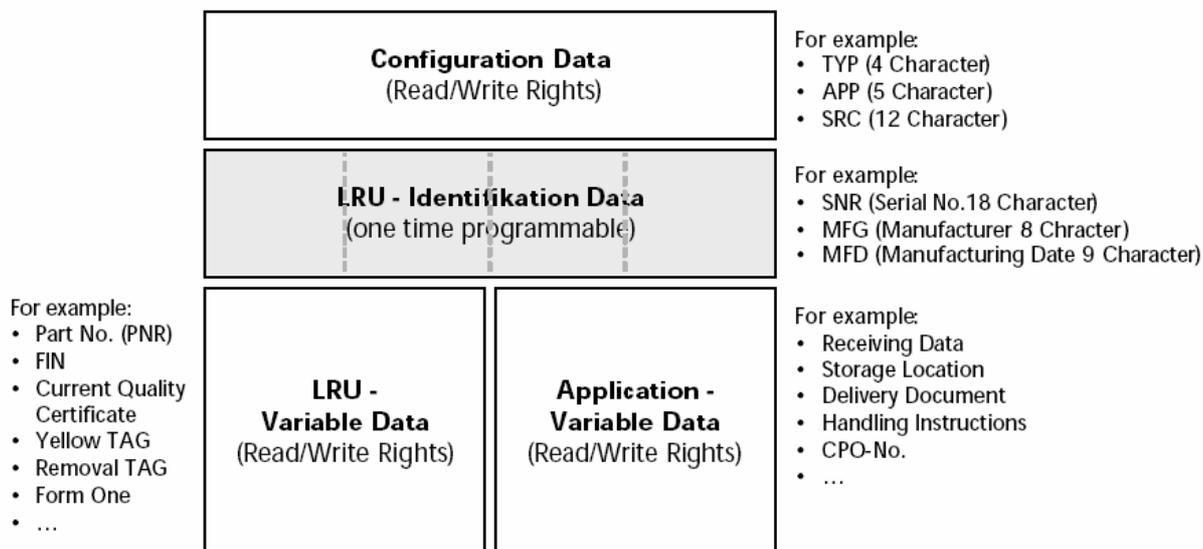


Bild 5.4 Grobdatenstruktur und Datentypen

Grundsätzlich werden auf dem Transponder unterschiedliche Datentypen abgelegt:

- Konfigurationsdaten

Die Konfigurationsdaten sind notwendig, um auf Daten eines Transponders in einem weltweiten Logistiknetzwerk zugreifen zu können und entsprechend hinterlegte Grundstrukturen wie Transpondertyp, Anwendungen und Datenmodell erkennen zu können. Bei Bedarf muss es möglich sein, diese Daten zu editieren.
- Identifikationsdaten (statisch)

Diese Daten beschreiben die Komponente, an die ein Datenträger unlösbar angebracht wurde. Identifikationsdaten werden einmalig auf den Transponder geschrieben und sind danach von niemandem mehr editierbar. Für die Luftfahrtindustrie sind dies: Seriennummer, Hersteller und Herstellungsdatum.
- Variable Objektdaten

Diese Daten werden auf einen Datenträger hintereinander aufgeschrieben. Die Daten lassen sich durch einen Text-Element-Identifyer (TEI) identifizieren und sind

durch Trennzeichen (/) unterscheidbar. Durch die Vergabe von Lese- und Schreibrechten sind die Daten editierbar bzw. können ergänzt werden.

- Anwendungsdaten

Für unternehmensspezifische Anwendungen besteht die Option, temporäre Daten - wie Wareneingangsnummer, Lagerplatz oder weitere Logistikgrößen - auf dem Transponder zusätzlich mit abzulegen. Diese Daten werden gelöscht, sobald diese nicht mehr benötigt werden, z.B. bei Einbau oder Standortwechsel.

Weiterhin könnte die Möglichkeit der Eingabe von zusätzlichen Informationen in Form eines Textes (Email, „SMS“) z.B. durch den Mechaniker vorgesehen werden. Beispielhaft sind in dem Bild 5.5 und Bild 5.6 Papierdokumente abgebildet, die zukünftig als elektronisches Dokument auf dem Transponder hinterlegt sein könnten.

Bild 5.5 - Hinweis auf Bilder im Abschnitt 3.2.4

1. Approving National Aviation Authority / Country Genehmigende nationale Luftfahrtbehörde / Staat: LUFFTFAHRT-BUNDESAMT / Germany		2. AUTHORISED RELEASE CERTIFICATE JAA FORM ONE				3. Form Tracking Number Inhalts-Formularnummer	
4. Approved Organisation Name and Address: Name und Anschrift des genehmigten Betriebes					5. Work Order/Contract/Invoice Arbeitsauftrag/Vertrag/Lieferanten		
6. Item List Nr./Position	7. Description Beschreibung	8. Part No. Bauteil-Nr.	9. Eligibility* Verwendbarkeit*	10. Qty Anzahl	11. Serial-/Batch No. Werk-/Los-Nr.	12. Status/Work Zustand/Arbeiten	
13. Remarks Bemerkungen							
14. Certifies that the items identified above were manufactured in conformity to: Es wird bescheinigt, dass die oben aufgeführten Artikel hergestellt wurden in Übereinstimmung mit: <input type="checkbox"/> approved design data and are in condition for safe operation genehmigten Entwicklungsunterlagen und in einem Zustand für einen sicheren Betrieb sind. <input type="checkbox"/> non-approved design data specified in block 13 in Feld 13 aufgeführten nicht genehmigten Entwicklungsunterlagen.				19. <input type="checkbox"/> JAR-145.50 Release to Service Freigebebescheinigung gem. JAR-145.50 <input type="checkbox"/> Other Regulation specified in block 13 Freigebebescheinigung gem. in Feld 13 aufgeführter Vorschriften			
15. Authorised Signature Unterschrift der berechtigten Person		16. Approval/Authorisation Number Genehmigungs-/Berechtigungsnummer		20. Authorised Signature Unterschrift der berechtigten Person		21. Certificate/Approval Ref No. Bescheinigungs-/Genehmigungsnummer	
17. Name Name		18. Date (d/m/y) Datum (Tag/Monat/Jahr)		22. Name Name		23. Date (d/m/y) Datum (Tag/Monat/Jahr)	

JAA Form One - Issue 4

* Items must cross-check eligibility with applicable technical data
Die Verwendbarkeit anhand der geltenden technischen Unterlagen zu überprüfen.

Bild 5.6 JAA Formular Nr.1

Datenformat

Im Zusammenhang mit der Standardisierung des RFID- Systems spielt die Standardisierung der einzelnen Dateninhalte und Datenfelder eine zentrale Rolle. Um einen reibungslosen Austausch von Informationen zwischen den Informationssystemen der Akteure im Logistiknetzwerk (z.B. ERP-System eines Teileherstellers und Informationssystem einer Fluggesellschaft) herstellen zu können, müssen Datenformate möglichst einheitlich verwendet werden.

Demzufolge müssen die auf dem Transponder enthaltenen Daten den Richtlinien der ATA (Air Transport Association) entsprechen. Im Chapter 9 „Automatic Data Capturing“ (heute noch Bar Coding) sind die wesentlichen Datenfelder beschrieben. Es wird in „muss“- und „kann“-Felder unterschieden. Alle Datenfelder beginnen mit einem

Text Element Identifier (TEI). Dieser TEI besteht aus 3 Buchstaben welche angeben, um welches Datenfeld es sich handelt. An den TEI werden die eigentlichen Daten angehängt, z.B.: PNR 7778899770. Abbildung 5.7 stellt das Datenformat exemplarisch am Beispiel Barcode dar.

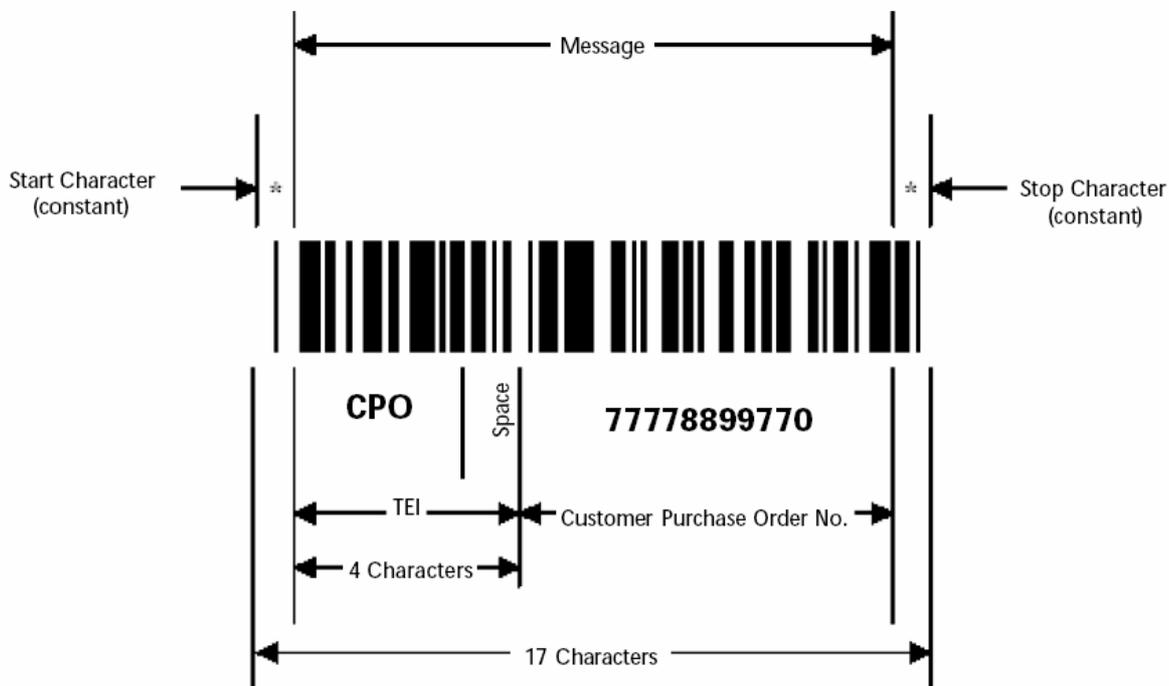


Bild 5.7 Beispiel – Datenformat nach ATA Spec. 2000

2. Informationsfluß

Der Informationsfluß gestaltet sich so, dass beim Hersteller bzw. Lieferanten das Bauteil zu „Leben“ beginnt und somit die Grunddaten zum Bauteil erzeugt werden („Geräte-Anhänger“) („JAA Formular Nr.1“). Diese Daten müssen zukünftig durch den Hersteller bzw. Lieferanten auf den Transponder aufgebracht werden. Zusätzlich werden Logistikdaten, wie Auftragsdaten, Bestellnummer usw. erfasst, die beim Erreichen des Bestellers gelöscht und durch eigene Logistikdaten (Wareneingangsdaten) ersetzt werden. Nach der Lagerentnahme und der Einsteuerung in den Produktionsprozess sind die Daten des Wareneingangs und des Lagerortes nicht mehr erforderlich. Diese werden gelöscht und durch spezifische Produktionsinformationen für die verschiedenen Produktionsbereiche ersetzt. Das erfolgt nicht per Hand wie derzeit beim „Geräte-Anhänger“, sondern mittels einer fest installierten (arbeitsplatzbezogenen) oder transportablen Lese-/Schreibeinheit für Transponder. Nach Abschluss aller Tätigkeiten kann mittels der RFID-Technologie die Erstellung des „Flugzeuginspektionsbericht“ (Bild 5.8) automatisch erfolgen. Die Daten des „Geräte-Anhänger“ werden in einer Datenbank erfasst. Das „JAA Formular Nr.1“ wird als Anlage an den Flugzeuginspektionsbericht angehängt. Wird bei der Wartung ein LRU aus dem Fluggerät ausgebaut, bekommt dieses Objekt eine kurzfristige Geräteidentifizierung (Removal Tag). Mit Hilfe des Removal Tags ist man später in der Reparatur- und Wartungsstati-

on in der Lage, Fehler zu beheben und eine entsprechende Zertifizierung durchzuführen, um das Objekt wieder zur Nutzung freizugeben. Dazu werden erneut ein „Geräte-Anhänger“ und ein „Forme One“ erstellt. Neben den geforderten Informationen besteht weiterhin die Möglichkeit, über einzelne Stationen der Logistikkette temporäre Informationen für den unternehmensinternen und unternehmensübergreifenden Datenaustausch mit Hilfe des Transponders bereitzustellen.

Airbus		Aircraft Inspection Report -S P U-			Aircraft		Chapter 3	Page: 14/76
		Equipment		ATA : 25	A318 -111 MSN:		Date: 2003	
Zone	Functional Item Number	Description	Code	Vendor	Part Number			Serial Number Remarks
831	750DM	SLIDE-ESCAPE,FWD Hst Date : Jul 2002	70167	AIR CRUISERS COMPANY	D31516-315	Mfg Date : Jul 2003		A12593
841	7501MM	Hst Date : Dec 2002				Mfg Date : Mar 2003		A12625
832	7502MM	SLIDE-ESCAPE,AFT Hst Date : Dec 2002	70167	AIR CRUISERS COMPANY	D31517-315	Mfg Date : Mar 2003		A12622
842	7503MM	Hst Date : Dec 2002				Mfg Date : Mar 2003		A12616
200	7504MM	SLIDE-OFF-WING	70167	AIR CRUISERS COMPANY	D31865-111	Mfg Date : Apr 2003		A8725
200	7505MM	SLIDE-OFF-WING Hst Date : Jul 2003	70167	AIR CRUISERS COMPANY	D31865-112	Mfg Date : Jun 2003		A8694
200	6106MM	SEAT-CABIN ATTENDANT	F0465	SICMA AERO SEAT STE I	FA0083U3Y501054			3T0991
200	6104MM	SEAT-CABIN ATTENDANT	F0465	SICMA AERO SEAT STE I	RL27FYU3Y510054			3T0992
260	110MX	ELT-EMERGENCY LOCATOR	F9111	THALES AVIONICS Bat Expiry : Sep 2008	51819502-02			B K11360011
260	141MX	CABLE-ADAPTER	F9111	THALES AVIONICS	51820514-04			B J1320075
212	4MS	SEAT-FIRST OFFICER	F4643	EADS SOGERMA	TAAI3-03CE00-01			217
211	3MS	SEAT-CAPTAIN	F4643	EADS SOGERMA	TAAI3-03PE00-01			226
200	6101MM	SEAT-CABIN ATTENDANT	F0465	SICMA AERO SEAT STE I	WA25BYU3Y501054			3T0989
200	6100MM	SEAT-CABIN ATTENDANT	F0465	SICMA AERO SEAT STE I	WA93BYU3Y501054			3T0990
200	7055MM	COFFEE MAKER	08YL2	COMPOSITE SPECIALITIE	11050-11			B 4490
200	7055MM 1							B 4517
200	7055MM 2							B 4503

Bild 5.8 Flugzeuginspektionsbericht

Genereller unternehmensübergreifender Datenaustausch nach ATA Spec. 2000

Die ATA Spec. 2000 beschäftigt sich im Kapitel 11 mit der Zuverlässigkeit der Datenerfassung und -sammlung sowie einem zuverlässigen Datenaustausch. Bild 5.9 zeigt den derzeitigen Datenfluss in der Luftfahrtindustrie. Die Datensicherheit ist geprägt durch Papierkopien bis hin zu nicht standardisierten elektronischen Datenformaten. Abbildung 5.10 zeigt einen Vorschlag der ATA für einen sicheren Datenfluss unter Verwendung von standardisierten Datenformaten. Das Ziel der ATA besteht in der Abbildung der Historie in einer gemeinsamen Datenbank mit Zugriff aller Hersteller, Kunden, Zulieferer. Die RFID-Technologie unterstützt dieses Ziel. Einheitliche Datenformate nach ATA Spec. 2000 Kapitel 9 könnten eine Basis für sichere Datenflüsse bilden.

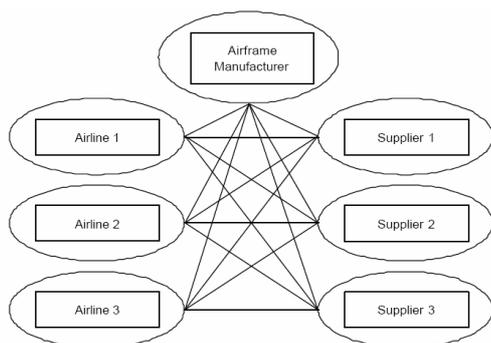


Bild 5.9 vorhandener Datenfluss

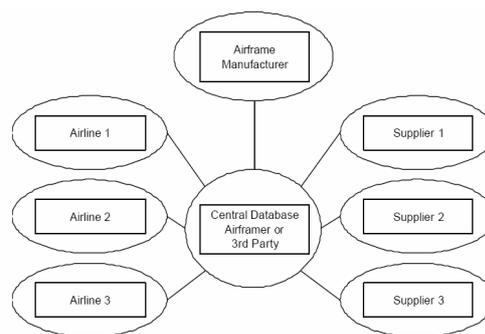


Bild 5.10 Ziel des ATA Spec.2000 System

3. Nutzen und Vorteile einer schnellen fehlerfreien Identifikation

Der Nutzen einer systemtechnischen Identifizierung, des Auslesens und des Schreibens der erforderlichen Daten trägt zur eindeutigen Identifizierung und zur Vermeidung von Eingabefehlern bei. Beispielsweise werden im Produktionsprozess Daten per Hand auf den „Geräte-Anhänger“ aufgebracht, die später nicht oder nur noch teilweise identifiziert werden können. Die meisten Fehler (Fehlerquote ca. 20%) treten am Ende des Produktionsprozesses auf, da hier alle „Geräte-Anhänger“ nochmals manuell erfasst werden.

Ein weiteres Problem ist die Archivierung der „Geräte-Anhänger“ als nachweispflichtiges Dokument, die teilweise bis zu 30 Jahre gelagert werden müssen. Das bedeutet hohen Platzbedarf zum Lagern und aufwendig langwierige Suchvorgänge beim Zugriff auf die erforderlichen Daten. Folgende Vorteile lassen sich zusammenfassend darstellen:

1. Vermeidung von Fehlern bei der Datenidentifizierung und -erfassung
2. Prozess-Sicherung und Unterstützung bei der Überwachung von dokumentationspflichtigen Geräten
3. Erstellung, Lagerung und Zugriff/Verfügbarkeit des Instandhaltungsberichts
4. Entgegenwirken der Entwicklung von Bogus Parts – Reduzierung / Vermeidung
5. Aufwandsreduzierung und Zeitersparnis für Reparaturwerkstätten bei der Identifizierung der Teile, bei der Historiebestimmung und bei der Ablage der Reparaturinformationen
6. aufwandsarme und zeitunkritische Identifizierung und Dokumentation der Modifikations-Stände eines Teils, selbst im eingebauten Zustand
7. direkte elektronische Datenübernahme ins und –übergabe aus dem ERP-System, z.B. „JAA Formular Nr.1“, vermeidet Falscheingaben, reduziert Prozesszeiten und erhöht die Prozesssicherheit
8. Reduzierung von Suchaufwendungen und –zeiten für die Kunden. Z.B. im Bereich Werkzeuge werden 5 – 10% an Datenblättern jährlich vom Kunden zusätzlich nachgefragt und angefordert. Bei insgesamt jährlichen 120.000 versendeten Liefere-

rungen müssen ca. 12.000 Unterlagen pro Jahr zusätzlich gesucht und versendet werden.

