

# **Schlussbericht**

## **InfoNet**

**Innovatives faseroptisches Hochgeschwindigkeitsdaten-  
und Beleuchtungsnetzwerk unter Berücksichtigung  
von hubschrauberspezifischen Rahmenbedingungen**

**Förderkennzeichen 20Y1903**

**AIRBUS HELICOPTERS DEUTSCHLAND GmbH**

Der Inhalt dieser Unterlage ist geistiges Eigentum der AIRBUS Helicopters Deutschland GmbH. Das diesem Bericht zugrundeliegende Vorhaben wurde mit Mitteln des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie (BMWE) gefördert.

The content of this document is the intellectual property of AIRBUS Helicopters Deutschland GmbH. The project which forms the basis for this report is endorsed and funded by the Federal Ministry for Economic Affairs and Energy (BMWE).

## **I. Übersicht**

### **Zweck**

Das vorliegende Dokument beinhaltet für die AIRBUS HELICOPTERS DEUTSCHLAND GmbH den offiziellen Schlussbericht des Fördervorhabens InfoNet. Er enthält die Berichterstattung über die im Rahmen des Projekts durchgeführten Aktivitäten und deren Ergebnisse.

### **Schutzrechte**

Der Inhalt dieser Unterlage ist geistiges Eigentum der AIRBUS HELICOPTERS DEUTSCHLAND GmbH. Das diesem Bericht zugrundeliegende Vorhaben wurde mit Mitteln des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie gefördert.

## Inhaltsverzeichnis

I.	Übersicht .....	2
II.	Aufgabenstellung .....	7
III.	Voraussetzungen, unter denen das Vorhaben durchgeführt wurde .....	8
IV.	Planung und Ablauf des Vorhabens .....	9
V.	Wissenschaftlicher und technischer Stand an dem angeknüpft wurde .....	11
VI.	Darstellung der wissenschaftlichen-technischen Ergebnisse .....	12
VI.1	HAP1 System Analyse und Architektur .....	12
VI.1.1	AP1.1 Systemarchitektur .....	12
VI.1.2	AP1.2 Flugsicherheit .....	12
VI.1.3	AP1.3 Untersuchung Zulassbarkeit .....	13
VI.2	HAP2 Netzwerk Design .....	13
VI.2.1	AP2.1 Komponenten Spezifikation .....	13
VI.2.2	AP2.2 System Integration .....	13
VI.3	HAP3 System Komponenten, Hardware und Software .....	14
VI.3.1	AP3.1 MiniMRP Infrastruktur .....	14
VI.3.2	AP3.2 Faser Optischer Datenknoten .....	14
VI.3.3	AP3.3 Konfiguration Datenknoten .....	15
VI.4	HAP4 Demosystem Integration .....	16
VI.4.1	AP4.1 Planung Prüfstand .....	16
VI.4.2	AP4.2 Aufbau Prüfstand .....	16
VI.4.3	AP4.3 Testkampagne auf dem Prüfstand .....	16
VI.5	HAP5 Faseroptische Beleuchtung .....	17
VI.6	HAP6 Industrielle Fertigung .....	18
VI.6.1	AP6.1 Analyse der faseroptischen Fertigungsprozesse .....	18
VI.6.2	AP6.2 Adaption Fertigungsprozess .....	20
VI.6.3	AP6.3 Probefertigung optischer Bündel .....	20
VII.	Wichtige Positionen des zahlenmäßigen Nachweises .....	21
VIII.	Notwendigkeit und Angemessenheit der geleisteten Arbeit .....	22
IX.	Voraussichtlicher Nutzen und Verwertbarkeit der Ergebnisse .....	23
X.	Fortschritt auf dem Gebiet des Vorhabens bei anderen Stellen .....	24
XI.	Veröffentlichungen .....	25

## Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: Projektplan .....	9
Abb. 2: Kupferkabel vs. Glasfaser .....	11
Abb. 3: RIU Interface mit Single MT .....	13
Abb. 4: ZCU102 Evaluation Board.....	15
Abb. 5: Prozessübersicht Lichtwellenleiterkonfektion .....	18
Abb. 6: Beispiel Arbeitsplatz zur Single Fiber Lichtwellenleiter-Konfektion .....	19
Abb. 7: Multi Fiber Arbeitsschritte .....	20

**Abkürzungsverzeichnis**

AMC	Aircraft Monitor Computer
AHD	Airbus Helicopters Deutschland
AP	Arbeitspaket
ATA	Air Transport Association
CCT	Korrelierte Farbtemperatur
DAL	Design Assurance Level
DDR	Double Data Rate
DMAU	Dynamic Monitoring Acquisition Unit
DME	Distance Measuring Equipment
DTD	Data Transfer Device
EASA	European Union Aviation Safety Agency
EMB	Electrical Masterboxes
EMI	Elektromagnetische Interferenz
ETH	Ethernet
EWIS	Electrical Wiring Interconnection System
FPGA	Field Programmable Gate Array
H/C	Helicopter
HSDN	High Speed Data Network
IP	Internet Protocol
IR	Infrarot
LED	Licht emittierende Diode
LTE	Long Term Evolution – Mobilfunk-Standard
MFD	Multifunctional Display
MiniMRP	Mini Modular Rack Principle
NVG	Night Vision Goggles
OFIS	Optical Fibre Interconnection System

PCB	Printed Circuit Board
RAD ALT	Radar Altimeter
RIU	Reconfigurable Interface Unit
UAN	Unterauftragnehmer
WD	Wiring Diagram

## II. Aufgabenstellung

Die Aufgabe des Vorhabens bestand darin, die Möglichkeit der Verwendung von faseroptischen Leitern im System Hubschrauber aufzuzeigen, um die Vorteile von Lichtwellenleitern in den Anwendungsapplikationen eines Hochgeschwindigkeits-Daten-netzwerken und einer innovativen Beleuchtung darzustellen.