9. Vermeidung falsch zugeordneter bzw. vertauschter Unterlagen führt zur Aufwandsreduzierung beim Kunden wie auch beim Hersteller
10. elektronisch verfügbare Teilehistorie bietet die Voraussetzung einer 100%-igen Weiterverwendung von reparaturfähigen Teilen
11. ca. 40% aller Bauteile besitzen einen „Geräte-Anhänger“, der mittels der RFID-Technologie durch einen „e-Geräte-Anhänger“ ersetzt werden könnte (einfache fehlerreduzierte Handhabung, Verknüpfung heterogener Systemlandschaften)

4. Datensicherheit

Die Sicherheit der Teile und Komponenten steht an erster Stelle. Das gilt nicht nur für die Geräte und Technik, sondern auch für deren Daten und weiterführende Informationen. Um eine ausreichende Datensicherheit und damit die Verwendbarkeit eines LRU zukünftig gewährleisten zu können, sind Maßnahmen zur Datensicherheit mit in die Anwendungen einzubeziehen. Grundlegende Voraussetzung für die Verwendung von Transpondern an LRU's sind folgende Restriktionen, die eingehalten werden müssen, um die Sicherheit der Daten zu gewährleisten:

1. Unterbindung eines unberechtigten Auslesens von Transpondern, um Daten unberechtigt zu duplizieren bzw. zu verändern
2. Unterbindung des Einbringens von applikationsfremden Datenträgern in den Lesebereich eines Lesegerätes mit der Absicht, unberechtigt Zutritt oder Leistungen zu erlangen
3. Unterbindung des Abhörens der Funkverbindung sowie des Wiedervorspielens der Daten, um so einen echten Datenträger vorzutäuschen (replay and fraud)

Authentifizierungsverfahren

Bei der Auswahl geeigneter RFID Systeme in Bezug auf LRU's sollte auf die Verwendung von kryptologischen Verfahren zurückgegriffen werden. Grundsätzlich werden folgende kryptologischen Verfahren unterschieden:

1. Symmetrische Authentifizierung (ISO 9798-2)

Wesentlicher Nachteil dieses Verfahrens besteht darin, dass alle zu einer Applikation gehörenden Transponder mit einem identischen kryptologischen Schlüssel gesichert sind. Dies stellt für Anwendungen, bei denen sehr große Mengen von Transpondern im Einsatz sind, eine potenzielle Gefahr dar. Da solche Transponder für jedermann in unkontrollierbarer Anzahl zugänglich sind, muss damit gerechnet werden, dass der Schlüssel eines Transponders aufgedeckt wird.
2. Authentifizierung mit abgeleiteten Schlüsseln (Bild 5.11)

Ein wesentlicher Vorteil dieses Verfahrens besteht darin, jeden Transponder mit

einem anderen kryptographischen Schlüssel zu sichern. Hierzu wird während der Produktion des Transponders dessen Seriennummer ausgelesen. Mittels eines kryptologischen Algorithmus und eines Masterschlüssels wird daraus ein Schlüssel berechnet und damit der Transponder initialisiert. Jeder Transponder erhält dadurch einen mit der eigenen ID-Nummer und dem Masterschlüssel verknüpften Schlüssel.

Aufgrund der großen Menge an Transpondern, die für die Kennzeichnung von LRU benötigt werden sowie aufgrund höchster Sicherheitsanforderungen sollte Variante 2 zum Einsatz kommen.

Bei einer Authentifizierung mit abgeleiteten Schlüsseln wird zunächst aus der Seriennummer (ID-Nummer) des Transponders ein transpondereigener Schlüssel im Lesegerät berechnet. Dieser Schlüssel muß dann zur Authentifizierung eingesetzt werden.

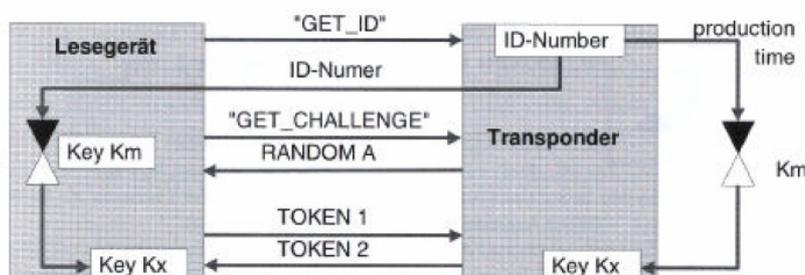


Bild 5.11 Authentifizierungsverfahren für Transponder

Datenübertragung

Bei der Datenübertragung zwischen Transponder und Lese-/ Schreibstation muss grundsätzlich berücksichtigt werden, dass:

1. über die Übertragungsstrecke keine vertraulichen Daten zur mißbräuchlichen Verwendung abgehört werden können und
2. niemand die übertragenen Daten manipulieren und zu seinen Gunsten verändern kann.

Dementsprechend ist bei der Auswahl geeigneter Systeme auf eine chiffrierte Datenkommunikation zu achten. Bei RFID-Systemen werden bislang häufig symmetrische Verfahren eingesetzt, d.h. die Schlüssel zum Chiffrieren und zum Dechiffrieren sind identisch oder stehen in einem direkten Zusammenhang. Ein Problem aller kryptographischen Verfahren ist allerdings die sichere Verteilung des geheimen Schlüssels, der den berechtigten Kommunikationsteilnehmern vor Beginn der Datenübertragung bekannt sein muss.

Zugriffsrechte

Für die Verwendung eines geeigneten RFID-Systems ist die Vergabe entsprechender Rechte zum Lesen, Hinzufügen und Ändern von Informationen notwendig. Die Rechte können folgende Merkmale besitzen:

- a) Daten lesen und schreiben,
- b) Daten ausschließlich lesen,
- c) Daten nicht lesen und nicht schreiben.

Transponder mit kryptologischer Funktion enthalten neben dem Speicherbereich für die Applikationsdaten einen zusätzlichen Speicherbereich zum Ablegen von geheimen Schlüsseln. Damit ist ein selektiver Schreibschutz für ausgewählte Bereiche festzulegen. Grundsätzlich wird in folgende Schlüsselkonzepte unterschieden:

1. hierarchischer Schlüssel
2. segmentierter Schlüssel

Für die Verwendung im Bezug auf LRU werden Transponder mit einem möglichst großen Speicherbereich verwendet. Der Speicher wird in mehrere Speichersegmente unterteilt. Jedes dieser Segmente erhält einen eigenen (segmentierten) Schlüssel. Demnach ist es unter Verwendung segmentierter Schlüssel möglich, verschiedene Anwendungsdaten vollkommen unabhängig voneinander auf dem Transponder abzulegen.

5. Sicherheitsstrategie

Für den Fall, dass die Daten eines Transponders nicht gelesen werden können, müssen alternative Möglichkeiten bestehen, die grundsätzlichen Daten (Typenschilddaten) zugänglich zu machen. Forderung ist, ein LRU immer eindeutig identifizieren zu können.

Folgende Fälle können auftreten:

- Kein Lese-Schreibgerät vorhanden,
- Kein Transponder am LRU vorhanden,
- Transponder defekt,
- Daten aus Transponder sind nicht auslesbar.

Aus Sicherheitsgründen, aus Sicht der technischen Einführungsphase bzw. generellen Realisierung der RFID-Technologie (technisch nicht fortschrittliche Länder) wird der Einsatz von Transpondern an LRU grundsätzlich in Verbindung mit Klarschriftdaten erfolgen. Dementsprechend wurde als Anbringungsort der Transponder das Typenschild vorgesehen, von welchem die wesentlichen Klarschriftdaten zu entnehmen sind. Somit kann bei Ausfall des Transponders oder des Lesegerätes trotzdem eine eindeutige Identifikation einer LRU durchgeführt werden.

6. Systemhandhabung

Hintergrund des RFID-Systems ist es, an jedem Ort und zu jeder Zeit Daten möglichst im eingebauten Zustand von Objekten (LRU) lesen zu können. Objekte sollen immer einwandfrei und eindeutig identifiziert werden können. Zusatzdaten über Zustand und

Historie sollen zusätzlich bereitgestellt werden. Demzufolge sind bei der anwendungsbezogenen Planung und Einführung von RFID-Systemen verschiedene Kriterien zu beachten:

1. Gut zugängliche Anbringung und Kennzeichnung der Transponder am Typenschild
2. Lesen und Beschreiben der Transponder im eingebauten Zustand (durch Deckenpaneele)
3. überwiegender Einsatz von mobilen Endgeräten, d.h. Gewährleistung einer „drahtlosen“ Kommunikation z.B. über GSM, WLAN, Bluetooth, etc.
4. Handhabbarkeit, Störsicherheit, Robustheit der mobilen Endgeräte und Lese-Schreibgeräte

7. Kundenservice/Reparatur

Da die RFID-Systeme weltweit eingesetzt werden, besteht ein Bedarf für einen weltweiten Service, den die Hersteller und Händler zur Verfügung stellen müssen.

Transponder

Autorisierte Hersteller und Händler müssen Transponder in ausreichender Menge und Qualität vorhalten.

Schreib- /Lesestationen

Zum Lesen und Schreiben der Daten werden stationäre und mobile Systeme eingesetzt. Bei technischen Problemen bzw. Ausfall der RFID-Technologie ist ein Servicedienst erforderlich, der sowohl lokal als auch global verfügbar sein muß. Dieser Servicedienstleister bzw. die Servicedienstleistung muß durch den Hersteller oder Lieferanten der RFID-Technologie garantiert werden. Die Lieferanten und Hersteller sollten ein entsprechendes Servicekonzept beschreiben. Vorstellbar seitens der Anwender ist ein Austausch der Lese-Schreib-Stationen innerhalb von 48h.

8. Verknüpfung (Schnittstellen) mit vorhandener IT -Landschaft

Ein automatisierter Datenaustausch mit den unterschiedlichsten IT-Systemen wie SAP, BAAN, AMOS, etc. und Datenbanksystemen ist für die RFID-Integration in die vorhandene IT-Landschaft von besonderer Bedeutung (Bild 5.12).

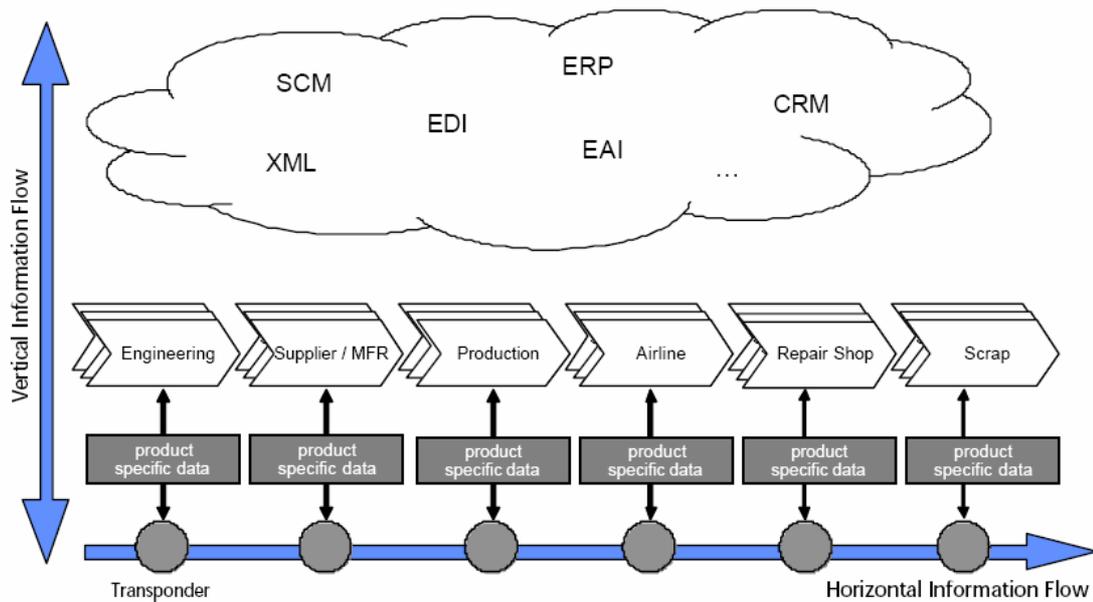


Bild 5.12 Schnittstellen zur bestehenden IT-Infrastruktur

Vor dem Hintergrund, dass ein Teilelebenszyklus über mindestens 30 Jahre datentechnisch nachgewiesen werden muß, ist das Zusammenspiel unterschiedlicher IT-Systeme der Unternehmen, ob nun PPS, ERP, SCM, CRM, EAI, ..., mit der RFID-Technologie notwendig. Nur so kann das Potenzial der RFID-Technologie umfassend ausgeschöpft werden, das besonders durch eine drastische Reduzierung von Begleitunterlagen und den damit verbundenen Dateneingaben gekennzeichnet ist. Unter Berücksichtigung einheitlicher Datenformate muß es möglich sein, die Kompatibilität der unterschiedlichen Systeme unternehmensintern und übergreifend zu realisieren. Dabei dürfen vorrangig durch die Systemhersteller nur zertifizierte und zugelassene Schnittstellen Verwendung finden. Weiterhin sollte die Integration eines Updatekonzeptes für die Datenstruktur der Transponder mit berücksichtigt werden.

5.2.2 Technische Bedingungen

1. Systemverfügbarkeit

Die RFID-Technologie dient zukünftig als Identifikationsmittel für Bauteile und Gerätegruppen in einem Flugzeug. Da die Teile immer identifiziert werden müssen, muss die Systemverfügbarkeit (Transponderhaltbarkeit) hinsichtlich der Gerätetransponder 100% betragen, bei einer Lebensdauer von wenigstens 30 Jahren. Da ein Flugzeug nach ca. 7 Jahren einer Generaluntersuchung unterzogen wird, erfolgt spätestens zu diesem Zeitpunkt ein Datenrefresh der Transponder an den eingebauten Geräten. Der Hersteller der Transponder muss aber mindestens eine 100%ige Datenverfügbarkeit für den Zeitraum von 10 Jahren garantieren.

2. TAG-Anbringung

Der Nachteil des derzeitig eingesetzten Barcodes ist, dass er zur Identifikation für das Lesegerät direkt sichtbar sein muss. Für die RFID-Technologie gilt das nicht. Trotzdem müssen verschiedene Kriterien beim Einbau von Transpondern berücksichtigt werden.

Anbauort

Die Transponder sollen zukünftig generell in das Typenschild eines LRU integriert oder das Typenschild durch einen bedruckbaren Transponder ersetzt werden. Grund dafür ist, dass die Typenschilder zumeist gut zugänglich und lesbar am Objekt befestigt sind. Weiterhin wird der Aufwand zur Zulassung einer Komponente stark reduziert, da es mit der Implementierung der Transponder ins Typenschild keine Veränderungen an Sitz, Form oder Funktion gibt. Anderenfalls müßte eine sehr große Anzahl an Teilen und Komponenten aufwendig nachqualifiziert werden. Konstruktionszeichnungen müßten geändert werden. Der Aufwand dafür wäre sehr hoch und würde einen wirtschaftlichen Einsatz von Transpondern infrage stellen. Dementsprechend ist der Ort der Befestigung bereits durch den Sitz des Typenschildes vorgegeben. Sofern eine Integration in ein Typenschild nicht möglich ist, muß im Ausnahmefall ein adäquater Einbauort zusammen mit den Bereichen Entwicklung und Konstruktion gefunden werden.

Befestigung

Für die drei Varianten des Transpondereinsatzes am LRU werden folgende Befestigungsvarianten als sinnvoll und praktikabel angesehen.

1. Integration des Transponders in das Typenschild

Transponder werden in Typenschilder hauptsächlich durch Kleben eingebracht. Dazu werden in der Luftfahrtindustrie zugelassene Klebstoffe verwendet, die ein ungewolltes Ablösen des Transponders verhindern.

2. Ersetzen des Typenschildes durch einen bedruckbaren Transponder.

Bedruckbare Transponder müssen mit den gleichen Daten bedruckbar sein wie

das klassische Typenschild. Voraussetzung ist, dass die aufgedruckten Informationen eine gleiche Haltbarkeit haben wie ein „Original-Typenschild“. Die Befestigung erfolgt durch die in der Luftfahrtindustrie verwendeten Klebe- und Nietverfahren. Beim Nieten ist darauf zu achten, dass der Transponder nicht beschädigt wird. Für das Kleben werden ausschließlich zugelassene Klebmedien verwendet.

3. Anbringung außerhalb des Typenschildes

Die Anbringung des Transponders außerhalb des Typenschildes sollte nur zur Anwendung kommen, wenn die Integration in ein Typenschild nicht möglich ist. Die Befestigung erfolgt ausschließlich an einem durch den Bereich Entwicklung/Konstruktion spezifizierten Ort. Der Transponder sollte farblich gekennzeichnet werden, damit er leicht auffindbar ist. Die Befestigung erfolgt mittels zugelassener Klebstoffe.

Befestigungsumgebung

LRU's bestehen hauptsächlich aus metallischen Werkstoffen und/ oder Kunststoffen, auf welche die Transponder unlösbar auf- oder eingebracht werden müssen. Kunststoffe stellen für den Einsatz von Transpondern kein größeres Problem dar. Metallische Werkstoffe haben hingegen einen sehr starken Einfluß auf die Lese- und Schreibbarkeit der Daten. Dementsprechend ist bei der Auswahl geeigneter Transponder besonders auf deren Funktion in einer Metallumgebung zu achten.

Positionierung zur Lesestation

Grundsätzlich besteht die Forderung, Daten einer LRU im eingebauten Zustand mindestens lesen zu können. Demnach ist bei der Positionierung der Lese-/Schreibeinheit zum Transponder ein möglichst großer Winkel (mindestens $> 45^\circ$) zu erlauben, da eine parallele Ausrichtung nicht immer realisiert werden kann. Weiterhin sind Einbauspezifikationen der LRU's bei der Auswahl entsprechender Anbringungsorte von Transpondern am LRU zusätzlich zu berücksichtigen.

Typenschild-Abmessungen

Da die Gerätetransponder generell als Typenschilder ausgebildet werden sollen, richten sich die Abmessungen der Transponder nach den verschiedenen Typenschildgrößen aus.

Bei zu geringen Abmessungen, wie Typenschildgröße 4 Handsets, sind separate Produktbetrachtungen erforderlich. Beispielsweise kann für das Handset ein Transponder in das Gerätegehäuse eingebracht werden. Dementsprechend kann auch der Transponder um ein Vielfaches größer als das diesbezügliche Typenschild sein.