Das in diesem Vorhaben konzipierte System sollte im ersten Schritt zeigen, dass mit dem Einsatz von faseroptischen Leitungen ein Netzwerk im Hubschrauber integriert werden kann, welches neben einer signifikanten Steigerung der Datenübertragungsrate im optischen Netzwerk, auch zu einer Vereinfachung der Komplexität der Daten-Leitungsbündel und damit verbunden auch zu einer Gewichts- und Volumenreduzierung (Einbauraum) führt. Dazu zählte auch die Entwicklung von faseroptischen Demonstrator Hardware-Komponenten einschließlich der notwendigen Softwareanteile (z.B. Firmware, Konfigurationstools etc.) sowie der Nachweis zur Funktionsfähigkeit der neuen Netzwerkarchitektur in einer möglichst hubschrauberäquivalenten Testumgebung. In diesem Zusammenhang wurde auch der Fertigungsprozess zur Herstellung von faseroptischen Leitungsbündeln untersucht.

Bei der faseroptischen Beleuchtungstechnologie ging es im Wesentlichen darum, mehr Flexibilität bei der Entwicklung oder Anpassung einer missionsspezifischen Beleuchtungs-konfiguration für einen Hubschrauber zu erreichen. Auch hier galt es einen Ansatz zu finden, der zum einen gewichtsoptimiert und zum anderen eine Lösung für die teils schwierigen Einbaubedingungen (Platzverhältnisse) im Hubschrauber bietet. Dazu sollten zunächst verschiedenen Beleuchtungsapplikationen auf Ihre Anwendung hin untersucht, um anschließend eine Systemarchitektur sowie erste Anforderungen an die Demonstrator Komponenten zu definieren.

### **III. Voraussetzungen, unter denen das Vorhaben durchgeführt wurde**

Airbus Helicopters hat umfangreiche Erfahrungen in der Entwicklung und Integration von Avionik- und Beleuchtungssystemen. Beispiel hierfür ist die Serien Zulassung der hochintegrativen Avionikplattform HELIONIX auf der H135 in 12/2016, welche über ein hochkomplexes Datennetzwerk verfügt. Die im Rahmen der verschiedenen Forschungsprojekte gewonnenen Erfahrungen, über die Komplexität und teilweise schwierigen Randbedingungen, beim Einsatz von neuartigen Avioniksystemen, sind gute Voraussetzung, Anforderungen unter der Berücksichtigung verschiedenster Aspekte zu definieren oder auch zu adjustieren. Schlüsselkompetenzen im Bereich der Gesamtavionik, der Zulassung und der Durchführung von Flugtests trugen entscheidend dazu bei, dass Vorhaben erfolgreich umzusetzen. Für die HW Entwicklung des faseroptischen Datennetzwerkes konnten bestehende Lieferanten aus dem Airbus Helicopters Netzwerkes eingebunden werden, welche hier entsprechende Erfahrung bei der Auslegung von hochkomplexen Multi-Layer Boards zur Miniaturisierung der Komponenten besitzen.



Im **HAP1** erfolgte maßgeblich die Analyse der Hubschrauber Architektur im Hinblick auf die Überführung von Kupfer auf Glasfaser Technologie und das Design einer neuen Daten Netzwerk Topologie.

Das **HAP2** befasste sich mit der Spezifizierung der Netzwerkkomponenten unter Berücksichtigung der besonderen Anforderungen einer Hubschrauberplattform. Die gezielte Systemintegration erfolgt am Beispiel der H135 und schließt die Netzwerkwegeplanung unter Berücksichtigung aller relevanten Datenschnittstellen und Standards ein.

Das **HAP3** befasste sich mit der Herstellung aller Systemkomponenten z.B. einer skalierbaren Infrastruktur auf Basis modularer Gehäuseformen wie dem ARINC 836, der notwendigen Firmware, sowie der faseroptischen Datenknoten inklusive der Implementierung eines Konfigurationstools zur Steuerung von Änderungen oder Erweiterungen der Netzwerkarchitektur.

Im **HAP4** erfolgte die Planung und der Aufbau eines Prüfstandes für ein faseroptisches Netzwerk, um alle Systemkomponenten hinsichtlich ihrer Funktion, der Datenintegrität und Leistungsfähigkeit zu validieren.

Für die faseroptische Beleuchtung im **HAP5** wurden zunächst die Anforderungen an ein derartiges System hinsichtlich der optischen Beleuchtungsfunktionen definiert, bzw. welche bestehende Beleuchtungssysteme durch dieses neuartige Konzept ersetzt werden könnten. Im Anschluss daran wurden die Anforderungen für die Demonstrator Komponenten definiert.

Im **HAP6** erfolgte die Untersuchung des industriellen Fertigungsprozesses für die faseroptischen Leitungen sowie die Herstellung eines Glasfaserbündels für das Datennetzwerk.