Tabelle 5.1 Typenschildabmessungen am Beispiel von CIDS-Komponenten

Nummer	Bezeichnung	Abmaße in inch	Abmaße in mm
1	PESC (ADB, SEP, FDB)	1.00 x 2.00	25,40 x 50,80
2	PCU	0.50 x 1.50	12,70 x 38,10
3	Cradle	0.50 x 1.50	12,70 x 38,10
4	Handset	0.25 x 0.50	6,35 x 12,70
5	Director	2.00 x 1.50	50,80 x 38,10
6	DEU (AIP, APP)	1.20 x 2.75	31,20 x 69,85
7	Handset	1.25 x 0.50	31,75 x 12,70

TAG-Demontage

Zum Schutz vor „Bogus Parts“ muß während des Lebenslaufes einer LRU gewährleistet sein, dass ein Transponder nicht entfernt oder unberechtigt kopiert werden kann. Es ist sicherzustellen, dass der Transponder bei Entfernung zerstört oder unbrauchbar gemacht wird und damit nicht wieder verwendbar an einem anderen Objekt genutzt werden kann.

3. Frequenzen

RFID-Systeme erzeugen elektromagnetische Wellen. Durch den Betrieb dürfen andere Funkdienste und Systeme auf keinen Fall in ihrer Funktion beeinträchtigt oder gestört werden. Dementsprechend wird die Auswahl einer geeigneten Arbeitsfrequenz für RFID-Systeme generell und im speziellen im Hinblick auf die Verwendung in der Luftfahrtindustrie in starkem Maße eingeschränkt.

Generell Nutzbare Frequenzen

Die wichtigsten Frequenzbereiche für RFID-Systeme sind:

Tabelle 5.2 Frequenzbereiche für RFID-Systeme

0-135	6,78	13,56	27,125	40,68	433,92	869,0	915,0	2,45	5,8	24,125
kHz	MHz	MHz	MHz	MHz	MHz	MHz	MHz	GHz	GHz	GHz

Die unterschiedlichen Frequenzen sind teilweise regional begrenzt einsetzbar. Beispielsweise sind die Frequenzen 6,78 MHz nicht in Deutschland und die Frequenz 915,0 MHz nicht in Europa zugelassen.

Auswahl der geeigneten Frequenz

Für den Einsatz von Transpondern in der Luftfahrtindustrie ist Voraussetzung, dass eine Arbeitsfrequenz ausgewählt wird, die möglichst weltweit zugelassen und nutzbar ist. Nur dann ist es möglich, die auf dem Transponder vorhandenen Daten einem möglichst großen Nutzerkreis weltweit zur Verfügung zu stellen. Nach Prüfung der derzeit weltweit zugelassenen Frequenzen für passive

Transponder eignet sich ausschließlich die Frequenz von 13,56 MHz. Nur diese ist momentan weltweit verfügbar und deshalb zu verwenden.

4. Energieversorgung

Grundsätzlich wird in aktive und in passive Transponder unterschieden. Aktive Transponder enthalten eine Batterie. Die Batterie wird im Regelfall zum Betrieb des Microchips oder als Stützbatterie verwendet. Passive Transponder beinhalten keine Energieversorgung. Die gesamte Energie zum Betrieb des passiven Transponders muß deshalb aus dem elektrisch/magnetischen Feld des Lesegerätes entnommen werden. Für die Verwendung an LRU's und deren Montage im Flugzeug wird gefordert, dass kein System im Flugzeug verbaut wird, welches Einfluß auf andere Systeme und Komponenten haben könnte. Dementsprechend ist ausschließlich die Nutzung von passiven Transpondern (Reader talks first Prinzip) möglich.

5. Lese-/ Schreibabstand

Als Maximum für eine Lese-/Schreibentfernung bei 13,56 MHz werden momentan von den Herstellern 1,2 m angegeben. Es ist anzumerken, dass diese Werte theoretische Werte sind, die sich auf Smart Labels beziehen. Die angegebenen Werte werden in industrieller Umgebung allerdings nur selten erreicht. Der zu realisierende Lese-/Schreibabstand sollte in einer Metallumgebung im Bereich von 0 bis 0,5 m liegen, größere Lese-/ Schreibabstände wären wünschenswert. Zusätzlich ist es erforderlich, durch Verkleidungen, beispielsweise aus Kunststoff (eingebauter Zustand Deckenpannel) oder Holz (transportfähiger Zustand), die Transponder zu lesen (gesamte Logistikkette beachten). Bei auf Metall aufgebrachten Transpondern ließen sich die Leseigenschaften mittels einer Ferritschicht verbessern. Generell ist aber in diesem Bereich der Forschungs- und Entwicklungsbedarf noch hoch. Weiterhin sind durch die Systemlieferanten entsprechende Antikollisionsverfahren bereitzustellen, die es ermöglichen, bei größerer Lese-/ Schreibentfernung mehrere Transponder gleichzeitig zu erfassen.

6. Umgebungseinflüsse

Die grundlegenden Anforderungen aufgrund von Umgebungseinflüssen wie Temperatur- und Druckunterschiede, chemische Medien usw. sind in der **RTCA DO 160** sowie der **ABD0100** für die Luftfahrtindustrie beschrieben. Anhand dieser Richtlinien wird jedes neue Bauteil an einem Fluggerät auf Tauglichkeit untersucht. Dementsprechend gelten die Forderungen auch für die Zulassung der einzusetzenden RFID-Technologien. Je nach Montageort der Datenträger:

- im Fluggerät (z. B. in der Kabine)
- außen am Fluggerät (z.B. am Fahrwerk)

müssen die eingesetzten Datenträger unterschiedliche Kriterien erfüllen. Die entsprechenden Tests sollten von Airbus zugelassenen Testlabors durchgeführt werden. Im

folgenden werden die einzelnen Kriterien kurz erläutert. Generell sollten die entsprechenden Zulassungstests durch ein akkreditiertes Testlabor durchgeführt werden.

Temperatur und Flughöhe

Anforderungen gemäß **RTCA DO 160-4**

Grundsätzlich wird in Lager- und Betriebstemperatur unterschieden. Für den Transpondereinsatz werden Lagertemperaturen von -65°C bis $+125^{\circ}\text{C}$ gefordert. Das heißt, die Datenträger werden während dieser Zeit nicht gelesen oder beschrieben. Die Betriebstemperatur der Datenträger (Flugzeug am Boden) sollte im Bereich von -35°C bis $+85^{\circ}\text{C}$ liegen (siehe auch Tabelle 5.3). Während dieser Zeit ist der Datenträger les- und beschreibbar. Die Anforderungen an die Betriebstemperatur gelten in gleicher Weise für mobile und stationäre Lese-/ Schreibsysteme.

Temperaturveränderung

Anforderungen gemäß **RTCA DO 160-5**

Die Temperaturveränderungstests stellen die Eigenschaften und Funktionstüchtigkeit von Bauteilen der Luftfahrtindustrie während des Gebrauchs fest, da die Bauteilbelastung durch die extrem hohen und niedrigen Betriebstemperaturen recht hoch ist. Die anwendbaren Kategorien während des Flugbetriebes sind in Tabelle 5.3 spezifiziert. Dieses ist ein dynamischer Test und es wird gefordert, dass der Transponder diesem Temperaturtest unterworfen wird.

Tabelle 5.3 Umwelteinflüsse

Environmental Tests	Category Paragraph 4.3																			
	A				B				C				D				E		F	
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	1	2	1	2	3
Operating Low Temp.																				
Degrees C Paragraph 4.5.1	-15	-15	-15	-15	-20	-45	-45	Note (4)	-20	-55	-55	Note (4)	-20	-55	-55	-55	-55	-20	-55	-55
Operating High Temp.																				
Degrees C Paragraph 4.5.3	+55	+70	+70	Note (3)	+55	+70	Note (3)	Note (4)	+55	+70	Note (3)	Note (4)	+55	+70	Note (3)	Note (3)	Note (3)	+55	+70	Note (3)
Short-Time Operating High Temp.																				
Degrees C Par. 4.5.2	+70	+70	+85	Note (3)	+70	+70	Note (3)	Note (4)	+70	+70	Note (3)	Note (4)	+70	+70	Note (3)	Note (3)	Note (3)	+70	+70	Note (3)
Loss of Cooling Test																				
Degrees C Paragraph 4.5.4	+30	+40	+45	Note (3)	+30	+40	Note (3)	Note (4)	+30	+40	Note (3)	Note (4)	+30	+40	Note (3)	Note (3)	Note (3)	+30	+40	Note (3)
Ground Survival Low Temperature																				
Degrees C Par. 4.5.1	-55	-55	-55	Note (3)	-55	-55	Note (3)	-55	-55	-55	Note (3)	-55	-55	-55	-55	-55	-55	-55	-55	-55
Ground Survival High Temperature																				
Degrees C Par. 4.5.2	+85	+85	+85	Note (3)	+85	+85	Note (3)	+85	+85	+85	Note (3)	+85	+85	+85	+85	Note (3)	+85	+85	+85	Note (3)
Altitude																				
Thousands of Feet	15	15	15	15	25	25	25	25	35	35	35	35	50	50	50	70	70	55	55	55
Thousands of Meters Paragraph 4.6.1	4.6	4.6	4.6	4.6	7.6	7.6	7.6	7.6	10.7	10.7	10.7	10.7	15.2	15.2	15.2	21.3	21.3	16.8	16.8	16.8
Decompression Test	Note (1) (4)	Note (1) (4)	Note (1) (4)	Note (1) (4)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Paragraph 4.6.2																				
Overpressure Test	Note (1) (4)	Note (1) (4)	Note (1) (4)	Note (1) (4)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Paragraph 4.6.3																				

Notes:

- (1) The lowest pressure applicable for the decompression test is the maximum operating altitude for the aircraft in which the equipment will be installed.
- (2) The absolute pressure is 170 kPa (-15,000 ft or -4,600 m).
- (3) To be declared by the equipment manufacturer relative to temperature extremes.
- (4) To be declared by the equipment manufacturer and defined in the manufacturer's installation instructions when specific critical criteria exist.

Vibration

Anforderungen gemäß **RTCA DO 160-8**

Mit diesen Tests wird geprüft, inwiefern technische Systeme Leistungsgrößen in Bezug auf Erschütterungen unterworfen sind und diesen standhalten.

Schock- und Crashesicherheit im Betrieb

Anforderungen gemäß **RTCA DO 160-7**

Um eine entsprechende Datensicherheit auf den Transpondern zu gewährleisten, sind Schocktests als Zulassung durchzuführen und nach den Anforderungen der RTCA DO 160D/7.2.1 zu bestehen. Dabei sollten die Datenträger 16g standhalten. Danach müssen die Datenträger im vollen Funktionsumfang lesbar und beschreibbar sein.

Luftfeuchtigkeit

Anforderungen gemäß **RTCA DO 160-6**

Fluggeräte werden weltweit eingesetzt, somit auch in Regionen mit extremeren klimatischen Bedingungen als sie in Europa vorherrschen. Dementsprechend sind die Datenträger im Hinblick auf die Luftfeuchtigkeit zu prüfen und zu schützen. Sie müssen einer maximalen Luftfeuchtigkeit von 95% standhalten. Die Datenträger dürfen auch über einen längeren Zeitraum bei solchen Bedingungen keinen Schaden nehmen. Eine 100% Verfügbarkeit wird gefordert.

Explosionssicherheit

Anforderungen gemäß **RTCA DO 160-9**

Dieser Test spezifiziert die Anforderungen und Verfahren für Flugzeugausrüstung, die in Kontakt mit feuergefährlichen Flüssigkeiten und Dämpfen kommen können. Während des Flugbetriebs bezieht sich der Test auch auf Normal- und Störungszustände in den Bereichen, die in Kontakt mit feuergefährlichen Flüssigkeiten und Dämpfen kommen oder kommen könnten. Der Explosionssicherheitstest sollte normalerweise nach allen anderen Klimatests stattfinden.

Wasserfestigkeit

Anforderungen gemäß **RTCA DO 160-10**

Diese Tests stellen fest, ob der Transponder aufgesprühtem oder tropfendem Wasser widerstehen kann.

Anfälligkeit gegenüber Flüssigkeiten

Anforderungen gemäß **RTCA DO 160-11, EN 3909**

Die Transponder sind am und im Fluggerät unterschiedlichen Flüssigkeiten (Tabelle 5.4) ausgesetzt. Dementsprechend ist die Resistenz der Datenträger bezüglich der

aufgeführten Flüssigkeiten zu testen. Ein Lesen und Beschreiben sowie eine Resistenz der Datenträger ist sicherzustellen und nachzuweisen.

Tabelle 5.4 Grundsätzliche Anforderungen an die Resistenz gegen Flüssigkeiten

Nr.	Test Liquid	According to
1	Gasoline	ISO 1817 Liquid B (AD3)
2	Keronen	ISO 1817 Liquid F (AD3)
3	Hydraulic fluid phosphate base	ISO 1817 Liquid 103 (AD3)
4	Hydraulic fluid minerale base	Stanag 3748
5	Solvent	2-Propanol
6	Solvent	Propanol 25% / White Spirilt 75%
7	Solvent	Methyl Ethyl Ketone
8	De-Icer	Potassium Acetate / Water
9	De-Icer	Ethylenglcol 80% / Water 20%
10	Additional Fluid	Cola
11	Additional Fluid	Coffee
12	Additional Fluid	Orange Juice

Sand und Schmutz

Anforderungen gemäß **RTCA DO 160-12**

Dieser Test stellt den Widerstand des Transponders in Bezug auf Sand und Schmutz während des Fluges mit mäßigen Geschwindigkeiten fest.

Fäulnisbeständigkeit

Anforderungen gemäß **RTCA DO 160-13**

Diese Tests stellen fest, ob die Transponder nachteilig durch Pilze beeinflusst werden. Das findet unter Umständen unter folgenden Bedingungen statt: Feuchtigkeit, warme Atmosphäre und Vorhandensein anorganischer Salze.

Salzsprühtest

Anforderungen gemäß **RTCA DO 160-14**

Dieser Test untersucht die Auswirkungen durch eine salzige aggressive Atmosphäre bzw. Salzspray auf den Transponder (optisches Erscheinungsbild, Defekte an der Außenhülle, Funktionstest).

Magnetische Effekte

Anforderungen gemäß **RTCA DO 160-15**

Dieser Test bestimmt die magnetische Wirkung und Einflussnahme der Geräte auf andere Geräte, um somit den Einbauort im Flugzeug zu bestimmen. Der Test dient der Unterstützung der Systemverantwortlichen bei der Auswahl geeigneter Einbauplätze.

Für weitere Informationen soll hier auf den Abschnitt 5.3 verwiesen werden.

Eingangsleistung

Anforderungen gemäß **RTCA DO 160-16**

Dieser Abschnitt definiert Testbedingungen und Verfahren für elektrische Spannungen 115 VAC, 28 VDC und 14 VDC, die auf den Anschluß der Ausrüstung treffen können. Testbedingungen und Verfahren für die Ausrüstung, die andere Energiequellen verwendet, müssen in anwendbaren Leistungsstandards definiert werden.

Elektrische Spannungsspitzen

Anforderungen gemäß **RTCA DO 160-17**

Dieser Test stellt fest, ob der Transponder Spannungsspitzen widerstehen kann, die auf den Energieleitungen des Transponders ankommen.

Beständigkeit gegenüber von Tonfrequenzen

Anforderungen gemäß **RTCA DO 160-18**

Dieser Test stellt fest, ob die Ausrüstung Frequenzbestandteile einer erwarteten Größe annimmt, nachdem die Ausrüstung im Flugzeug eingebracht wurde. Diese Frequenzbestandteile hängen mit der Grundfrequenz der Energiequelle zusammen.

Induzierte Spannungsaufnahme

Anforderungen gemäß **RTCA DO 160-19**

Dieser Test stellt fest, ob der Schaltungsaufbau der Ausrüstung ein bestimmtes Niveau von induzierten Spannungen aufnimmt, die durch das Arbeitsumfeld verursacht werden. Dieses bezieht sich auf störende Signale, die durch andere Bordausrüstungen oder Systeme erzeugt werden und mit denen empfindliche Stromkreise innerhalb des EUT verbunden sind.

Anfälligkeit gegenüber Radiofrequenzen

Anforderungen gemäß **RTCA DO 160-20**

Diese Tests stellen fest, ob die Ausrüstung innerhalb der Leistungsspezifikationen funktioniert, wenn die Ausrüstung und die Stromkreise einem Niveau RF-modulierter Energie ausgesetzt werden. Das Resultat dieser Tests soll Kategorien erzeugen, mit denen man geleitete und ausgestrahlte RF-Testniveaus definieren kann.

Emission von Radiofrequenzen

Anforderungen gemäß **RTCA DO 160-21**

Diese Tests stellen fest, dass der Transponder nicht mehr RF-Geräusche ausstrahlt, als diese im weiteren der RTCA DO 160 spezifiziert werden. Die Einschnitte, die

in den ausgestrahlten Emissionsbegrenzungen spezifiziert werden, sollen die Flugzeuge und den RF-Sensor-Betrieb schützen.

Blitzeinschlag

Anforderungen gemäß **RTCA DO 160-22**

Diese Prüfmethoden und –verfahren wenden idealisierte Wellenformen an, um die Fähigkeit der Ausrüstung zu überprüfen, den vom Blitz verursachten elektrischen Ausgleichströmen zu widerstehen. Diese Tests können möglicherweise nicht alle Aspekte der vom Blitz verursachten Wechselwirkung und der Ergebnisse auf die Ausrüstung weitergeben, besonders, wenn sie in einem System eingebunden sind oder werden. Zusätzliche Tests werden gefordert, um eine Zertifizierung zu erlangen.

Direkte Blitzeinwirkung

Anforderungen gemäß **RTCA DO 160-23**

Die Tests sollen die Fähigkeit der außen angebrachten elektrischen und elektronischen Ausrüstung feststellen, ob sie den direkten Auswirkungen eines starken Blitzschlages widerstehen können. Die Tests beschreiben nicht die Auswirkungen von Spannungen und Strömen, die in außen angebrachten Ausrüstungen und den dazugehörigen Schaltkreisen durch die Kopplung des magnetischen oder elektrischen Feldes verursacht werden.

Vereisung

Anforderungen gemäß **RTCA DO 160-24**

Diese Tests stellen Leistungsmerkmale für die Ausrüstung dar, wenn sie Vereisungsbedingungen ausgesetzt wird, z.B. durch schnelle Veränderungen der Höhe (Temperatur, Feuchtigkeit).

Elektrostatische Entladung

Anforderungen gemäß **RTCA DO 160-25** und

Airbus Technische Niederschrift **TN-ECYA 1/219/03**

Der elektrostatische Entladungstest überprüft die Immunität oder die Fähigkeit der Ausrüstung einer kontinuierlichen Arbeit ohne dauerhafte Leistungsminderung bei Einwirkung durch die Luft entladener elektrostatischer Impulse.