## V. Wissenschaftlicher und technischer Stand an dem angeknüpft wurde

Beim bereits beendeten LuFo Vorhaben SMART\_HC\_FBX (FKZ 20H1107) konnten erste Ergebnisse im Bereich von Robustheitstests bzgl. Temperatur und Vibration einer einzelnen optischen Datenübertragungsstrecke erzielt werden. Das Vorhaben InfoNet hat an diesen Ergebnissen angeknüpft und diese auf das gesamte Datennetzwerk übertragen.

Beim aktuellen Stand der Technik im zivilen Hubschrauberbau basiert die vorhandene Architektur und die dazu notwendige Verkabelung, unabhängig, ob es sich um ARINC 429-, diskrete oder Ethernet-Kabel handelt, komplett auf metallischen (Kupfer) Leitungen. Zudem handelt es sich um eine zentralisierte Architektur – dies bedeutet, dass die Avionikgeräte kompakt an einer zentralen Stelle im Hubschrauber, z.B. dem Avionikdeck, verbaut werden. Dieser zentrale Einbauraum ist limitiert, wodurch eine Erweiterung der vorhandenen Avionik immer wieder zu Einbaudiskussionen führt. Des Weiteren führt die Verwendung von metallischen Leitern aufgrund des Leitungsquerschnitts (siehe Abb.2) zu Herausforderungen bei der Integration des Leitungsbündels in der Hubschrauberstruktur.

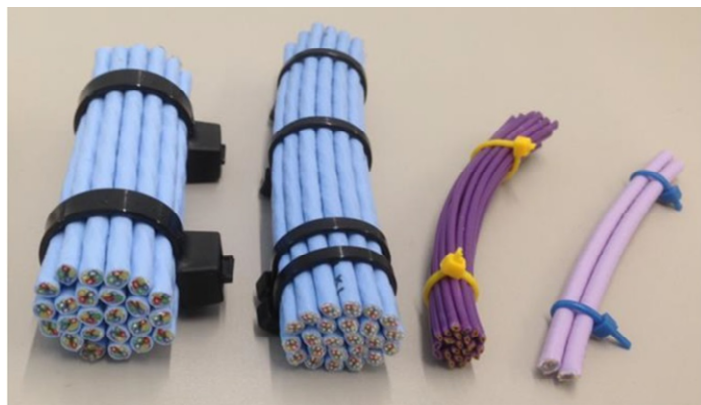


Abb. 2: Kupferkabel vs. Glasfaser

Durch die Verwendung von metallischen Leitungen wird ebenfalls die Übertragung von Datenvolumen limitiert. Zudem bietet die Verwendung der Lichtwellentechnologie weitere Vorteile wie deutliche Verbesserungen hinsichtlich Cyber Security; der Abhöraufwand wird erhöht, Nebensprechen wird unterbunden – metallische Leiter weisen bei parallel geführten Drähten gegenseitige induktive und kapazitive Kopplungen auf – und Unempfindlichkeit gegenüber elektro-magnetischer Störung.

Aktuell besteht die Hubschrauberbeleuchtung aus vielen Lichtquellen, die an vielen verschiedenen Stellen im Innen- und Außenbereich integriert sind. Insbesondere für die Kabinendecke und Cockpit ist es schwierig, viele verschiedene Leuchten zu integrieren, die jeweils nur eine Funktion haben (Notlicht, NVG-Licht, Leselicht, allgemeine Kabinenbeleuchtung, Fluchtwegmarkierungen, usw.). Durch eine Entkopplung zwischen der eigentlichen Lichterzeugung und der Lichtfunktion am Lichtaustritt können daher Einbau-Kollisionen vermieden werden.

## **VI. Darstellung der wissenschaftlichen-technischen Ergebnisse**

### **VI.1 HAP1 System Analyse und Architektur**

#### **VI.1.1 AP1.1 Systemarchitektur**

Der Hauptfokus der Untersuchungen lag auf der Avionik-Architektur, insbesondere das Zusammenspiel zwischen dem Multifunctional Display (MFD), dem Aircraft Monitor Computer (AMC), dem Data Transfer Device (DTD) und der Dynamic Monitoring Acquisition Unit (DMAU), wie es aktuell in der Hubschrauber Serie eingesetzt wird.

Die bestehende Architektur kann durch ein High Speed Data Network (HSDN) ersetzt werden. Die DTD als zentraler Verteilerpunkt entfällt hierbei und drei RIU (Reconfigurable Interface Unit) Boxen und ein Fiber Backbone übernehmen die Funktion der Datenverteilung. In Folge der Untersuchungen wurden aber auch weitere Avionik Systeme identifiziert, die sich an die RIUs anschließen und in den Fiber Backbone integrieren lassen können.

#### **Gewichtsanalyse und Einbauvolumen**

Auf der Grundlage der untersuchten Architektur wurde eine Gewichtsanalyse durchgeführt, die gezeigt hat, dass eine Gewichtseinsparung von ca. 23 % bei einer gleichzeitigen starken Erhöhung der Datenraten erreicht werden kann.

Des Weiteren konnte im Vorhaben bestätigt werden, dass sich das Einbauvolumen um ca. 67% reduzieren lässt, was zu einer deutlichen Vereinfachung bei der Integration der Leitungsbündel in den Kabelkanälen bzw. in der Hubschrauberstruktur führen würde.

Zusammengefasst lässt sich sagen, dass das HSDN basierend auf den RIUs viele Vorteile gegenüber den bestehenden Systemen hat. Es hat deutlich höhere Datenraten bei gleichzeitig geringerem Volumen der Verkabelung und geringerem Gewicht. Wird die vorhandene Rechenleistung der RIUs ausgenutzt, um ebenfalls Aufgaben von anderen Geräten mit zu übernehmen, so ergibt sich zusätzlich auch ein Kostenvorteil. Allerdings sind die Kosten für ein HSDN aktuell noch wesentlich höher im Vergleich zur bestehenden Avionik Architektur.

#### **VI.1.2 AP1.2 Flugsicherheit**

Der Fokus dieses Arbeitspaketes lag auf dem Thema Flugsicherheit bzw. Sicherheit als Ganzes. Dieses Thema wurde parallel zur Entwicklung und Implementierung der Komponenten immer wieder betrachtet. Insgesamt gesehen wurden die verarbeiteten Daten auf flugunkritische Daten (DAL D) beschränkt. Des Weiteren wurden nur Laser der Klasse 1 (unter 1mW) verwendet. Sollen in Zukunft auch flugkritische Daten verarbeitet werden, muss das DAL Level entsprechend angehoben werden, wodurch sich auch die Architektur entsprechend ändert.

## VI.1.3 AP1.3 Untersuchung Zulassbarkeit

Die RIUs können Daten verschiedener ATA Kapitel verarbeiten, wodurch das System zurzeit keinem speziellen ATA Kapitel zugeordnet werden kann. Daher besteht die Notwendigkeit zu einem Austausch zwischen Industrie und EASA, in welchem Kontext und unter welchen Regularien ein OFIS (Optical Fibre Interconnection System) Leitungsbündel im Hubschrauber verlegt werden kann. Derzeit gibt es Ansätze die bestehenden Regularien auch für das OFIS zu verwenden oder eigenständige Regularien dafür zu schaffen.

## VI.2 HAP2 Netzwerk Design

### VI.2.1 AP2.1 Komponenten Spezifikation

Für die RIU wurde eine Komponentenspezifikation erstellt, die verschiedene Punkte wie das Thermalmanagement, die Miniaturisierung der MRP-Boxen, verschiedene Umweltanforderungen wie Temperatur, Vibration, Schock und elektromagnetische Strahlung mitberücksichtigt.

Für den Stecker in der RIU, welcher die elektrischen Schnittstellen zur Verfügung stellt, wurde die EN4165-5 definiert. Für das Gehäuse wurde eine MiniMRP-Box der Firma *Tyco Electronics* vorgesehen. Die RIU-Box wird in einem Spannungsbereich von 12VDC bis 32VDC betrieben, wobei der kontinuierliche Verbrauch unter 25W max. liegt.

Nach der Analyse der vorhandenen Avionik-Architektur wurden folgende Schnittstelle für die RIU ausgewählt: ETHERNET, ARINC 429, RS232, CAN und DISCRETs. Die folgende Abbildung (Abb. 3) zeigt das RIU Interface mit einem Single-MT Stecker.

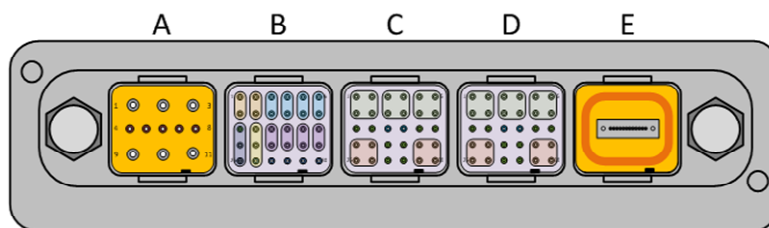


Abb. 3: RIU Interface mit Single MT

### VI.2.2 AP2.2 System Integration

Um die geplante Systemarchitektur mit dem HSDN Backbone, wie im Arbeitspaket AP 1.1 beschrieben, im Hubschrauber umzusetzen, sind zunächst drei RIU - Boxen notwendig. Diese sollten möglichst nah an den angeschlossenen Systemen installiert werden. Somit ergeben sich die folgenden drei Einbauorte im Hubschrauber:

- 1) Im I Pult, in der Nähe der MFDs

- 2) An der Hubschrauberzelle in Nähe der AMCs
- 3) Auf dem Avionik Deck

## VI.3 HAP3 System Komponenten, Hardware und Software

### VI.3.1 AP3.1 MiniMRP Infrastruktur

Wie bereits erwähnt, findet die RIU in einem MiniMRP Gehäuse Platz. In Zusammenarbeit mit *Tyco Electronics* wurde das Design des Mounting Trays überarbeitet, um die Bedürfnisse für den Einbau in der Hubschrauberumgebung wie z.B. den beengten Einbauräumen und der RIU zu erfüllen.

### VI.3.2 AP3.2 Faser Optischer Datenknoten

#### Thermalsimulation

Es wurde vermutet, dass die festgelegten Abmaße einer MiniMRP-Box für die Temperaturanforderungen im Betrieb eine Herausforderung stellen. Daher wurde eine Simulation aufgebaut, um die Temperaturverteilung in der Box zu überprüfen.

Anhand der Heat-Map konnten die einzelnen „Hotspots“ auf der Leiterplatte lokalisiert werden. Dabei wurden die „Spitzentemperaturbereiche“ genauer untersucht, um sicherzustellen, dass die ausgewählten Elektronikbauteile die Temperaturlimits nicht überschreiten.