Die Anforderungen bezüglich Feuer und Rauch sind gemäß ABD0031 zu berücksichtigen..

7. Speicherkapazität

Die Speicherkapazität sollte mindestens so groß sein wie die derzeit am Markt maximal verfügbare (derzeitig 2-4 KByte). Der Datenspeicher muß strukturierbar sein.

Für die Verwendung in der Luftfahrtindustrie ist es notwendig, dass folgende Datentypen auf dem Transponder abgelegt werden können:

- One Time Programmable Data (OTP)
- Read Only Data
- Read/Write Data mit Password geschützt

Von zukünftigen Entwicklungen ist zu erwarten, dass sich die Speicherkapazität verdoppelt oder vervierfacht. Demnach würden dann Transponder mit einem Speicher von 8-16 KByte genutzt werden können.

8. Mobile Handheldcomputer

Abmessungen und Gewichte

Die Richtlinien des Arbeitsschutzes müssen bei den Handheldcomputern berücksichtigt werden. Damit eine optimale Handhabung des Gerätes gewährleistet werden kann, darf das Gewicht des Handhelds nicht über 500g liegen und sein Volumen sollte 500 cm³ nicht übersteigen. Die Einbauhöhe der Teile (Überkopfarbeiten) muß ebenso beachtet werden.

Die Laufzeit / Standzeit eines Handhelds muß einer normalen Arbeitsschicht entsprechen (Definition der Lese- Schreibzyklen notwendig). Mobile Geräte benötigen standardisierte Schnittstellen (WLAN, RS232, USB etc), um einen schnellen und unkomplizierten Datenaustausch zu ermöglichen. Der Handheldcomputer sollte industrietauglich sein, das heißt schmutz- und wasserresistent.

Anforderungen an mobile Geräte

Transponder müssen auch an nicht zugänglichen Stellen (im eingebauten Zustand) ausgelesen werden. Je nachdem, wo Transponder gelesen oder beschrieben werden, sind stationäre und mobile Lese-/Schreibgeräte erforderlich. Speziell bei den mobilen Geräten spielen das Gewicht und die Größe eine wichtige Rolle. Unterschiedliche Möglichkeiten bei der Handhabung der Geräte (Einhand-/ Zweihandbedienung) und der allgemeinen Gestaltung (Standardhandgerät, komplettes System in Jacke integriert) sind vorstellbar und konzeptionell durch den RFID-Technologie-Anbieter zu erarbeiten. Eine weitere Anforderung stellt die Integration des RFID-Lese-/Schreibkopfes (Sende-/Empfangsantenne) in das Endgerät dar (vollständige Einhandbedienung). Auch die Lese-/Schreib- Kombination von RFID, Barcode und Zwei-Dimensional-Matrixcode in einem Gerät ist eine Anforderung an die Systemhersteller.

Bei induktiven Funkanlagen der Class 1 (integrierte Antenne) und Class 2 wird das H-Feld der Funkanlage in der Richtung gemessen, in der die Feldstärke ihr Maximum erreicht. Die Messung soll im Freifeld durchgeführt werden, wobei der Abstand der Meßantenne zum Meßobjekt 10m beträgt. Während der Feldstärkemessung wird der Sender nicht moduliert.

Laut ETSI EN 300330 liegt der maximal zulässige Wert der magnetischen Feldstärke in einem Meßabstand von 10m für den Frequenzbereich von 13.553 MHz bis 13,567 MHz bei 42 dB μ A/m. Nebenaussendungen können dabei vernachlässigt werden.

Da es jedoch im Flugzeugbau das erste Mal ist, wo passive induktive Geräte eine generelle Zulassung erhalten sollen, gibt es weder Grenz- noch Referenzwerte. Damit eine Gefährdung ausgeschlossen werden kann, müßte durch Tests nachgewiesen werden, dass bei allen im Flugzeug eingebauten Geräten keine negativen Auswirkungen entstehen. Dieses ist zeitlich und wirtschaftlich jedoch nicht möglich. Daher wurde für den Nachweis zuerst ein theoretisches Modell entwickelt, an dem die Grenzwerte bestimmt werden konnten.

Theoretisches Modell

Das theoretische Modell soll hier nur grob vorgestellt werden, da es genauer in dem Airbus internen Untersuchungsbericht **TN-ECYA 1/219/03** behandelt wird. Das Modell besteht aus einer kurzen Leiterschleife, durch die ein magnetisches Feld aufgebaut wird und einer weiteren Schaltung zur Messung des Störstroms. Die Feldstärke H wird dabei in dem definierten Abstand mit verschiedenen Antennenformen gemessen und mit dem niedrigsten Wert der Störstromempfindlichkeit aller A/C Geräte verglichen. Dieser Wert ist in der DO-160 Section 20 Cat T mit 7,5 mA dokumentiert. Aufgrund der Antennenformen werden auch die Lesegeräte in unterschiedliche Gruppen eingeteilt: Long-Range Reader, Mid-Range Reader, Short-Range Reader.

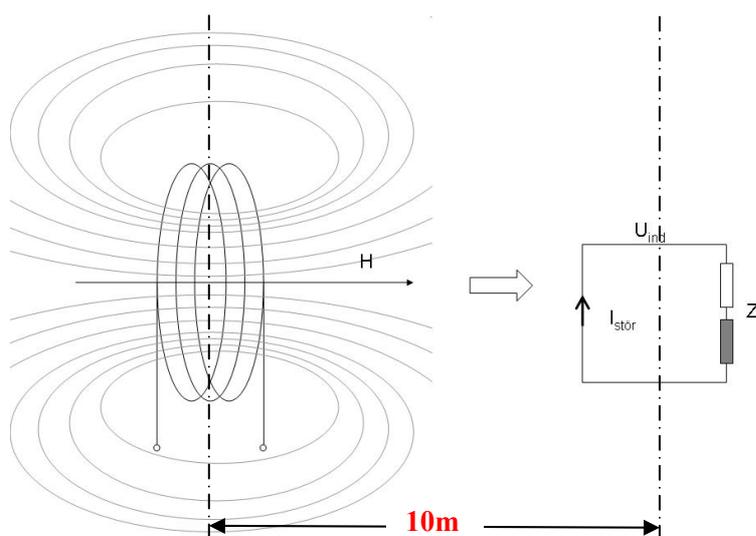


Bild 5.14 Prinzipskizze zur Messung des Störstroms

Bei der Simulation wurde festgestellt, dass die Werte bei Long Range Readern die Vorgaben um das Achtfache überschreiten. Daher kann diese Gruppe der Lesegeräte für den Einsatz ausgeschlossen werden. Die Gruppe Mid-Range Reader geht zwar nahe an den erlaubten Grenzwert heran, erreicht ihn aber nicht. Die Gruppe der Short Range Reader liegt deutlich unter den geforderten Grenzwerten. Damit eine maximal zulässige Lese- und Schreibentfernung beim späteren Einsatz genutzt werden kann, erfolgt die weitere Entwicklung mit Mid Range Readern.

Die ermittelten theoretischen Ergebnisse werden durch Labortests an besonders empfindlichen Geräten überprüft. Dabei werden alle Ein- und Ausgabeparameter auf Signalebene ständig überwacht und Abweichungen auf einem Fehlermonitor dokumentiert.

Den Testaufbau kann man sich wie folgt vorstellen:

Das hier betrachtete Flugzeugsystem CIDS ist in einem Raum aufgebaut worden und arbeitet fehlerfrei. Nun werden mit einer definierten Strahlungsquelle alle Geräte beschossen, dabei werden alle Parameter mit Normwerten verglichen.

Nach erfolgreichen Labortests ist abschließend ein Test im installierten Zustand im Flugzeug notwendig, um eventuelle Abweichungen, hervorgerufen durch das Umfeld, zu erkennen. Der Ablauf unterscheidet sich nicht wesentlich von den Labortests.

5.4 Generelle Vorgehensweise

In diesem Abschnitt wird der Ablauf einer typischen System- oder Gerätezulassung vorgestellt. Dabei wird ein Überblick, von der Idee bis zum Abschluß, gegeben sowie alle dafür notwendigen Arbeiten werden näher erklärt.

Generell

Alle Änderungen, abweichend von der Standard-Spezifikation des jeweiligen Flugzeugtyps, müssen durch Modifikationen, kurz MOD, beschrieben werden. Was eine Modifikation und wie der Ablauf einer solchen ist, wird im Airbus-Dokument ACMR – Airbus Configuration Management Rules beschrieben.

Jedes Zubehör oder Flugzeugsystem, welches von dem Standard abweicht, muß spätestens bei Auslieferung des Flugzeuges zugelassen sein. Dabei muß sichergestellt werden, dass die Lufttüchtigkeit von Gerät und Flugzeug mit jedem Prozessschritt überprüft und gewährleistet wird. Der anzuwendende Ablauf ist von allen Zulassungsbehörden weltweit geprüft und anerkannt worden. Das folgende Bild soll einen Überblick über den Ablauf geben:

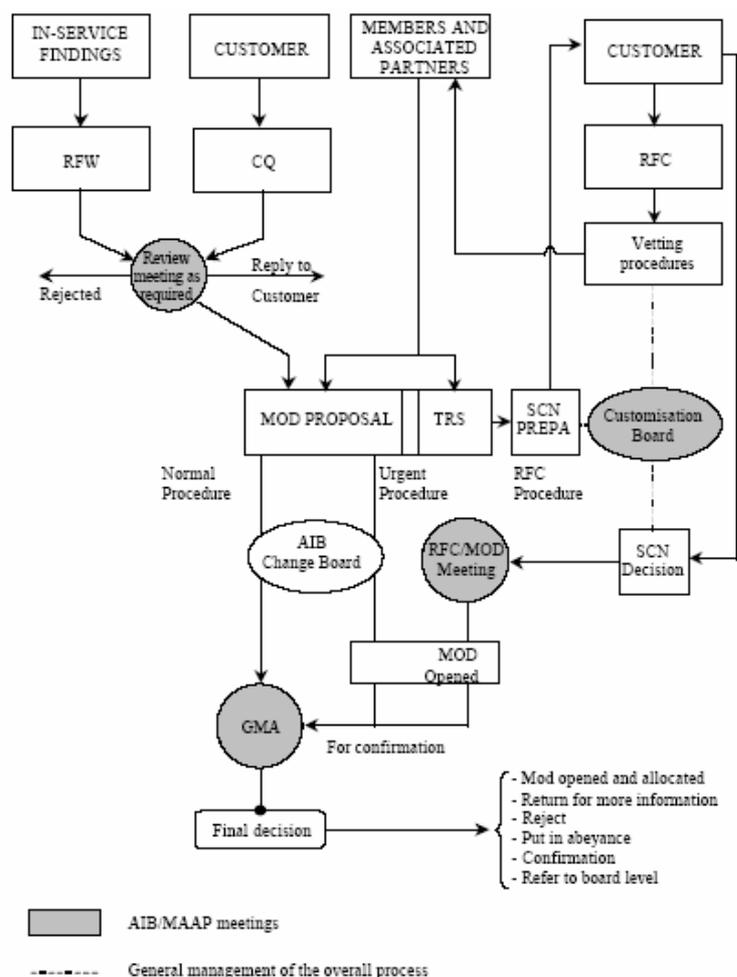


Bild 5.15 Ablaufdiagramm Flugzeug Modifikation (AMCR 2001)

Der Ablauf gliedert sich daher in verschiedene Blöcke und Stadien. Die Eröffnung einer Modification kann durch verschiedene Institutionen erfolgen. So kann über Customer Support ein Request for Work gestellt, vom Kunden direkt eine Qualitätsverbesserung oder durch einen Airbus Partner ein Vorschlag erarbeitet werden, der dann in einem MOD-Proposal weiter detailliert und geprüft wird. Die Leitung über die eingereichte Modification hat der Change-Koordinator / MOD-Leader. Folgend ist der Ablauf in einzelne Blöcke unterteilt und die notwendigen Arbeitsschritte werden jeweils kurz erläutert. In diesem Ablauf wird davon ausgegangen, dass ein Vorschlag von einem der Airbus Partner kommt:

Erstellung eines MOD-Proposals

- Gegenstand der Zulassung
- Hintergrund
- Klare Beschreibung der Zulassung
- Ziel der Zulassung (Produktion oder Service Bulletin)
- Means of Compliance
 - Sicherheitsanalyse
 - A/C Ground test
 - A/C Flight test

Dieses MOD wird dem Airbus Change Board vorgelegt, welches darüber entscheidet, ob dieser Vorschlag sinnvoll, technisch möglich, wirtschaftlich und - wenn alle vorher genannten Prüfungen positiv beantwortet wurden - ob dieses MOD-Proposal weiter verfolgt werden sollte. Wenn ja, wird weiter festgelegt, für welche Programme es zur Verfügung stehen soll. Einem der Programme wird die weitere Verfolgung der Modification zugesprochen. Damit ist auch die Verantwortung von der Entwicklungs- an die Programmseite abgegeben. Im weiteren Zuge werden nun nach und nach die Bauunterlagen für eine Einrüstung ins Flugzeug erstellt. Dabei werden die folgenden Dokumente erstellt:

Entscheidungsbaum

- Nachverfolgung „Ja / Nein“
 - In Trackingliste aufnehmen
 - Tracking überwacht durch A/C Programmseite
- Entwicklung fortsetzen
 - „Nein“ => Schublade
 - „Ja“ => MOD-Unterlagen wird übergeben
 - Bauunterlagen
 - Konstruktiv
 - Elektr. Schaltungen / Kabel
 - TRS – Technical Repercussion Sheet
 - Means of Compliance
 - Proposed Means of Compliance

- TD – Technical Dossier
 - Bauunterlagen
 - Static Reports
 - EMI-Testplan
- MAS – Modification Approval Sheet
 - Einrüstung ins Flugzeug durch SB

Folgend sind die Definitionen nach **ACMR 2001** aufgeführt:

TECHNICAL REPERCUSSIONS SHEET (TRS)

The method of presenting technical information on the content of each individual MP shall be by means of a TRS issued by the Modification Proposal initiator and any involved Members. Each MAAP prepares sheets for the modification or part of a modification for which he is responsible. The TRS, when required, shall be made available with the MP in order to ensure full availability of information enabling a decision to be made by the GMA. If the TRS of the Modification Proposal initiator reflects all the work necessary to be done, there is no need for any further TRS from involved MAAP. When no reaction from the involved MAAP, the initiator TRS shall be considered as definitive for modification opening. When a full set of involved MAAP TRS is not available before an MP decision is required to be made, the Modification Proposal initiator shall ensure co-ordination by providing a sufficiently definitive TRS.

TECHNICAL DOSSIER (TD)

The TD is a document describing all the technical repercussions related to a modification. The Modification Leader shall summarize all the technical repercussions coming from involved MAAP when their design definition is considered complete. Once a modification is opened, any updating of technical information by any of the involved MAAP shall be done through a Technical Dossier.

MODIFICATION APPROVAL SHEET (MAS)

The MAS is the Airworthiness document for change approval (refer to DOM Para. 7.2). For each design change, the MAS is prepared by the Modification Leader based on the Technical Dossier (TD). For the MAS form and detailed content, refer to Appendix B.7. The wording of the MAS shall be clear and precise, and is required to be constructed in a similar manner between all Modification leaders (refer to DOM Appendix B.7). When required by a Member's domestic procedure, the approved MAS copy may be incorporated into the TD. In all circumstances, the MAS shall be stored as a retrievable record by the AIB Office of Airworthiness.

5.5 Einführung am Beispiel CIDS

5.5.1 Generelle Ziele

Durch die Installation von Transpondern an ausgewählten Komponenten des Systems CIDS sollen verschiedene Ziele überprüft werden. Diese sind im einzelnen

- dass eine entsprechende Datensicherheit bei sehr hoher Belastung durch Umweltbedingungen und Schreibzyklen gewährleistet ist,
- dass die vorgegebenen Anforderungen richtig umgesetzt werden konnten, z.B. Schreib- und Leseabstand, Betrieb auf Metalloberflächen,
- dass die angestrebten Vorteile und Business-Cases durch den Einsatz in Zahlen gemessen, überprüft und dokumentiert werden können,
- dass möglichst viele Daten von Schreib- und Lesezyklen gesammelt werden können, um mit statistischen Mitteln die Ausfallsicherheit zu errechnen,
- und dass mögliche negative Probleme aufgespürt werden, die erst bei längeren Einsatzzeiten auftreten.

Alle aufgeführten Ziele dienen dem Nachweis der generellen Luftfahrtzulassung.

5.5.2 Ziel des Praxistests an der A319

Durch den Betrieb der Komponenten in einem Flugzeug unter Linienbedingungen können Anforderungen und Erwartungen bei vorher identifizierten Einsatzsituationen überprüft und in Zahlen festgehalten werden. Weiter werden verschiedene Erfahrungen, die unter Laborbedingungen nicht berücksichtigt wurden und nur bei komplexem Zusammenspiel vieler Geräte auftreten, auf den Testplan geschrieben.

Wesentliche Punkte sind bei diesem Test:

- Schneller und problemloser Zugang zu den Informationen auf den Bauteilen
- Gute Integration und problemlose Anpassung in einzelne Prozesse oder Logistikketten
- Hohe Verfügbarkeit der Daten
- Sicherheit

Der Praxistest soll an einem Airbus A319 an den CIDS Komponenten der Fluglinie PrivatAir erfolgen.

5.5.3 Hintergrund für dieses Beispiel

Der Hintergrund für dieses spezielle Beispiel ist einfach und von wirtschaftlichem Denken getrieben.

PrivatAir ist ein Kunde von Airbus, der Flugzeuge der Single-aisle Reihe A319 betreibt. Diese werden komplett im Werk Hamburg montiert und ausgeliefert. Auch die Systementwicklung für Kabinensysteme ist in Hamburg ansässig. So ist ein detailliertes Wissen über das Flugzeugmuster und Systemkomponenten gewährleistet. Die Fluglinie PrivatAir wurde für diesen Test bevorzugt angesprochen, da sie den Shuttle-Service zwischen den Airbus Partnern seit Anfang des Jahres leistet. Somit ist ein Flugzeug aus eigener Produktion täglich auf dem eigenen Gelände verfügbar. Da das Werk Hamburg u.a. Kompetenzzentrum für Kabinensys-

teme ist wurde ein System gewählt, bei dem möglichst viele Komponenten auf verschiedenen Sicherheitsstufen berücksichtigt werden. Das CIDS – Cabin Intercommunication Data System zu verwenden bot sich daher an, weiter ist der Lieferant KID Airbus sehr gut bekannt und der Zugriff auf Fachleute stellt wegen der räumlichen Nähe kein Problem dar.

5.5.4 CIDS - kurz vorgestellt

Das Kabinen Kommunikations- und Daten System ist ein Microprocessor-basiertes System, welches für die funktionale Regelung, Kontrolle und Überwachung benutzt wird. CIDS versetzt die Fluggesellschaften in die Lage, sehr flexibel das Aussehen der Kabine ohne viel Aufwand anzupassen. CIDS beherbergt eine



Bild 5.16 Testflugzeug PrivatAir A319

Menge von unterschiedlichen Diensten in der Kabine: Passenger Address, Cabin and Flight Crew Interphone, Passenger Call Passenger Lighted Signs, General Cabin Illumination Control, Emergency evacuation signalling, ...