#### Simulationsmodell

Die im Arbeitspaket AP 2.1 beschriebene Spezifikation der RIU wurde ebenfalls in ein Simulationsmodell überführt und getestet.

Neben dem simulationsbasierten IP-Core- und Funktionstest wurde auch ein realer Testaufbau auf Basis einer Evaluierungsplattform aufgebaut. Der Testaufbau von Abb. 4 zeigt die Evaluierungsplattform bei einem laufenden 10G-Switch-Core-Test.



Abb. 4: ZCU102 Evaluation Board

## Leiterplattenaufbau

Die Layout- und Simulationsarbeiten dienten abschließend zur Verifikation des verwendeten Lagenaufbaus der RIU Leiterplatte (PCB – Printed Circuit Board). Mit der Verwendung eines kompakten multi-layer PCB-Bord ohne interne Steckverbindungen konnten mögliche mechanische und elektrische Probleme, welche durch Vibration oder Steckerkorrosion verursacht werden, bereits konstruktiv ausgeschlossen werden.

## VI.3.3 AP3.3 Konfiguration Datenknoten

Da der Einsatz der RIUs auf die Bereiche DAL-D/E beschränkt ist, wurde die Verwendung einer Linux basierten Softwareumgebung möglich.

Als Basis der Software diente der vom Hersteller des zentralen FPGA Bausteins bereitgestellte Linux Kernel Quelltext. Die Konfiguration des Betriebssystemkerns erfolgte über die Linux-typische Menüführung, was den Vorteil hatte, dass Linux-erfahrene Entwickler keine weitere Einarbeitungszeit benötigten.

Die FPGA Auslastung gemäß der RIU Spezifikation liegt bei 50% und erlaubt somit weitere projekt- bzw. applikationsspezifische Erweiterungen z.B. im Bereich Signalverarbeitung.

## **VI.4 HAP4 Demosystem Integration**

### **VI.4.1 AP4.1 Planung Prüfstand**

Für den Prüfstand konnte eine Testbench genutzt werden, die aus einem realistischen Cockpit Nachbau mit zum Teil original H/C Equipments besteht und die Möglichkeit bietet, sämtliche relevanten Signale des Hubschraubers zu adaptieren. Durch diese Art der Zugänglichkeit wird ein schnelles Ein- und Ausrüsten des InfoNet HSDN Testequipments ermöglicht.

Zur Vorbereitung der Testreihe wurde zunächst das benötigte Interface zwischen den RIUs und der Testbench selektiert. Um dieses Interface herzustellen, wurden entsprechende WDs (Wiring Diagram) für die Adapter Kabel erstellt.

### **VI.4.2 AP4.2 Aufbau Prüfstand**

Für die Erstinbetriebnahme der RIUs wurde zunächst provisorisch im Elektroniklabor ein Testaufbau realisiert, um erste Funktionsfehler zu beseitigen, damit die eigentliche Testbench nicht unnötig durch die Fehlersuche blockiert wird. Im Anschluss daran wurden die RIU's an die Cockpit-ähnliche Testbench angeschlossen.

### **VI.4.3 AP4.3 Testkampagne auf dem Prüfstand**

Während der Erstinbetriebnahme wurden zunächst die IP-Adressen und Routing Tabellen zugeordnet und die jeweiligen Applikationen aufgespielt. Mit deren Hilfe können die drei verbauten RIUs miteinander kommunizieren und sowohl Ethernet (ETH) als auch ARINC429 Signale verarbeiten und übertragen.

Der Anschluss eines speziellen Werkzeugs zur Überwachung und Aufzeichnung der Avionikdaten von ARINC429 an beide Seiten (Ein- und Ausgang) des A429-Streams ermöglicht die Überprüfung der Datenkonsistenz sowie Zeit-, Latenz- und Jittermessungen. Neben den Funktionsprüfungen aller Signal Ein- und Ausgänge sowie der Signalübertragung von Ethernet und ARINC429 wurde ebenfalls ein 24 Stunden Dauertest durchgeführt. Außerdem wurde die Abwärme der RIUs überprüft.

Es hat sich gezeigt, dass das aus drei RIUs bestehende HSDN dazu geeignet ist, in die Hubschrauber Architektur integriert zu werden und benötigte Daten zu übertragen. Der im Projekt gewählte Ansatz, die DTD durch das HSDN zu ersetzen konnte bestätigt werden.

## VI.5 HAP5 Faseroptische Beleuchtung

### Allgemeines Konzept

In diesem Projekt wurden zwei Methoden zur Erzeugung von weißem Licht mit Hilfe von Lasern untersucht:

- Mischen von Licht der drei Grundfarben (rot, grün und blau).
- Durch Anregung eines entfernten Leuchtstoffes mit blauem Laserlicht.

### Auswahl der primären Farblaserquellen

Es wurden Festkörperlaser für dieses Projekt ausgewählt, da sie hohe optische Leistung bei kleinem Formfaktor erzielen, wodurch diese Technologie für die Integration in Hubschraubern geeignet ist. In einem ersten Ansatz wurde ein Dauerstrichlaser mit DC-Stromversorgung ausgewählt.