Das CIDS besteht aus den folgenden Hauptkomponenten:

- Zwei CIDS Direktoren sind parallel angeschlossen und teilen sich die Arbeit. Ein System ist aktiv, während das andere System die Arbeit des anderen Systems überwacht und im Fehlerfalle die Arbeit übernimmt.
- Ein FAP (Forward Attendant Panel) ist für die Kontrolle des Systems notwendig. Es beinhaltet auch eine Programmierungs- und Testeinheit, mit welcher das Kabinenlayout sehr schnell variiert werden kann.

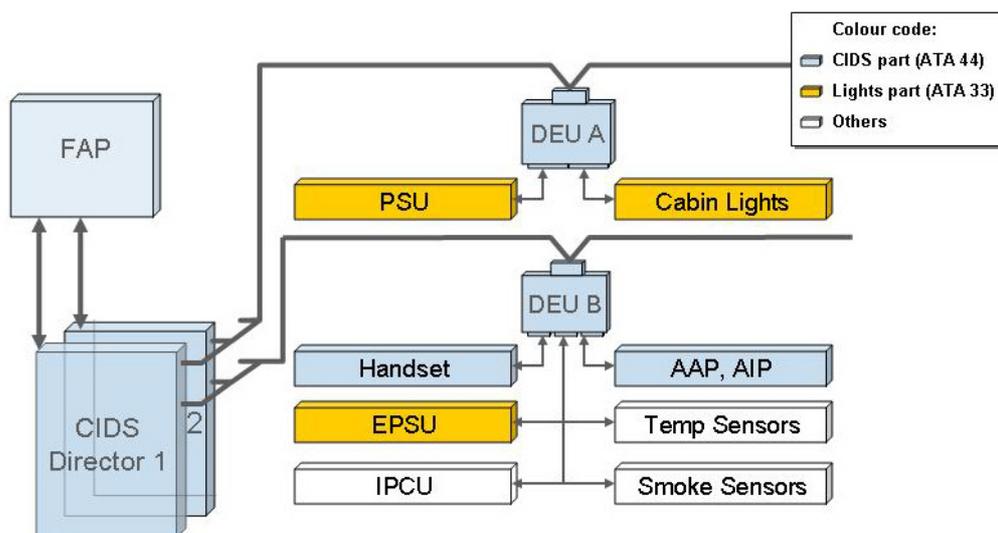


Bild 5.17 CIDS Systemaufbau

5.5.5 Voruntersuchung „Beluga“-Test

Vor der generellen Luftfahrt-Zulassung wurden schon verschiedene andere Tests initiiert, ein Test untersucht die Auswirkungen von Temperatur- und Druckschwankungen auf den Betrieb von RFID Transponder. Die größten Schwankungen ergeben sich dabei im Frachtraum des Beluga, da dieser weder geheizt noch mit Druck beaufschlagt ist.

Für diesen Test wurden an zehn ausgesuchten Transportgestellen Transponder auf den Typenschildern angebracht und jeder Flugzeugbesatzung ein Lese- und Schreibgerät ausgehändigt. Die Benutzung des Lese- und Schreibgerätes ist jedoch begrenzt. Zum einen darf es nur außerhalb des Flugzeuges betrieben werden, zum anderen nur für den Zweck der Dokumentation der Ladestelle. Die Hardware wurde von der Firma COSYS verwendet, die Software wurde von dem Fraunhofer-Institut in Magdeburg speziell für diese Anwendung angepasst. Der Test soll über zwei Monate laufen und erste Erfahrungswerte über den Einsatz unter extremen Umweltbedingungen liefern. Besonderes Augenmerk ist auf die Übergänge von Antenne zum Chip gerichtet, da es hier zu Ablösungen kommen kann. Eine Folge davon wäre ein Totalausfall des Transponders. Als Musterdaten werden hier die Zustandsdaten der Ladestelle verwendet. Nach dem Zusammenstellen der Ladestelle werden die Daten auf den Transponder geschrieben und in eine Datenbank gespeist. Nach dem Ausladen am Bestimmungsort werden die Zustandsdaten wieder aufgenommen. Bei einer Beschädigung kann so genau festgestellt werden, wann und auf welchem Flug diese aufgetreten ist.

Der Testbetrieb hat bei Abgabe der Diplomarbeit die Hälfte seiner Testzeit ohne Probleme absolviert.



Bild 5.18 Beladevorgang am Beluga



Bild 5.19 Befestigungsort der Transponder

5.5.6 Übersicht und Projektplanung

Zur Koordinierung der Entwicklung und Zulassung wurde ein Projektplan aufgestellt. In diesem sind Meilensteine der Einführung vermerkt. Diese sind im folgenden Bild 5.20 einer Phase der Entwicklung zugeordnet und grafisch angeordnet worden.

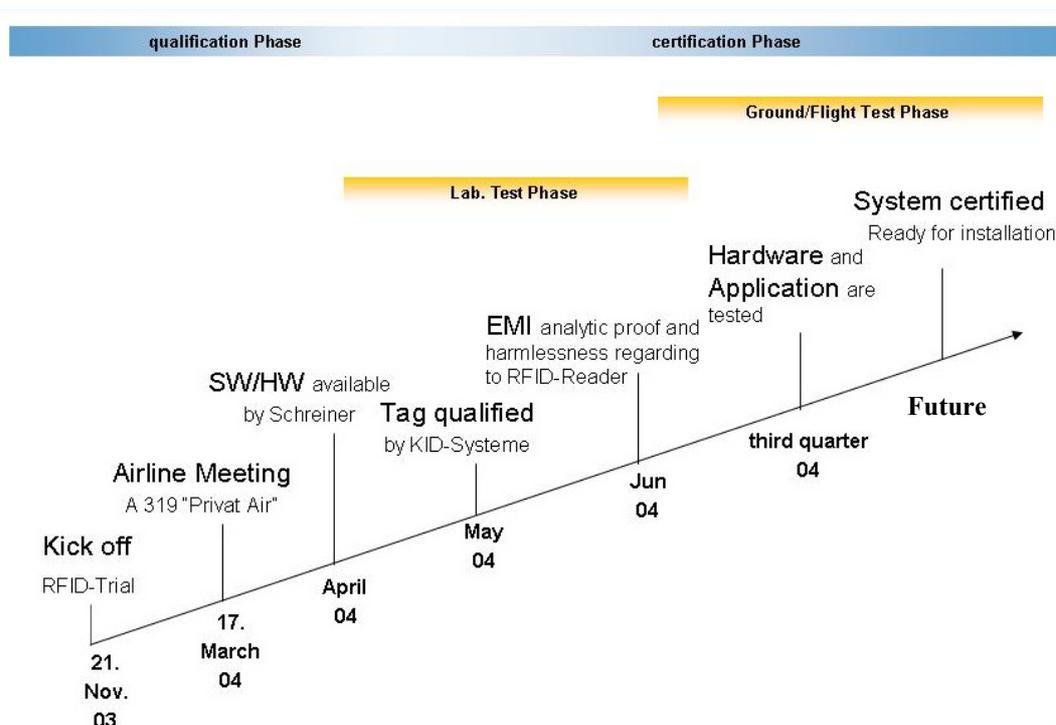


Bild 5.20 Projektplan der RFID Einführung

„RFID-Trial“ - Kick-off Meeting

Am 21. November 2003 startete die Einführung von RFID mit einem „Kick-off“-Meeting. Dabei wurde zuerst die RFID-Technologie und deren Funktionsprinzip allen Beteiligten vorgestellt. Nach einer Vorstellung des RFID-Einsatzes in anderen Branchen wurden identifizierte Vorteile für den Einsatz im und am Flugzeug diskutiert. Übereinstimmend wurden eine kurze Einführungsphase, eine offene, universell einsetzbare Anwendung und eine global abgestimmte Einarbeitung in die bestehenden Standards beschlossen.

“PrivatAir A319” - Airline Meeting

Der nächste Meilenstein war der 17. April 2004. In Düsseldorf wurde dem Betreiber des Airbus Shuttle Fa. PrivatAir die RFID-Technologie vorgestellt, was für Vorteile sich aus einem gemeinsamen Einführungstest ergeben und wie dieser aussehen/ablaufen könnte. Nach einer angeregten Diskussion der vorher präsentierten Punkte wurde einem Memorandum of Understanding von beiden Seiten zugestimmt. PrivatAir stellt eines Ihrer A319 Modelle für diesen Test zur Verfügung, Lufthansa Technik wird die Wartung und Airbus die ständige Datenaufnahme und Auswertung übernehmen.

Hard- and Software verfügbar

In den ersten Aprilwochen trafen verschiedene Lese-/ Schreibgeräte der Firma Schreiber ein, auf denen jedoch noch die Software fehlte. Die Software musste noch detaillierter spezifiziert werden und wurde daher verspätet geliefert. Weitere Systeme wurden von der Firma COSYS vorgestellt. Eines dieser Systeme wurde für die Voruntersuchung „Beluga“ ausgewählt.

Tag Qualifikation von KID- Systeme

Mitte Mai hatte KID- Systeme die Qualifizierung der einzusetzenden Transponder abgeschlossen. In verschiedenen Tests wurden CIDS- Komponenten bezüglich möglicher Auswirkungen untersucht. Überprüft wurden weiter Lese- und Schreibzyklen auf den Transponder bei gleichzeitiger Ausführung von bestimmten Funktionen am CIDS. Alle Tests sind zur Zufriedenheit verlaufen und die Transponder können somit an allen Bauteilen des CIDS- Systems verwendet werden.

EMI Analytic Report von ECYA

Die airbusinterne Untersuchung über Auswirkungen bezüglich elektromagnetischer Verträglichkeit auf andere Flugzeugsysteme wird Anfang Juni 2004 mit einem Untersuchungsbericht abgeschlossen werden. Auf den Ablauf der Untersuchung wurde im Abschnitt 5.3 schon eingegangen. Eine Überprüfung durch Labortests steht noch aus, jedoch werden keine weiteren Probleme erwartet.

Hard- and Softwaretests

Zum dritten Quartal 2004 sollen alle Komponenten (Transponder, Lese-/ Schreibgerät sowie benötigte Software) qualifiziert und unter Laborbedingungen getestet sein. Die uneingeschränkte Nutzung im Flugzeug soll weiter durch Tests im Flugzeug am Boden (Ground tests – Systeme aus) und durch einen abschließenden Test im Fluge (Flight tests – alle Systeme arbeiten) nachgewiesen werden.

Mit diesen Nachweisen kann dann die generelle Luftfahrtzulassung erlangt werden und die RFID- Technologie als Certified System in der Luftfahrt eingesetzt werden.

5.6 Notwendige Nachweise und Tests

In diesem Abschnitt werden alle Nachweise und Tests, die für eine Qualifizierung und Zulassung notwendig sind, aufgeführt und geben den aktuellen Stand des Projektes wieder.

5.6.1 Qualifizierung der Transponder bei KID-Systems

RFID Tags sind in Übereinstimmung mit RTCA DO-160D qualifiziert worden. Als relevante Abschnitte sind 19, 20 und 21 identifiziert worden. Dabei sind die Bauweisen mit externer Antenne und interner Antenne zu unterscheiden. Bevor die Ergebnisse den Bauweisen zugeordnet werden, sollen die Tests erläutert werden:

Test Chapter 19 - Induzierte Spannungsaufnahme

Dieser Test stellt fest, ob der Schaltungsaufbau der Ausrüstung ein bestimmtes Niveau von induzierten Spannungen aufnimmt, die durch das Arbeitsumfeld verursacht werden. Dieses bezieht sich auf störende Signale, die durch andere Bordausrüstungen oder Systeme erzeugt werden und mit denen empfindliche Stromkreise innerhalb des EUT verbunden sind.

Testaufbau:

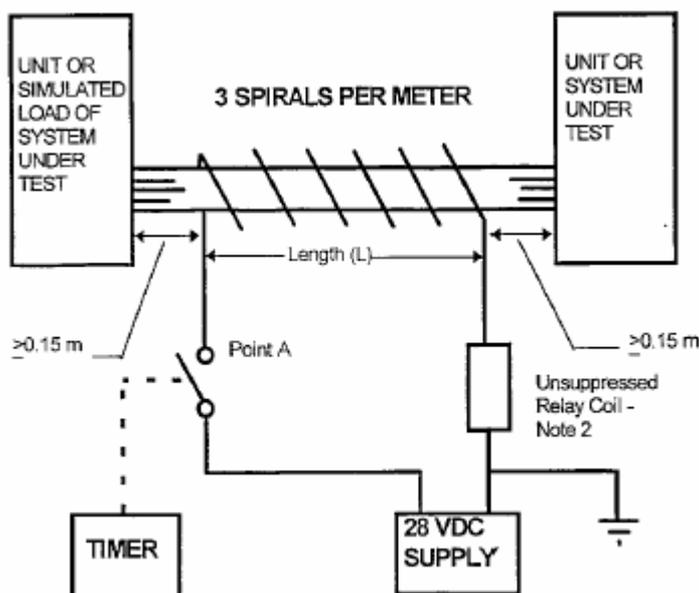


Bild 5.21 Interconnecting Cable Spike Test

Test Capter 20 - Anfälligkeit gegenüber Radiofrequenzen

Diese Tests stellen fest, ob die Ausrüstung innerhalb der Leistungsspezifikationen funktioniert, wenn die Ausrüstung und die Stromkreise einem Niveau RF- modulierter Energie ausgesetzt werden. Das Resultat dieser Tests soll Kategorien erzeugen, mit denen man geleitete und ausgestrahlte RF-Testniveaus definieren kann.

Testaufbau:

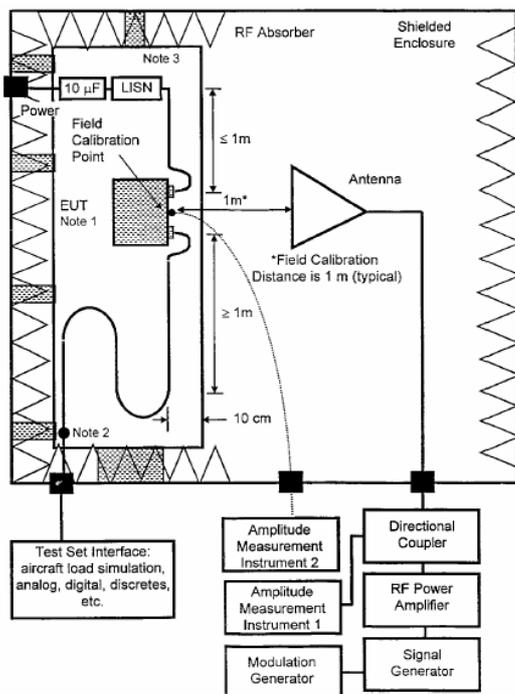


Bild 5.22
Susceptibility Test (Radiated)

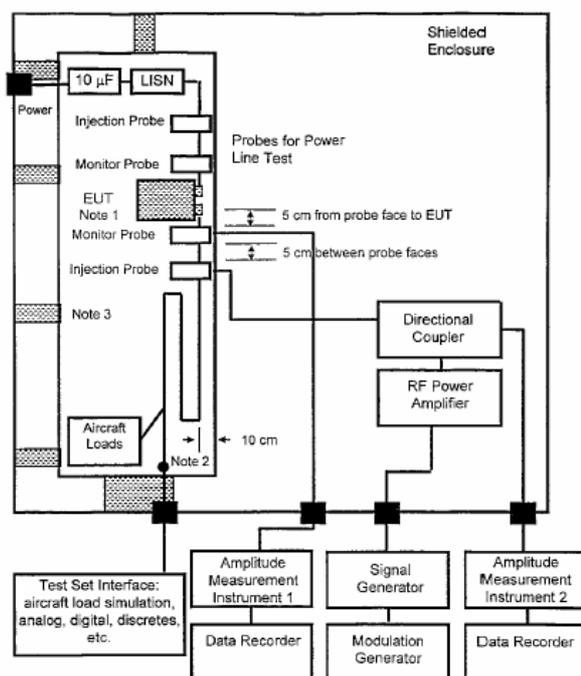


Bild 5.23
Susceptibility Test (Conducted)

Test Capter 21 - Emission von Radiofrequenzen

Diese Tests stellen fest, dass der Transponder nicht mehr RF-Geräusche ausstrahlt als diese im weiteren der RTCA DO 160 spezifiziert werden. Die Einschnitte, die in den ausgestrahlten Emissionsbegrenzungen spezifiziert werden, sollen die Flugzeuge und den RF-Sensor-Betrieb schützen..

Der Testaufbau ist auf der nächsten Seite dargestellt.

Testaufbau:

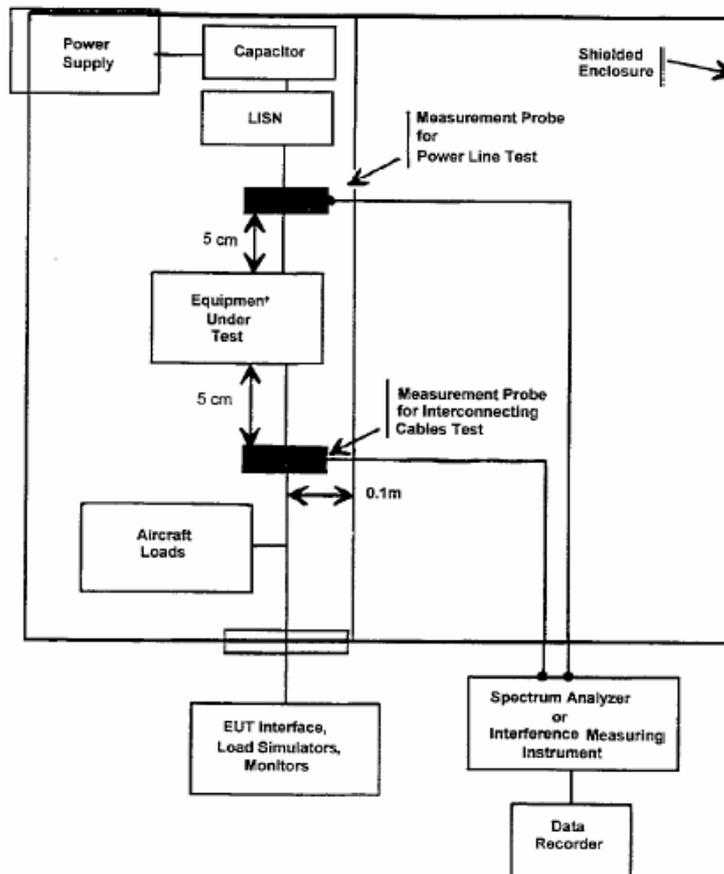


Bild 5.24 Typical Setup for Conducted RF Interference Test

Die Tests wurden von Astrium in Bremen durchgeführt. Es wurde eine vollständige Untersuchung vorgenommen. Die Bauteile wurden dabei einem Prüfprogramm, wie es in der Raumfahrt üblich ist unterzogen. Somit wurden mehr Tests durchlaufen, als für die Luftfahrtzulassung notwendig gewesen wären. Die Ergebnisse sind in dem Abschlußbericht IO83A-TB-09/01 festgehalten worden.

Ergebnisse:

1. Coil-on-Chip

Chapter 19

Induzierte Spannungsaufnahme

Test erfolgreich abgeschlossen

Chapter 20

Anfälligkeit gegenüber Radiofrequenzen

Test erfolgreich abgeschlossen

Chapter 21

Emission von Radiofrequenzen

Test erfolgreich abgeschlossen

2. Smart Cards

Chapter 19

Tests dauern noch an / Ergebnisse stehen noch aus

Chapter 20

Tests dauern noch an / Ergebnisse stehen noch aus

Chapter 21

Tests dauern noch an / Ergebnisse stehen noch aus

Anforderungen bezüglich Feuer und Rauch gemäß ABD 0031

Feuer

- JAR - 25, § 25.853 (a) and Appendix F, Part I, para. (a)(1)(i), Change 15
- JAR - 25, § 25.853 (a) and Appendix F, Part I, para. (a)(1)(ii), Change 15
- JAR - 25, § 25.853 (a) and Appendix F, Part I, para. (a)(1)(iv), Change 15
- JAR - 25, § 25.853 (a) and Appendix F, Part I, para. (a)(1)(v), Change 15
- JAR - 25, § 25.855 (d) and Appendix F, Part I, Change 15
- JAR - 25, § 25.869 (a)(4) and Appendix F, Part I, Change 15

In den Tests für die Überprüfung der oben genannten Anforderungen muß nachgewiesen werden, dass die Transponder weder das Feuer unterstützen, noch dass sie brennbar sind. Aktuell wurden nur die Transponder der Coil-on-Chip Bauweise entsprechend der oben genannten Tests untersucht. Alle Tests sind positiv verlaufen.

Rauch

- JAR - 25, §25.853 (c) and Appendix F, Part V, Change 15

In diesem Test wird überprüft, dass es bei einem Brand nicht zu starker Rauchentwicklung kommt. Dafür wird mit optischen Mitteln die Rauchdichte gemessen. Aktuell wurden nur die Transponder der Coil-on-Chip Bauweise entsprechend der genannten Tests untersucht. Alle Tests sind positiv verlaufen, sodass diese Bauweise nun als sicher angesehen werden kann.

5.6.2 Luftfahrtzulassung

JAR 25.869 a Fire protection: systems

(a) Electrical system components:

1. **Components of the electrical system must meet the applicable fire and smoke protection requirements of Secs. 25.831(c) and 25.863.**
2. Electrical cables, terminals, and equipment in designated fire zones, that are used during emergency procedures, must be at least fire resistant.
3. Main power cables (including generator cables) in the fuselage must be designed to allow a reasonable degree of deformation and stretching without failure and must be--
 - (1) Isolated from flammable fluid lines; or
 - (2) Shrouded by means of electrically insulated, flexible conduit, or equivalent, which is in addition to the normal cable insulation.
4. Insulation on electrical wire and electrical cable installed in any area of the fuselage must be self-extinguishing when tested in accordance with the applicable portions of part I, appendix F of this part.

JAR 25.1301 a, c, d Function and installation

Each item of installed equipment must

- (a) Be of a kind and design appropriate to its intended function;
- (b) Be labeled as to its identification, function, or operating limitations, or any applicable combination of these factors;
- (c) Be installed according to limitations specified for that equipment; and
- (d) Function properly when installed.

JAR 25.1431 c Electronic equipment

- (a) In showing compliance with Sec. 25.1309 (a) and (b) with respect to radio and electronic equipment and their installations, critical environmental conditions must be considered.
- (b) Radio and electronic equipment must be supplied with power under the requirements of Sec. 25.1355(c).
- (c) Radio and electronic equipment, controls, and wiring must be installed so that operation of any one unit or system of units will not adversely affect the simultaneous operation of any other radio or electronic unit, or system of units, required by this chapter

Der abschließende Bericht zur Qualifizierung von Transpondern der Typen ISO 14443 und ISO 15693 von KID-Systeme liegt aktuell noch nicht vor. Die unter Abschnitt 5.22 aufgeführten Anforderungen werden jedoch berücksichtigt.

Means of compliance

In den Means of Compliance sind die Nachweise und deren Ausführung zur Sicherheitsanalyse, dem A/C Ground Test und dem A/C Flight Test genau beschrieben. Die Arbeiten an diesem Dokument werden gerade abgeschlossen.

System Description Note (SDN)

In der System Description Note wird das System sehr genau betrachtet und die notwendigen Tests zur Überprüfung der Funktionalität genau festgehalten. Dabei werden die Tests kategorisiert und dem Programm des Labortests, Ground Test oder Flight Test zugeordnet. Die Arbeiten dazu sind gerade aufgenommen worden.

6 Zusammenfassung

Die vorliegende Arbeit hat eine neue Technologie zur kontaktlosen Identifizierung auf ihre Anwendbarkeit hin untersucht, entsprechende Anforderungen aufgenommen, einen Überblick über die technischen Grundlagen gegeben und den Weg für eine generelle Zulassung in Luftfahrzeugen aufgezeigt.

Als wichtige Punkte können genannt werden:

- Weltweit einsetzbare standardisierte Technologie (z.B. 13,56 MHz, ATASpec2000)
- Mehrere internationale Hersteller von RFID- Komponenten
- Einsatz in Beschriftungen als zusätzliche maschinenlesbare Informationen zu den schon vorhandenen menschenlesbaren (gedruckten) Informationen
- Lese- / Schreibabstand mindestens 50cm, 1m im installierten Zustand im A/C
- Betrieb der Transponder auch auf Metalloberflächen möglich
- Max. Abmessungen der RFID Tags von 2,5cm*1cm bis 5cm*4cm
- Original- Größe und Position von vorhandenen Beschriftungen sollen beibehalten werden
- Mobile Lese- / Schreibgeräte (Handhelds) sollen auch Barcode und 2D-Matrixcode lesen
- Verschlüsselung der Daten
- Speichergröße der Tags mindestens 1024 Byte
- passive Transponder
- Standardisierte Schnittstellen zu Warenwirtschaftssystemen (z.B. SAP)
- Getestet nach Luftfahrtanforderungen (z.B. RTCA DO160D, ABD0100)
- Rechtesystem auf Chip für z.B. Manufacturer Code, Seriennummer etc.
- Wartungsfrei
- Nicht ablösbar ohne Beschädigung
- Nutzbar von allen Beteiligten in einer Prozesskette

Zuerst wurde auf die theoretischen Grundlagen der RFID- Technologie eingegangen, dabei wurden Funktionsprinzip, Aufbau, typische Eigenschaften und Anwendungsgebiete erläutert. Die physikalischen Grenzen der Systeme sowie die Problematik des Betriebes auf Metalloberflächen wurden näher betrachtet.

Entsprechend der Aufgabenstellung wurden die Möglichkeiten der Anwendung der RFID Technologie in der Luftfahrtindustrie untersucht. Dazu wurden unterschiedliche firmeninterne RFID- Projekte auf ihre Vorteile und Anforderungen hin untersucht. Die Anforderungen wurden in einer Spezifikation zusammengetragen und mit weiteren Projektpartnern (meist Zulieferfirmen und Chip-Hersteller) kommuniziert.

Damit die Technologie ohne Beschränkungen weltweit eingesetzt werden kann, ist eine enge Abstimmung mit Standardisierungs-Behörden wichtig. So widmet sich ein Abschnitt dieser Arbeit dem Zweck und der Notwendigkeit der Standardisierung. Die zur Einführung in die Luftfahrtindustrie relevanten Standards wurden genannt und erläutert, auf die notwendigen Änderungen an diesen Werken wurde eingegangen.

Der Einsatz von RFID- Komponenten an Bauteilen im und am Flugzeug erfordert, dass diese mehrfach zertifiziert und zugelassen werden müssen. Anhand des Zulassungsprozesses für Flugzeugsysteme wurde ein Überblick über den zu erwartenden Ablauf für eine generelle Luftfahrtzulassung gegeben. Da die Transponder passiv sind, gehen von diesen Komponenten wenig Gefahren und Auswirkungen auf andere Systeme aus. Anders sieht es bei den Lese- und Schreibgeräten aus, welche doch eine beachtliche Strahlung auf die Bauteile ausüben. Entsprechend genau wurde auf die elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) eingegangen. Anhand eines Pilotprojektes sollen die Nachweise für eine Nutzung im Flugzeug erbracht werden und eine generelle Zulassung dieser Technologie soll so für die Luftfahrtindustrie erreicht werden.

Airbus Deutschland führt in Zusammenarbeit mit dem Hersteller KID-Systeme die Zulassung der Transponder an ausgewählten Komponenten des Cabin Intercommunication Data System (CIDS) durch. Da diese Einführung als „minor“ eingestuft wurde, erfolgt die Zulassung firmenintern. Mit den geforderten Nachweisen wurde der weitere Weg der Zulassung in einem Projektplan festgelegt und die Tests entsprechend vorbereitet.

Allgemein ist festzuhalten, dass nun mit der Einführung von RFID Informationen nicht nur menschenlesbar direkt auf dem Bauteil abgespeichert werden können, sondern auch aus einer gewissen Distanz automatisch gelesen und geschrieben werden können. Damit ist es möglich, Prozessabläufe sehr viel besser abzubilden und zu kontrollieren.

Stichwort: Kontrollieren. Während der Anfertigung der Arbeit wurde in der Presse (**VDI nachrichten, HeiseNews 2003, c't 3/2004**) intensiv über RFID als neues Medium zum Sammeln von Kundendaten berichtet. Es fielen Worte wie „der gläserne Mensch“ (**FoeBuD 2004**) oder „Big Brother is watching you“ (**CBS News 2004**), um die Kunden zu sensibilisieren, dass diese Technologie auch dazu benutzt werden kann, ein Profil jedes einzelnen Menschen aufzunehmen. Da es in den USA schon häufiger vorgekommen ist, dass Unternehmen das Kaufverhalten auf diesem Wege analysieren wollten, hat der Gesetzgeber einen ersten Entwurf zum Schutz des Verbrauchers erarbeitet. Damit zeichnet sich eine Trendwende bei der Nutzung dieser Technologie in eine für alle Beteiligten - Unternehmen wie Kunden - richtige Richtung ab.

6.1 Schnittstelle zum Wissensmanagement

Wie in internationalen Firmen üblich, werden bei Entwicklungsprojekten der Kenntnisstand und die gemachten Erfahrungen – positive wie negative – regelmäßig dokumentiert. Dieses aufgenommene Wissen kann aufbereitet als Grundlage für neue Produkte oder Entscheidungen genutzt werden. Durch die Vergrößerung des Wissens steigt auch der Wert des Unternehmens. Das ist im ersten Moment nicht ganz einleuchtend, wird aber an einem Beispiel (**Tabelle 6.1**) recht schnell klar: Microsoft wird an der Börse deutlich höher bewertet, obwohl das Unternehmen über weniger Mitarbeiter und Umsatz als das Vergleichsunternehmen verfügt, hier DaimlerChrysler. Wie kommt das? Antwort: die Wertschöpfung durch Wissen, des einzigen Rohstoffs, der sich vermehrt, wenn man ihn teilt. Diese Wertschöpfung wird daher sehr viel höher eingeschätzt.

Tabelle 6.1 Vergleich DaimlerChrysler mit Microsoft (**Zucker 2000**)

Unternehmen (1998)	DaimlerChrysler	Microsoft
Umsatz	154,7 Mrd. US-\$	14,5 Mrd. US-\$
Mitarbeiter	434000	27000
Börsenwert	99 Mrd. US-\$	346 Mrd. US-\$

Bei Microsoft ist die Wertschöpfung durch Wissen wesentlich höher, und das wird an der Börse auch entsprechend hoch bewertet. Für Unternehmen ist es also unabdingbar, den Rohstoff Wissen aufzunehmen, entsprechend aufzubereiten und einer möglichst großen Anzahl von Mitarbeitern zur Verfügung zu stellen. So kann das Ziel des Unternehmens nach langfristiger Absicherung und Expansion verfolgt und erfolgreich ausgebaut werden. Bei einer internen Untersuchung wurde festgestellt, dass häufig immer wieder auf die gleichen Probleme gestoßen und dann meist ein neuer Lösungsweg eingeschlagen wird. Der Grund für dieses Suchen nach Lösungswegen ist ein mangelnder Überblick über das vorhandene Wissen. Dieser Mangel resultiert aus falschen oder ungenügenden Informationen zu dem jeweiligen Thema der Arbeit.

Damit das aufgenommene Wissen besser zum Einsatz kommen und dabei diejenigen Personen erreichen kann, die parallel an diesem Thema arbeiten, wurde von der Firma **Sopheon 2004** eine Software „Compliance Management“ entwickelt, die jedem Benutzer ein eigenes Themenprofil zuweist und anhand dessen den Benutzer mit relevantem Wissen versorgen kann. Dabei können unterschiedliche Quellen eingebunden werden, z.B. Datenbanken, Word- und PDF-Dokumente sowie Internetadressen. Wird nun diesen Quellen neues Wissen hinzugefügt oder verändert, so wird das von der Software erkannt und die betroffenen Benutzer erhalten eine Benachrichtigung.

Da RFID ein sehr neues Thema ist, entsteht bei der Einführung von RFID relativ schnell neues Wissen. Es eignet sich für eine mögliche Nutzung dieser Software besonders gut.

Anwendung Compliance Monitor

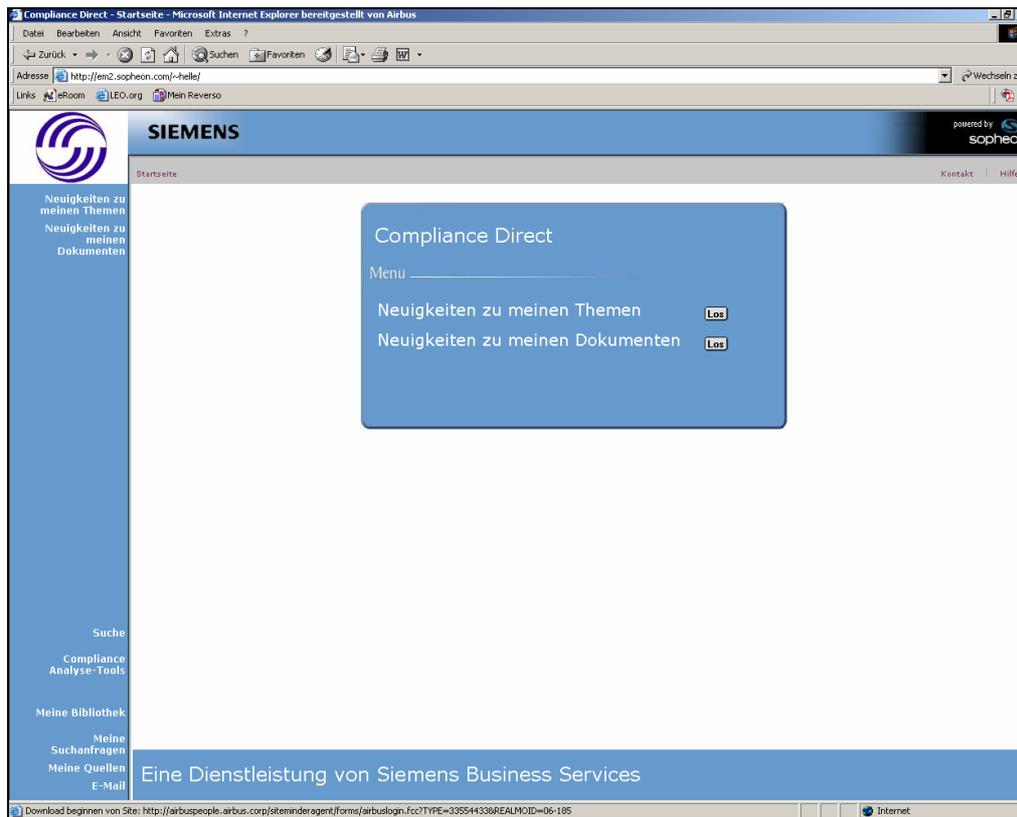


Bild 6.1 Startbild Compliance Monitor

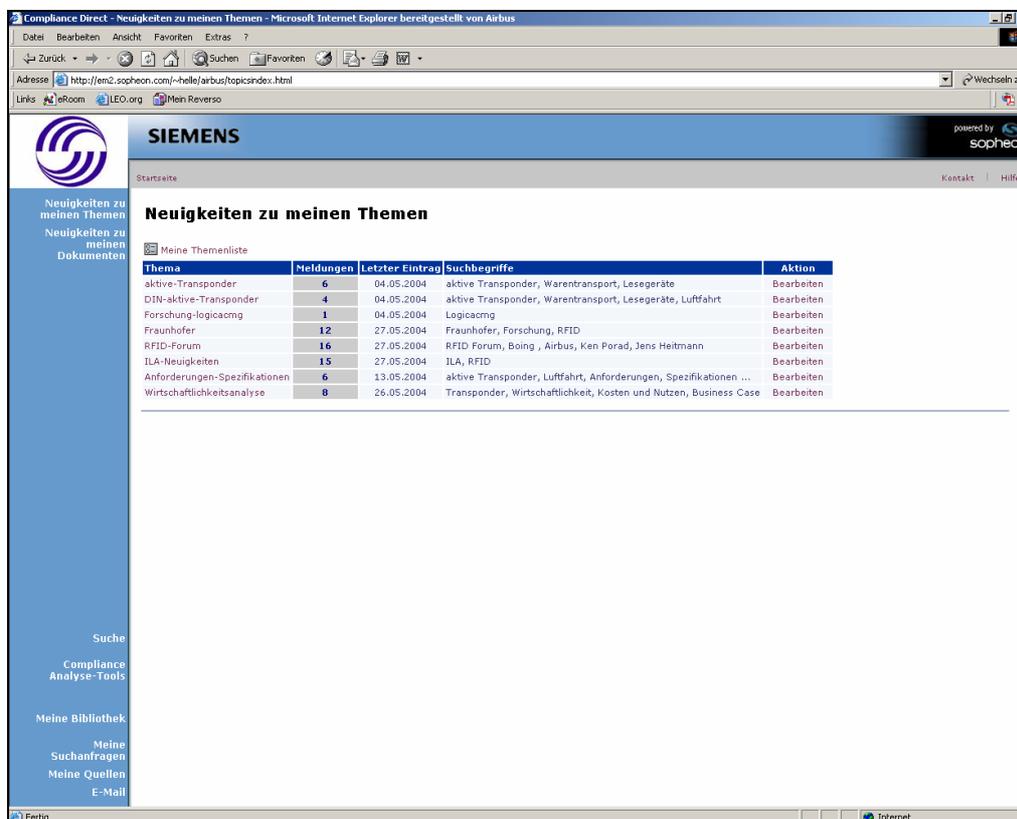


Bild 6.2 Benachrichtigung und Ergebnisse

6.2 Lessons learned

In diesem Abschnitt sollen Erkenntnisse und Erfahrungen aufgeführt werden, die bei der Einführung von RFID in die Luftfahrtindustrie bis zum Zeitpunkt der Abgabe dieser Diplomarbeit aufgenommen wurden und als Quelle für das Pilotprojekt „RFID Compliance Management“ genutzt werden sollen.