### Auswahl der bevorzugten Beleuchtungsanwendung

Es wurde untersucht, welche Hubschrauberbeleuchtungen potenziell durch Lasermodulkombinationen ersetzt werden könnten. In einer ersten Iteration wurde die erforderliche Gesamt-Lumenleistung jeder Lichtquelle ohne Berücksichtigung anderer Überlegungen betrachtet. Im Wesentlichen kommen Beleuchtungssysteme wie z.B. das Leselicht oder die Exit-Beleuchtung hierfür in Frage.

### Vorteile für ein komplettes Beleuchtungssystem

Die Vorteile für eine vollständige Integration sind:

- Das überschüssige blaue Licht der Hauptlaserbox könnte dazu genutzt werden, um andere Beleuchtungsfunktionen zu ersetzen.
- Durch den Wegfall der Steuerungselektronik der verschiedenen klassischen Beleuchtungseinrichtungen können Kosten und Gewicht reduziert werden.
- Im gleichen Zusammenhang lassen sich dadurch auch die Einbauvolumen der verschiedenen Beleuchtungsanwendungen reduzieren.
- Des Weiteren können vollkommen neue Anwendungen definiert werden, welche durch die klassischen Beleuchtungsgeräte nicht realisiert werden könnten.

## Lichtleiterkabel

Ein wesentlicher Systembestandteil ist die optische Transportfaser, welche die zentrale Lasereinheit mit dem optischen Knoten verbindet. Hierzu konnten erste Anforderungen definiert werden, beispielsweise mit Bezug auf die optische Leistung und die damit verbundenen Kerndurchmesser der Faser oder das thermische Verhalten bei der Übertragung.

## Entwicklung der optischen Knoten

Die Anforderungen an das optische Design des optischen Endknotens umfassen:

- die Fähigkeit, unterschiedliche Lichtstrahlen zu erzeugen, indem ein einziges optisches Element geändert wird
- die Fähigkeit, Toleranz für eine breite Variation der räumlichen Lichtverteilung der Eingangsfaser zu haben
- die Fähigkeit, eine lichtemittierende Oberfläche zu haben, die die Energiedichte unter die Explosionssicherheit Grenzwerte senkt
- die Fähigkeit, den nominellen Gefahrenabstand für die Augen NOHD auf einen kurzen Abstand für die Augensicherheit zu begrenzen
- die Fähigkeit, ein Phosphor Umwandlungsmaterial gut zu kühlen
- die Fähigkeit, ein rückreflektierendes Infrarot-Phosphormaterial für das Sicherheitssystem einzubauen.

## VI.6 HAP6 Industrielle Fertigung

### VI.6.1 AP6.1 Analyse der faseroptischen Fertigungsprozesse

Die Abb. 5 zeigt den typischen Prozess bei der Lichtwellenleiterkonfektion.

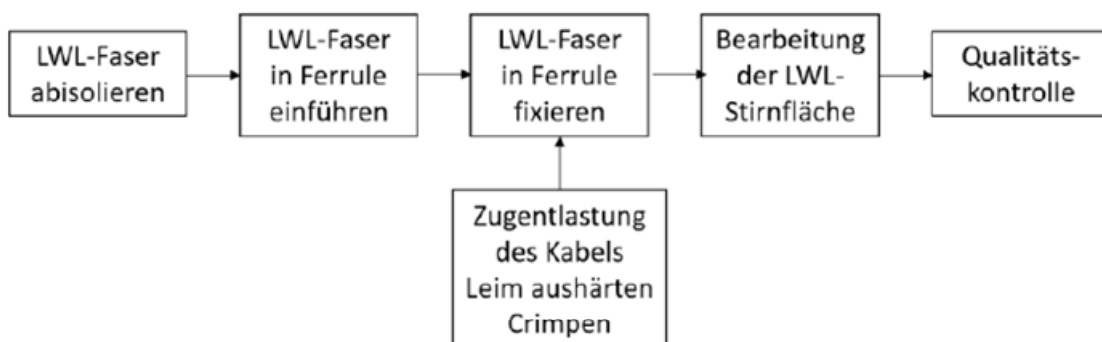


Abb. 5: Prozessübersicht Lichtwellenleiterkonfektion

[1] Der erste Schritt bei der Herstellung von Glasfaserkabel-Stecker-Verbindungen sind die Vorbereitungen am Kabel und Stecker. Der Stecker muss dafür zunächst demontiert werden. Dann wird das Kabel auf die benötigte Länge abgeschnitten. Anschließend kann

die Silikontülle (Buffer Support) und (wenn vorhanden) die Crimphülse auf den Lichtwellenleiter geschoben werden. Nun muss der Lichtwellenleiter mit einer speziellen Abisolierzange abisoliert und die innere Ummantelung entfernt werden. Zum Abschluss der Vorbereitungen muss die Faser mit einem in Reinigungsflüssigkeit getunkten, faserfreien Tuch gereinigt werden.