Lessons learned der RFID Einführung im Airbus- Werkzeugverleih Service

Die folgenden Punkte müssen überdacht und im Rahmen der Vorbereitungen zur Einführung einer solchen Identifizierungs- Technologie überprüft werden:

1. Auswahl der Materialien

Die Teile, die mit RFID markiert werden sollen, müssen richtig ausgewählt werden, um eine Gruppe von gleichen Materialien zu haben. Das ist notwendig, damit die zusammenhängenden Daten vorhanden sind und eine korrekte Prozeß-Analyse erfolgen kann. Folgende Punkte sind für die Auswahl von Teilen in Betracht zu ziehen:

- Größe des Teils, z.B Kleinteile, wie Schraubbolzen oder Fan-Blätter sollen nicht betrachtet werden
- Wert des Teils, z.B niedrige Werteinheiten sollen nicht in Betracht kommen.
- Wichtigkeit des Teils: Teile, die regelmäßigen zeitlichen Kontrollen unterliegen, sollen eine höhere Priorität haben, damit sie mit RFID erfasst werden
- Wegen Anforderungen der Quality Assurance bezüglich eines Teiles ist es manchmal notwendig, dass z.B die Geschichte des Teils, genauso wie spezielle Werte von Tests und dazu wichtige Einstellungen dokumentiert werden
- Umweltbeschränkungen, die den Einsatzort zu markierender Teile einschränken, z.B durch Temperaturen
- Teil-Management-Anforderungen: Teile, die eine höhere Verwaltung verlangen, sollen eine höhere Priorität haben, z.B. LRU'S. Im Werkzeugverleih-Dienst sind daher alle Werkzeuge, die einer periodischen Prüfung unterliegen, entsprechend markiert worden

2. Prozesse

Es muß noch detaillierter ausgearbeitet werden, wie der entsprechende Prozeß aussehen muß und wie Informationen davon gelesen oder zum RFID- Transponder geschrieben werden müssen. Weiter muß spezifiziert werden, ob Teilnehmer in diesem Prozeß nur lesen dürfen oder ob sie auch imstande sein müssen, Daten zu schreiben. Mit diesen Vorgaben können Ein- und Ausgabe-Masken einfacher für mobile Erfassungsgeräte und stationäre Arbeitsplätze geschaffen werden. Sonst mußten jene während des Betriebes immer weiter angepasst werden, was zeitaufwendig war und zu einer häufigen Umschulung des Personals führte. Als weiteres Ergebnis sind Zugriffsrechte zu nennen. Diese können je User definiert und sehr genau vergeben werden. So ist es möglich, die Anzeigestruktur speziell anzupassen, Daten freizugeben, die auch wirklich nur von dem Benutzer zur Erfüllung seiner Tätigkeiten gebraucht werden.

3. Dateninhalt und Struktur

Grundlegende Vorgaben sollen definiert und als Datenelemente/Felder auf dem RFID Transponder sein. Das Datenformat muß das Gleiche sein wie im ERP System, idealerweise kompatibel mit ATA Spec2000. Daten müssen durch z.B. Identifikationsdaten, Qualitätsdaten, Hersteller bezogene Daten etc. zu einer einfachen Struktur der Dateninhalte gruppiert werden. Daten müssen so strukturiert und jenen Feldern zugeordnet werden, z.B. PRT, für Teil-Identifikation, dass sie eindeutig sind. Zusätzlich dazu muß definiert werden, dass Felder entweder nur einmal beschreibbar, mit Kennwort geschützt oder offen sind. Daten müssen so im Speicher aufbereitet werden, dass jeweils nur der letzte Datenstatus auf den Transponder geschrieben und ein älterer dadurch überschrieben wird.

4. Anbringung von Transpondern

Die Transponder- Anbringung auf dem Teil muß vor der Installation sorgfältig ausgewählt werden. Deshalb ist es notwendig nachzuprüfen, dass

- der Transponder vom Benutzer leicht gefunden oder in das menschenlesbare Typenschild integriert werden kann;
- RFID mit parallel permanent eingesetzten Strichcodes verwendet oder mit permanenten Strichcodes verbunden werden kann;
- der Transponder gelesen werden kann, auch wenn idealerweise das Teil schon installiert worden ist, oder es sich verdeckt in einem Kasten befindet;
- der Transponder den Betrieb des Bauteils nicht stört oder benötigte Eigenschaften einschränkt.

Für die Markierung der Teile müssen diese gruppiert und sortiert werden, um Zeitverzögerungen bei der Erfassung zu vermeiden. Teile könnten so vom Flugzeug oder aus Regalen entnommen werden, ohne dass es eines weiteren Papieraufwandes bedarf. Deshalb soll die Anbringung auf dem Flugzeug bzw. Lagerhaus auch betrachtet werden.

5. Software Struktur

Entsprechend den identifizierten Prozessen und den strukturierten Daten muß die Software genau spezifiziert werden. So sollen auf den tragbaren Handhelds und auf den stationären Arbeitsplätzen die gleichen Daten „online“ im gleichen Layout angezeigt werden. Verschiedene Parameter müssen schon vor Beginn der Nutzung berücksichtigt werden, da es zu viel Zeit erfordern würde, die Software während des Betriebes nach und nach anzupassen. Schnittstellen zwischen RFID und ERP-System bzw. den Datenbanken müssen hergestellt und angepaßt werden, damit eine korrekte Verknüpfung erfolgen kann.

6.3 Ausblick

Nach erfolgreicher luftfahrttechnischer Zulassung von RFID Tags und entsprechenden Lese- und Schreibgeräten ist der Weg offen für eine Vielzahl von Anwendungen. In diesem Falle werden zuerst höherwertige Flugzeugkomponenten, wie z. B. Computer zur eindeutigen Identifikation und besseren Prozesssteuerung damit ausgerüstet. Parallel wird festgestellt, bei welchen weiteren Bauteilen sich eine Identifikation mit RFID wirtschaftlich rechnen würde. Die Lieferanten dieser identifizierten Bauteile würden registrierte Tags von einer Zertifizierungsbehörde erhalten. Die Behörde nimmt für jeden Tag die entsprechenden Bauteildaten in eine Datenbank auf. Nachgemachte oder in diesen Umlauf gebrachte abgelaufene Bauteile würden somit automatisch erkannt werden und man könnte deren Hersteller gut ermitteln. Fluglinien und Wartungsbetriebe könnten sich damit auszeichnen und mit der Verwendung dieser sicheren Bauteile werben. Es würde ein Kreislauf „sicherer/überwachter“ Bauteile entstehen. Damit könnte erstmals dem Problem der in Abschnitt 1.1 angesprochenen „Bogus-Parts“ wirkungsvoll begegnet werden.

Weiter würde das Programm SAMS (siehe Abschnitt 3.2.2) an Bedeutung gewinnen und sicher beschleunigt werden. Getrieben durch Anfragen seitens der Fluglinien, den Einsatz und die Wartungszeiten bei Überprüfungen zu optimieren, wäre die Kontrolle der Schwimmwesten, zwar noch nicht in dem spezifizierten Lese- und Schreibabstand, eine der ersten Anwendungen, die schnell umgesetzt werden würden. Anwendungen, bei denen auch Daten aufgenommen werden, wie z.B. einige Sensoren im SAMS-Projekt (Druck- u. Vibrationssensoren) sowie Temperaturkontrolle bei Frachtgütern, können erst Verwendung im und am Flugzeug finden, wenn auch die aktiven Transponder luftfahrtzugelassen sind.

Es bedarf noch eines großen Entwicklungsaufwandes, sollte die Vision der automatischen Identifizierung und der daraus resultierenden Generierung des Aircraft Inspection Reports Wirklichkeit werden. In absehbarer Zeit, nämlich mit der Möglichkeit, Sender in der Kabine zu betreiben (Stichwort „Wireless Cabin“), könnte es Wirklichkeit werden, mit einem Handheld Computer durch das Flugzeug zu gehen und alle in der Kabine verbauten Transponder in einem vorher gewählten Bereich abfragen zu können.

Literaturverzeichnis

- ABD0100** AIRBUS INDUSTRIE: Airbus Directives (ABD) and Procedures *Equipment - Design - General Requirements For Suppliers*. Issue E, Blagnac Cédex France : Engineering Directorate, 2000
- ABD0031** AIRBUS INDUSTRIE: Airbus Directives (ABD) and Procedures *Fireworthiness Requirements - Pressurized Section of Fuselage*. Issue E, Blagnac Cédex France : Engineering Directorate, 2003
- ACMR 2001** AIRBUS INDUSTRIE: Aircraft Configuration Management Rules *ACMR*. Issue 4, Blagnac Cédex France : A-CE, 2001
- Airbus NEWS** AIRBUS NEWS, *Newspaper of Airbus Deutschland*, Ausgabe Nr. 18, October 2003.
- ARP4761** SOCIETY OF AUTOMOTIVE ENGINEERS: *Aerospace Recommended Practice -Guideline and Methods for conducting the safety assessment process on civil airborne systems and equipment*. Warrendale (PA) USA : SAE International,1996 (ARP4761)
- ATA Spec 2000** AIR TRANSPORT ASSOCIATION OF AMERICA: *E-Business Specification for Materials Management (ATA Spec 2000)*. Washington : ATA, 2002
- Berliner Zeitung 1995** OCHEL, Michael: *Die geheimen Risiken des Luftverkehrs*. Berlin, Berliner Zeitung, Tageszeitung, 08.07.1995 – Seite 37
- COSYS 03/2003** COSYS GmbH: *Anwendungsbeispiel : Prozesskontrolle mit RFID in der Automotiv Branche*, Holle : Informationsblatt, März 2003
- c't 3/2004** MEYER, Angela : *Lückenlos dokumentiert – RFID-Technik löst Barcode Etiketten ab*. Hannover, c't, Fachzeitschrift, 07.02.2004 – Seite 46
- Finkenzeller 2002** FINKENZELLER, Klaus: *RFID-Handbuch : Grundlagen und praktische Anwendungen induktiver Funkanlagen, Transponder und kontaktloser Chipkarten*. München : Hanser, 2002
- ID-Biz 2003** ID-BIZ GmbH: *Produkt-Portfolio ID-Biz*. Hannover, Informationsblatt, 15.10.2003
- ISO 7810** Norm ISO 7810:2003, *Identification Cards - Physical Characteristics*

-
- ISO 9798-1** Norm ISO/IEC 9798-1:1997, *Information technology - Security techniques - Entity authentication - Part 1: General*
- ISO 9798-2** Norm ISO/IEC 9798-2:1999, *Information technology - Security techniques - Entity authentication - Part 2: Mechanisms using symmetric encipherment algorithms*
- ISO 9798-3** Norm ISO/IEC 9798-3:1998, *Information technology - Security techniques - Entity authentication - Part 3: Mechanisms using digital signature techniques*
- ISO 9798-4** Norm ISO/IEC 9798-4:1999, *Information technology - Security techniques - Entity authentication - Part 4: Mechanisms using a cryptographic check function*
- ISO 9798-5** Norm ISO/IEC 9798-5:1999, *Information technology - Security techniques - Entity authentication - Part 5: Mechanisms using zero knowledge techniques*
- ISO 10536-1** Norm ISO/IEC 10536-1:2000, *Identification cards - Contactless integrated circuit(s) cards - Close-coupled cards - Part 1: Physical characteristics*
- ISO 10536-2** Norm ISO/IEC 10536-2:1995, *Identification cards - Contactless integrated circuit(s) cards - Part 2: Dimensions and location of coupling areas*
- ISO 10536-3** Norm ISO/IEC 10536-3:1996, *Identification cards - Contactless integrated circuit(s) cards - Part 3: Electronic signals and reset procedures*
- ISO 15693-1** Norm ISO/IEC 15693-1:2000, *Identification cards - Contactless integrated circuit(s) cards - Vicinity cards - Part 1: Physical characteristics*
- ISO 15693-2** Norm ISO/IEC 15693-2:2000, *Identification cards - Contactless integrated circuit(s) cards - Vicinity cards - Part 2: Air interface and initialization*
- ISO 15693-3** Norm ISO/IEC 15693-3:2001, *Identification cards - Contactless inte-*

grated circuit(s) cards - Vicinity cards - Part 3: Anticollision and transmission protocol

- Lastenheft 2003** FRÖHLICH, Steffen; Fraunhofer, Magdeburg, Institut für Fabrikbetrieb und –automatisierung : *Specifications for Part and Equipment Marking with RFID Technologies for Line Replaceable Units (LRU's)*. Magdeburg : IFF, 2003
- Lufthansa Systems 2003** ROHR, Martin; Lufthansa Systems Group GmbH, Präsentation: *Wertschöpfung durch RFID-Einsatz*. Hamburg, 2003
- orell füssli 2003** RAISSLE, Daniel; orell füssli Security PrintingLtd, persönliches Gespräch : *Secure Tracking and Tracing*. Hamburg, Nov 2003
- RTCA/DO-160D** RADIO TECHNICAL COMMISSION FOR AERONAUTICS: *Environmental Conditions and Test Procedures for Airborne Equipment*. Washington : RTCA, 2001 (RTCA/DO-160D Change 2).
- SAMS 2003** SASS, Ferdinand; Airbus Deutschland GmbH, Maintenance Support, (SEM 3D): Präsentation: *Sensorbased Aircraft Maintenance Support*. Bremen : A-D, 2003
- TN-ECYA 1/219/03** KÜRNER, Wolfgang; Airbus Deutschland GmbH, electromagnetic compatibility and lightning protection, (ECYA2): Technical Note 1/219/03: *Statement of innocuousness for passive transponders according ISO 14443 or ISO 15693*. Hamburg : A-D, 2003
- VDE 0848** VDE-Richtlinie 0848:1993, *Sicherheit in elektrischen Feldern*
- Zucker 2000** ZUCKER, Betty; SCHMITZ, Christof: *Wissen gewinnt : Innovative Unternehmensentwicklung durch Wissensmanagement*. Berlin : Metropolitan-Verlag, 2000

Informationen aus dem Internet

- Airbus S.A.S.** Airbus Industries (2004). Airbus – About - History. Internet: <http://www.airbus.com/about/history.asp>, Datum 07-Feb-2004.
- Airbus Military** Airbus Military (2004). Airbus – Product and Services: <http://www.airbusmilitary.com/services.html>, Datum 07-Feb-2004.
- Fraunhofer IFF** Fraunhofer Gesellschaft (2003). Fraunhofer-Institut für Fabrikbetrieb und –automatisierung, Magdeburg. Internet: <http://www.iff.fhg.de/de/> , Datum 07-Feb-2004.
- AIM USA** Automatic Identification Manufacturers (2004). RFID Knowledge Base. Internet: <http://www.aimglobal.org/aimstore/knowledgebase.htm>, Datum 07-Feb-2004.
- ZDnet** ZDNet Deutschland (2004). Artikelsuche | ZDNet.de. Internet: <http://www.zdnet.de/suchen/index.htm?collection=&query=RFID> , Datum 15-Dez-2003.
- HeiseNews 2003** Heise Zeitschriften Verlag (2004). Heise online - Tesco überwacht Kunden per RFID. Internet: <http://www.heise.de/newsticker/data/ola-22.07.03-003/> , Datum 04-Nov-2003.
- Sopheon 2004** Sopheon (2004). Sopheon and Siemens Business Services Deliver Compliance Management Solution to Airbus
Internet: http://www.sopheon.com/press_release.asp?rel=56 , Datum 18-Apr-2004.
- VDI nachrichten** VDI nachrichten (2004). VDI nachrichten – Volltextsuche . Internet: http://www.vdi-nachrichten.com/allgemein/full_search.asp?sw=RFID , Datum 02-Mai-2004. . – verschiedene Artikel
- FoeBuD 2004** FoeBuD e.V. (2004). Der FoeBuD e.V. per Infoklick. Internet: <http://www.foebud.org/>, Datum 07-März-2004. – verschiedene Artikel
- CBS News 2004** CBS Broadcasting Inc. (2004). CBS News | Big Brother Is Watching, Listening | May 17, 2002 : Internet: <http://www.cbsnews.com/stories/2002/05/15/eveningnews/main509140.shtml>, Datum 20-Mai-2004.

Danksagung

Viele Personen aus unterschiedlichen Bereichen haben mich bei der Erstellung dieser Arbeit unterstützt, dafür möchte ich mich bei allen recht herzlich bedanken.

Als erstes möchte ich mich bei meinem Chef, Herrn Jens Heitmann, sehr herzlich bedanken. Er unterstützte mich mit erstem Grundwissen, welches für die Konzeption notwendig war. Er erklärte mir die jeweiligen Hintergründe und stellte auch die Kontakte zu wichtigen Mitarbeitern her. Ferner stand er mir mit seinem Rat, nicht nur geschäftlich, jederzeit zur Verfügung. Durch die Möglichkeit, an Schulungen teilnehmen zu können, konnte ich einen guten Überblick über die Geschäftsprozesse bei Airbus Deutschland erlangen. Besonders zu würdigen weiss ich die Tatsache, dass er mich in vielen Bereichen unserer Arbeit nicht wie ein einfacher Diplomstudent, sondern eher kollegial behandelt hat.

Ein spezielles Dankeschön geht an Rolf Gödecke, Thomas Kriebisch, Steffen Mauermann und Wolfgang Kürner von Airbus Deutschland für die bereitgestellten Informationen und all die Antworten auf meine Fragen. Generell möchte ich einer großen Zahl von Kollegen danken, die mir dabei geholfen haben, meine Aufgabenstellung besser zu verstehen und den eingeschlagenen Weg zu überprüfen.

Weiter gab mir das RFID Steering Committee die Möglichkeit, die Arbeiten am „RFID-Projekt“ auf einem internationalen Level zu begleiten. Die fruchtbaren Diskussionen mit den Mitgliedern haben meine Arbeit bedeutend gefördert. Ich hoffe, mit dieser Arbeit einen Anteil zum Erfolg der Einführung von RFID beigetragen zu haben.

Ein weiteres Dankeschön möchte ich allen externen Beteiligten sagen, die mir bei dem Verständnis der Thematik, bei Problemen und Lösungsmöglichkeiten geholfen haben. Besonders danke ich Steffen Fröhlich vom Fraunhofer-Institut Magdeburg, der sich einen ganzen Tag Zeit für mich genommen und mich anfangs auf die „richtigen Gleise“ gesetzt hat; des weiteren bedanke ich mich bei Herrn Vorböcker von der Fa. COSYS für die interessanten Diskussionen, die mein Wissen gefestigt und mich immer tiefer in die Materie haben einsteigen lassen.