- [2] Im nächsten Prozessschritt werden die einzelnen Glasfasern in die Ferrule eingesetzt. Nach der Überprüfung, ob alle Fasern in der vorgesehenen Kerbe liegen, kann mit dem Fixieren mittels Epoxy-Kleber begonnen werden.
- [3] Der erste Schritt ist die Vorbereitung des 2-Komponenten-Klebstoffes, bei dem beide Komponenten miteinander verbunden und gemischt werden. Der fertige Klebstoff wird in einer Spritze gesammelt und muss so lange ruhen, bis die Luftblasen aus der Spritze gedrückt werden können. Alternativ werden hierfür auch Zentrifugen verwendet. Nun wird die MT Ferrule mit dem Epoxy-Klebstoff befüllt. Anschließend wird mit einer Silikonröhre ein Vakuum aufgebaut und so der Klebstoff in die einzelnen Kanäle für die Fasern gezogen. Die Aushärtung des Klebstoffes erfolgt in einem Ofen.
- [4] Der nächste Prozessschritt ist die Bearbeitung der Stirnfläche. Hier wird zunächst die noch überstehende Faser mit einem Faserritzwerkzeug abgetrennt. Die Trennstelle sollte so dicht wie möglich am ausgehärteten Klebstoff liegen. Für die Politur der optischen Fläche wird der Stecker auf das Polierwerkzeug aufgesetzt und eine kreisende Bewegung auf dem Polierpapier durchgeführt. Nach dem Polieren wird die optische Fläche an der Ferrule mit einem faserfreien Reinigungstuch gereinigt.
- [5] Die Inspektion der Stirnseite erfolgt mit einem Mikroskop, das eine mindestens 200-fache Vergrößerung vorweisen kann.

Im Vergleich zu herkömmlichen Kupfer Leitungen handelt es sich hierbei um einen erheblichen Mehraufwand. Die Abb. 6 zeigt einen exemplarischen Arbeitsplatz mit allen Geräten, die für eine Einfach Faser Lichtwellenleiter Konfektion nötig sind.

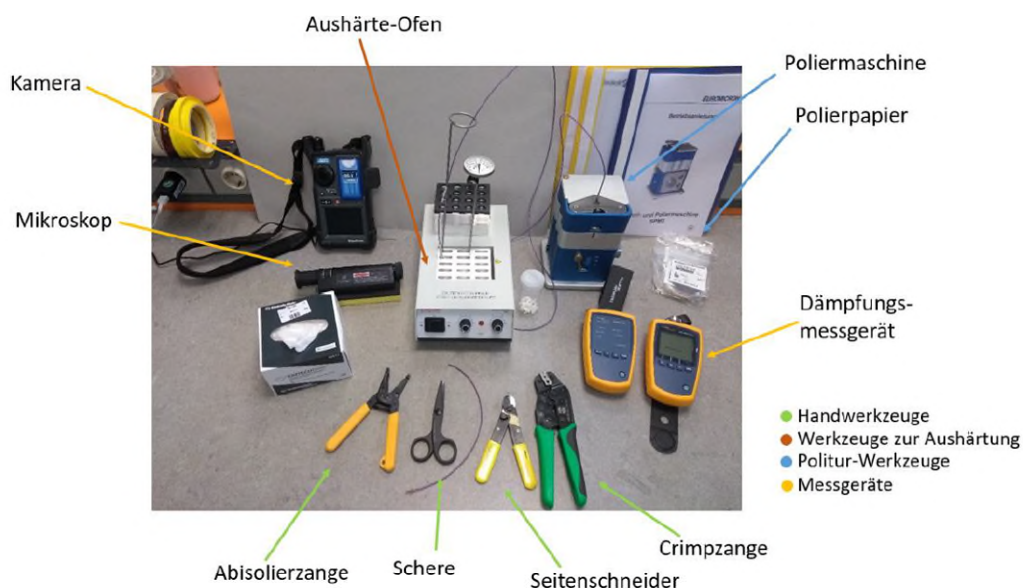


Abb. 6: Beispiel Arbeitsplatz zur Single Fiber Lichtwellenleiter-Konfektion

In der folgenden Abb. 7 ist der Prozess anhand eines Multi Fiber Glasfaser Kabels zu sehen. Zunächst werden die einzelnen Fasern entsprechend sortiert und fixiert. Anschließend werden

die Fasern abisoliert und gekürzt. Jetzt wird die MT Ferrule aufgesteckt und verklebt, ehe die Stirnfläche poliert wird. Zum Abschluss muss jede einzelne Faser noch einmal überprüft werden.

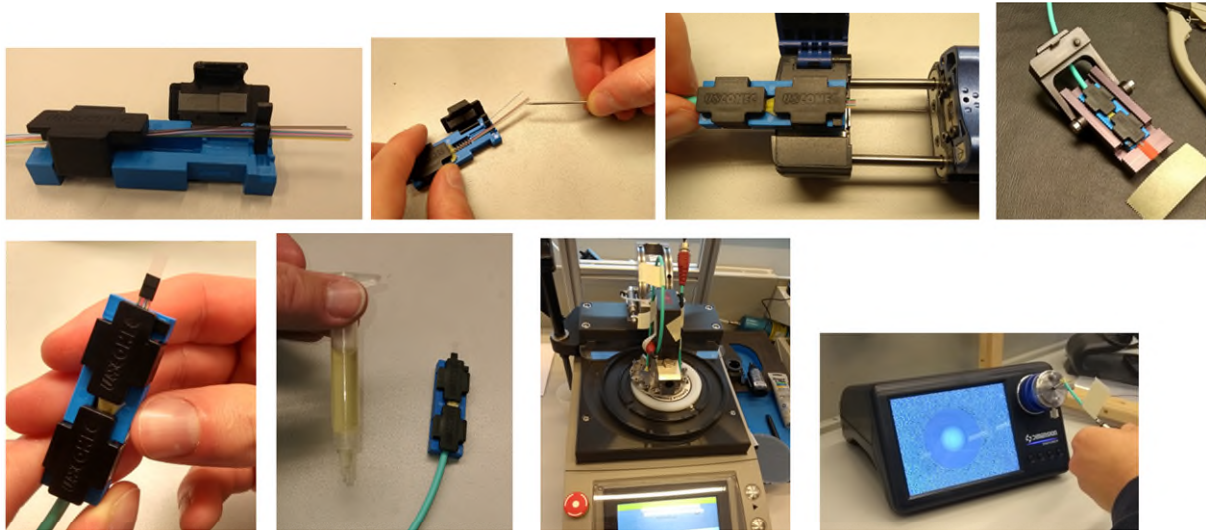


Abb. 7: Multi Fiber Arbeitsschritte

## VI.6.2 AP6.2 Adaption Fertigungsprozess

Die Erkenntnisse aus dem Arbeitspaket AP6.1 wurden genutzt, um einen Test-Arbeitsplatz für die Verarbeitung von Multifiber Kabeln zu definieren. Durch die enge Zusammenarbeit im *Airbus Konzern* bestand die Möglichkeit, die bereits vorhandene Infrastruktur zu nutzen, um in gemeinsamen Workshops die Prozesse zu verbessern und entsprechende Leitungsbündel anzufertigen.

### Herstellung Y-Kabel

Wie bereits erwähnt, wurde ein Y-Kabel benötigt, um ein Netzwerk von RIUs aufzubauen, wenn als optische Schnittstelle ein Single-MT Stecker verwendet wird. Das Aufsplitten einer Multifiber-Leitung auf zwei einzelne erwies sich hierbei als große Herausforderung. Dazu wurde ein 3D Druckteil entworfen, in dem sich die Aufspaltung einfacher ausführen lässt, damit eine gute Zugänglichkeit bei gleichzeitigem Schutz der einzelnen Fasern gewährleistet werden kann.

## VI.6.3 AP6.3 Probefertigung optischer Bündel

Der Prozess zur Herstellung der Steckverbindungen per Single-MT Stecker folgte dabei der Beschreibung aus dem AP6.1.

Da der Testeinbau der RIUs der real angedachten Einbaupositionen im Hubschrauber möglichst realistisch nachempfunden werden soll, sind verschiedene Kabellängen zwischen den jeweiligen RIUs notwendig. Die ermittelten Längen wurden bei der Kabelbaumfertigung entsprechend umgesetzt.

## **VII. Wichtige Positionen des zahlenmäßigen Nachweises**

Die Mittel, die für das Vorhaben eingeplant waren konnten im Projektverlauf zielgerichtet umgesetzt werden. Es kam zu keinen Überschreitungen in den einzelnen Kostenpositionen. Die mit Abstand größte Kostenposition im Vorhaben ist den Personalkosten zuzuordnen. Deren Mittel wurden überwiegend für die Definition, die Entwicklung und dem Test des Systemkonzeptes verwendet. An zweiter Stelle steht die Detailentwicklung und Fertigung eines RIU Sets als Demonstrator Komponenten zur Verwendung auf dem Prüfstand. Weitere signifikante Kostenpositionen sind im Vorhaben nicht angefallen.

## **VIII. Notwendigkeit und Angemessenheit der geleisteten Arbeit**

Die Planung und der Ablauf des Vorhabens spiegelt die typische Vorgehensweise bei der Erforschung von neuen Systemkonzepten in der Luftfahrt wider. Mit der Integration der RIU Demonstrator Komponenten auf einem Hubschrauber ähnlichen Prüfstand, konnte unter realen Testbedingungen im Avionik Gesamtsystem ein detailliertes und umfangreiches Arbeitsergebnis, beispielsweise zur Datenübertragung im Netzwerk ermittelt werden. Mit Bezug auf die Problem- bzw. Aufgabenstellung und dem im Vorhaben gewählten Lösungsansatz, ist der erbrachte Aufwand angemessen und konsistent zu den erzielten Arbeitsergebnissen.

## **IX. Voraussichtlicher Nutzen und Verwertbarkeit der Ergebnisse**

Insgesamt gesehen konnten im Vorhaben validierte und verifizierte Aussagen zum faseroptischen Datennetzwerk erzielt werden. Die Arbeitsergebnisse verbessern das Verständnis über die Anforderungen, Bedingungen und Einschränkungen hinsichtlich einer Integration der faseroptischen Anwendungen im Hubschrauber. Dies führt dazu, dass zukünftige Lösungsansätze bzw. die Weiterführung der Technologien schneller und mit einem besseren Ergebnis bezüglich Leistungsfähigkeit und Effizienz umgesetzt werden können. Gestützt werden diese Aussagen durch die positiven Ergebnisse aus den Versuchen auf einem Hubschrauber ähnlichem Prüfstand.

Damit wurde das gesetzte Ziel des Forschungsprojektes erreicht. Insgesamt hat das Forschungsvorhaben die Firma Airbus Helicopters wesentlich dabei unterstützt, in einem anspruchsvollen Wettbewerbsumfeld die Position als Entwickler und Integrator neuartiger Technologien im Bereich der Datennetze zu festigen.

## **X. Fortschritt auf dem Gebiet des Vorhabens bei anderen Stellen**

Während der Vorhabenlaufzeit sind keine Fortschritte auf dem Gebiet des Vorhabens bei anderen Stellen bekannt geworden.

## **XI. Veröffentlichungen**

Im Rahmen des Vorhabens ist es zu keinen Veröffentlichungen oder Vorträgen durch Airbus Helicopters gekommen.