Zuletzt, aber bestimmt nicht weniger, möchte ich meinem Professor Dr.-Ing. Dieter Scholz vom Fachbereich Fahrzeugtechnik und Flugzeugbau der Hochschule für angewandte Wissenschaften Hamburg für die Unterstützung zu dieser Arbeit danken. Der schriftliche Kontakt mit ihm half mir, meinen wissenschaftlichen Schreibstil, die genormte Form und meine Arbeitsweisen in einem besonderen Maße zu verbessern. Besonders zu schätzen weiss ich die Zeit und die exakten Antworten und Hinweise von ihm auf alle meine doch manchmal recht umfangreichen Fragen.

Anhang A

Firmeninformationen

Die Mission

"Their task was a daunting one. Never before had Europe worked together on such a large -- and truly cooperative -- scale for a civil aircraft program. Each participating company would have to make compromises, putting aside national pride and working hard to overcome difficulties posed by different languages, cultures, and even systems of weights and measures." (Philosophy / Airbus S.A.S.)

Die Anfänge

Die Anfänge des Airbus Konsortiums reichen bis in die Mitte der 60'er Jahre zurück, als die Regierungen Frankreichs, Deutschlands und Englands über die Unterstützung der Entwicklungsarbeiten eines Kurz- und Mittelstreckenflugzeuges mit einer Kapazität von 250-300 Passagieren und wirtschaftlichen Betriebsdaten eines zweistrahligen Transporters entschieden hatten. Airbus Industrie (AI) wurde 1970 als Deutsch- Französische Gesellschaft gegründet, nachdem die Britische Regierung 1969 ihre Unterstützung für das A300 Programm widerrufen hatte. Als Ergebnis der begrenzten Entwicklungskapazitäten bei den Triebwerksherstellern wurde zurückgegriffen auf ein bewährtes Triebwerk mit geringerer Leistung (General Electric's CF6-50) und das Flugzeug wurde von der originalen 300 Sitzplatz-Auslegung auf eine Auslegung mit 230 Sitzplätzen umgestaltet: die A300B war geboren. AI wurde gegründet als "Groupement d'Interet Economique" – einer französischen Gesellschaftsform für wirtschaftliche Interessen. Als juristische Einheit unter französischem Recht konnten so effiziente Rahmenbedingungen geschaffen werden, die es AI auch ermöglichten, eigene nicht konkurrenzfähige Studien zu betreiben, die später zu einem guten Basiswissen verhelfen sollten. Zu den „Vätern“ des Airbus Programms zählten Henri Ziegler, späterer Präsident der Sud Aviation, Roger Bêteille, ab Juli 1967 technischer Leiter bei Airbus, Franz-Joseph Strauss, bayrischer Ministerpräsident und Vorsitzender der Deutsche Airbus und Felix Krackert, der spätere Vice-Präsident für Fertigung und Vertrieb bei Deutsche Airbus.

Meilensteine

Air France und Deutsche Lufthansa wurden die ersten Kunden für den A300B in den frühen 70'er Jahren. Einige Jahre später erlebte AI eine Zeit mit wenigen Aufträgen und war kurz vor dem Ende. Mit neuen Bestellungen aus Asien und einer Airline aus den USA kündigte sich der Einstieg in den wichtigsten internationalen Markt der Zivilflugzeuge an, Airbus erholte sich in den späten 70'er und entschied sich im Jahre 1978, die Marktposition mit der A310 weiter auszubauen. Die A310 ist eine kürzere und modernere Version der A300. Durch die Bedeutung dieser Entscheidung, eine neue Flugzeugfamilie aufzusetzen, entschied sich

die Britische Regierung, repräsentiert durch British Aerospace, dem Konsortium 1979 wieder beizutreten. Ein wesentlicher Grund für den großen Erfolg von Airbus auf dem heutigen Luftfahrtmarkt war die Entscheidung für ein neues 130-170 sitzigen Flugzeug in „single aisle“-Konfiguration. 1984 war der offizielle Start des A320 Programms. Dieser Flugzeugtyp sollte das meistverkaufte Flugzeug in der Airbus Produktpalette werden. Die in diesem Flugzeug eingeführte neue Technologie des „Fly-by-Wire“-Systems ersetzte die bisherige Fluglenkung mit einem Steuerhorn durch computergesteuerte Technik und Hydraulik. Dies kam einer Revolutionierung des Flugwesens gleich. Trotz einiger Airbus-Abstürze und einiger Skepsis bei den Fluglinien entschloss sich Airbus, sämtliche seiner Flugzeuge mit dieser neuen Technologie auszurüsten. Boeing musste diese Technik später mit seiner B777 ebenfalls übernehmen.

Entsprechend den Kundenwünschen nach Flugzeugen der oberen Produktpalette wurde 1987 bei Airbus Industrie eine große Entscheidung gefällt, zwei größere Flugzeugtypen als die „single-aisle“-Versionen zu entwickeln:

- den 335 sitzigen zweistrahligen Jet mittlerer Reichweite – die A330
- den 295 sitzigen vierstrahligen Jet ultra-langer Reichweite – die A340

Die A340 wurde im Frühjahr 1993 in Dienst gestellt, gefolgt von der A330 ein Jahr später. In demselben Jahr wurde auch die verlängerte Version der A320, die A321 in Dienst gestellt, kurz gefolgt von einer verkürzten Version, der A319.

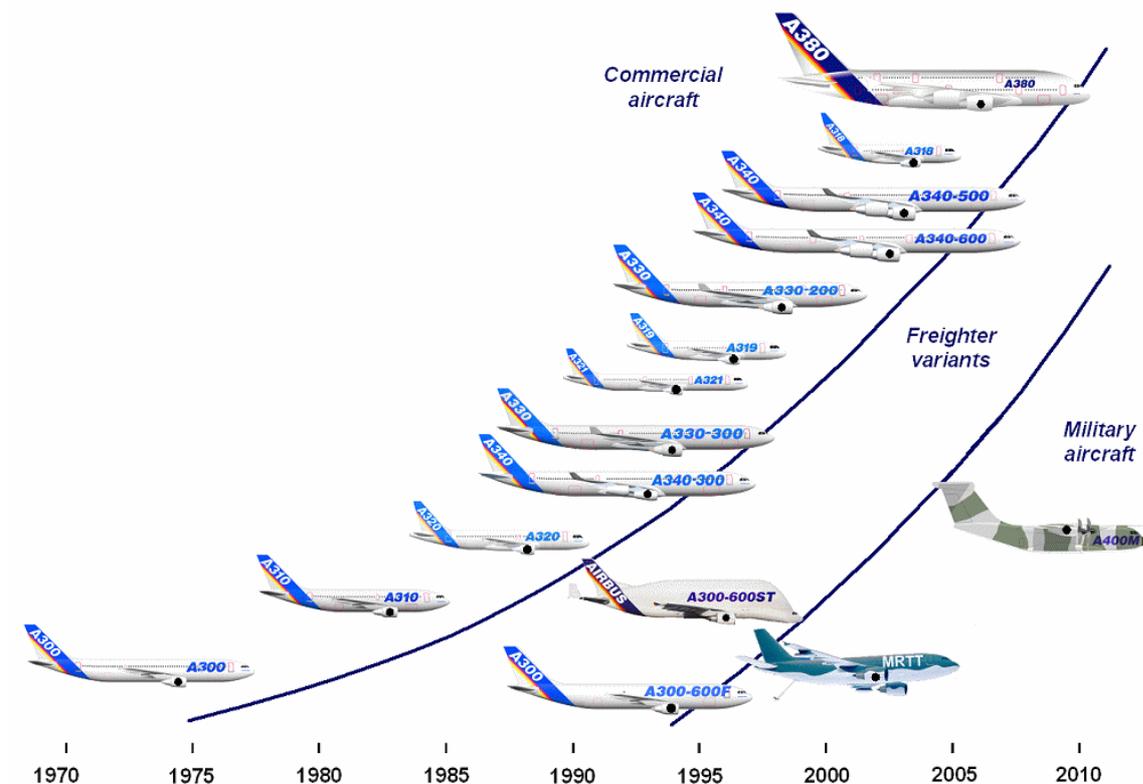


Bild A-1 Airbus Industrie Produktpalette (Airbus Military)

Nicht einmal 10 Jahr später hoben schon zwei weitere Versionen des damals größten Airbus Flugzeugs zum Erstflug ab:

- die A340-500 für extra-große Reichweiten (15.750 km) und
- die A340-600 mit einer extra großen Kapazität für Passagiere (bis 485) und Fracht.

Am anderen Ende der Produktpalette entstand eine verkürzte Version der A319, die A318. Mit ihr wurde die Lücke zwischen den Business- und Kurzstreckenjets geschlossen. Gleichzeitig entstand so eine weitere Basis, neben der A319BJ, für einen kleineren Corporate Business Jet, den A318BJ.

Mitte 2000 fiel die Entscheidung für das geräumigste Verkehrsflugzeug, das je gebaut wurde: den Riesenjumbo A3XX, der später in A380 umbenannt wurde. In Toulouse soll das neue Flaggschiff von Airbus zusammgebaut werden. In Hamburg wird der Superjumbo im Anschluss daran Innenausstattung und Lackierung erhalten. Danach fliegt er zurück nach Toulouse, wo er getestet und an Kunden endausgeliefert werden soll. Der Jungfernflug ist für 2005 geplant, die ersten Flugzeuge werden dann 2006 ausgeliefert.

Am 18. Dezember 2001 haben die Verteidigungsminister von 8 europäischen Staaten eine Regierungsvereinbarung zur Entwicklung und Beschaffung des künftigen militärischen Transportflugzeugs A400M in Brüssel unterzeichnet. Damit soll die Frage, wie Europa in Zukunft Truppen in Krisengebiete entsenden soll, beantwortet werden. Damit vorhandenes Know-how für den Bau genutzt werden kann und die Vergabe der Arbeitsanteile dem Airbus Beispiel folgen kann, wurde die Airbus Military Company (AMC), eine integrierte 100% Airbus Tochtergesellschaft, gegründet. Aktuell ist das Programm noch in der Entwicklungsphase. Die Bundeswehr soll das erste der 73 A400M-Flugzeuge im Jahre 2009 erhalten. Bis 2016 wird die Gesamtflotte ausgeliefert sein.

Internationale Fertigung und Arbeitsteilung

Die jeweiligen Arbeitsanteile sind aus der Airbus Geschichte entstanden, so halten die Gründerländer Frankreich und Deutschland die größten Anteile mit z.Z. je 39%, England welches erst nach dem sich abzeichnenden ersten Erfolg wieder hinzugekommen ist, hält 17% und Spanien als neu hinzugekommener Partner 5%. Bild A-2 zeigt die aktuelle Aufteilung der Arbeitsanteile. Den Anteilen entsprechend sind die Arbeiten auch nach Kompetenzen vergeben und gebündelt, Hamburg ist Kompetenzzentrum für Kabine, Rumpf-Struktur, etc.

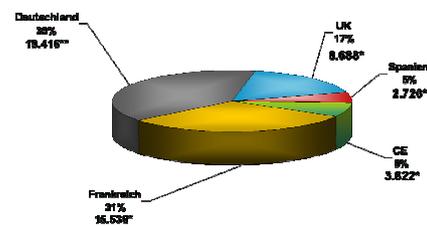


Bild A-2 Arbeitsanteile

Die Vergabe der Arbeiten wird für jedes Flugzeugprojekt neu ausgehandelt, dabei werden aber Kernkompetenzen, firmenpolitische Gründe und Prestige Gründe berücksichtigt.

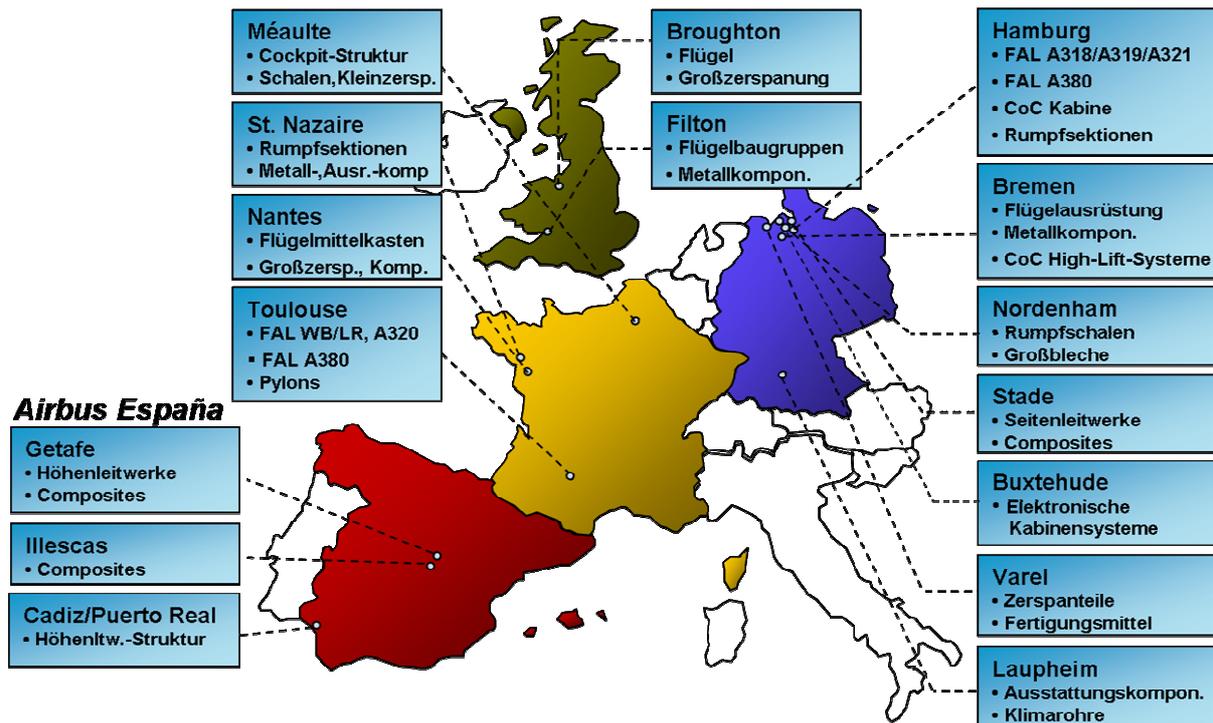


Bild A-3 Kompetenzzentren (Airbus)

Zwischen den Werken werden die Bauteile per Flugzeug, LKW und neuerdings auch per Schiff transportiert. Die Airbus-Endmontagen in Hamburg und Toulouse werden von 7 Manufacturing Units direkt beliefert. Auch hier wird die Stückzahl der Produktion entsprechend der Arbeitsteilung bestimmt. Auslieferungen der A320 Familie, welche den größten Anteil der Umsätze ausmachen, haben einen so hohen Level erreicht, dass im Jahre 1999 die 1000ste Maschine gefertigt werden konnte.

Anhang B

Kontaktliste

Die folgenden drei Tabellen geben eine Liste der Kontaktpersonen wieder, die bei der Erarbeitung dieser Diplomarbeit als Ansprechpartner zur Verfügung standen. Die Telefonnummern sind für den internen Gebrauch bei Airbus Deutschland in Hamburg angegeben. Für Telefonate in andere Standorte ist der folgende Hinweis zu beachten:

Airbus Deutschland GmbH (A-D)

Hinweis: Telefonnummer außerhalb Airbus Deutschland:

+49 - (0)40 - 743 - XXXXX für Werk Hamburg (HAM)

+49 - (0)421 - 538 - XXXX für Werk Bremen (BRE)

Name	Abt., Tel.	Verantwortlichkeit / Aufgabe
Systems General (EYD)		
HEITMANN, Jens	EYD, 75991	Head of Systems/Equipment Standardization, Repräsentant A-D im RFID Steering Committee
Cabin Systems (EC)		
GOEDECKE, Rolf	ECYA2, 73585	Head of Cabin System Engineering Group
MAUERMANN, Steffen	ECYA2, 71990	
KRIEBISCH, Thomas	ECYA2, 73588	
Cabin Systems – EMV Tests		
KRUEGER, Heinz-Wolfgang	ECYA1, 73597	Abteilungsleiter Blitzschutz und EMV
KUERNER, Wolfgang	ECYA1, 84225	EMV Experte
Aircraft Maintenance System SAMS (BRE)		
HALM, Juergen	SEM, 2558	Projektleiter SAMS
SASS, Ferdinand	SEM3D, 6223	
Airbus Knowledge Management (BRE)		
BATRAM, Martin	Martin.Batram@airbus.com	Airbus Strategy

Partner Organisation und Airbus Industrie

Hinweis: Telefonvorwahl für

A-F and AI: +33-5-XXXX-XXXX

A-UK: +44-11-XXXX-XXXX

Airbus Spares: +49-40-5076-XXXX (Zentrale Hamburg)

Name	Abt., Tel.	Verantwortlichkeiten / Aufgabe
Airbus France (A-F)		
SMYTH, Richard	EYD, 75640	Head of System General
CHOMETTE, Yves	BISM/SC, 6193-5302	A-F representative in RFID Steering Committee
Airbus UK (A-UK)		
HENRY, Andy	B86, 7936-4914	A-UK representative in RFID Steering Committee
BRAUTIGAM, Chris	MWLD, 7761 -63681	Procurement, Supplier relations
Airbus Industries (AI)		
MISRAI, Gerard	SE1, 6193-3985	Head of Airline Maintenance
KRAPP, Achim	SE-M, 6193-3958	Airline Maintenance
Airbus Spares Support and Services		
LAWRENZ, Olaf	SM-O25, 5076-	Airbus Spares representative in RFID Steering Committee
STUECKER, Ralf	SM-O25, 3205	Expert in RFID AI- Spares, PL Airbus Loan Tool Service
WARNECKE, Hartwig	SM, 3457	Airbus Strategy

Externe Kontakte

Fraunhofer Gesellschaft – Institut Fabrikbetrieb und –automatisierung		
FROEHLICH, Steffen	+49 (0) 391 4090-0	Projektleiter RFID
FLECHTNER, Eyk	-	
Sopheon NV		
RUTTEN, Dr. Huub	http://www.sopheon.com/contactus.asp	Vice President of Product Research and Design
NARINX, Arjen	-	Technischer Leiter Compliance Management
VAN DIJK, Erik-Jan	-	Vertriebsleiter
Zulieferfirmen		
KID-SYSTEME	Manfred Endress Jörg Holst Manfred.Endress@KID-syteme.de	CIDS -System
Siemens	Werner Gebauer Norbert Zimmermann Rainer Gloth Marion Koblischke Rainer.Gloth@siemens.com	RFID Ansprechpartner, PL Compliance Management
COSYS	Dieter Scholz, GF Horst Feldhaus, PL Dietrich Vorböcker, TL Rainer Schwager Dieter Unkelmann +49 (0) 5062 900 0	ID- Systemlösungen