

# **Schlussbericht der Garrecht Avionik GmbH**

zum Verbundvorhaben

**DiSCo**

## **Digitales Segelflugcockpit**

im Rahmen der  
Luftfahrtforschung und -technologie LuFo V-2  
Förderlinie „KMU“

mit den Projektpartnern

Butterfly Avionics GmbH (nach Fusion in 2017 ebenfalls Garrecht Avionik GmbH)

Schempp-Hirth Flugzeugbau GmbH

TU Darmstadt – Institut für Flugsysteme und Regelungstechnik

Luftfahrtforschungsprogramm LuFo V - 2. Aufruf

Laufzeit: 01.01.2016 – 31.03.2019

Förderkennzeichen: 20Q1503B

## Abkürzungsverzeichnis

AP	Arbeitspaket
ARP	Aerospace Recommended Practices
COTS	Commercial-Off-The-Shelf
CPU	Central Processing Unit
CS	Certification Standard
DAL	Design Assurance Level
DiSCo	Digitales Segelflugcockpit
EASA	European Aviation Safety Agency
ELA	European Light Aircrafts
ETSO	European Technical Standard order
FAA	Federal Aviation Authority
FE, FuE	Forschung und Entwicklung
FPGA	Field Programmable Gate Array
GAV	Garrecht Avionik GmbH
HAP	Hauptarbeitspaket
HDL / VHDL	Hardware Description Language
HW	Hardware
ICAO	International Civil Aviation Organization
LCD	Liquid Crystal Display
LRU	Line Replaceable Unit
µC	Microcontroller
PCAP	Projective-Capacitive (Touchpanel)
PCM	Product Certification Manager
SAE	Society of Automotive Engineers
SW	Software

## Inhaltsverzeichnis

Abkürzungsverzeichnis .....	2
Inhaltsverzeichnis .....	3
1 Kurze Darstellung .....	4
1.1 Allgemeines .....	4
1.2 Aufgabenstellung.....	4
1.3 Planung und Ablauf des Vorhabens .....	5
1.3.1 Zeitliche Planung .....	5
1.3.2 Projektstruktur .....	6
1.3.3 Wissenschaftlicher und technischer Stand, an dem angeknüpft wurde.....	7
1.3.4 Verwendete Fachliteratur, benutzte Informations- und Dokumentationsdienste .....	9
1.4 Zusammenarbeit mit anderen Stellen.....	10
2 Eingehende Darstellung .....	10
2.1 Erzielte Ergebnisse.....	10
2.1.1 AP 1.1 Definition des Designziels .....	10
2.1.2 AP 1.2 - Definition der Einbindung in künftiges Luftverkehrssystem.....	10
2.1.3 AP 1.4 - Ermittlung der Anforderungen an Zulassung.....	11
2.1.4 AP 1.5 - Ermittlung der technischen Anforderungen .....	11
2.1.5 AP 2.1. Benennung notwendiger Funktionalitäten .....	11
2.1.6 AP 2.2. Implementierung von Teilfunktionalitäten, Adaption bestehender HW-/SW-Komponenten.....	11
2.1.7 AP 2.4 – Vorauswahl von Konzepten / Anforderungsdefinition .....	12
2.1.8 AP 2.5 - Erste Implementierung auf Dummy Demonstratoren und Vortests .....	12
2.1.9 AP 3.2 - Implementierung der erarbeiteten Konzepte (HW/SW).....	12
2.2 Voraussichtlicher Nutzen und Verwertbarkeit der Ergebnisse .....	19
2.3 Darstellung des Fortschrittes an anderen Stellen .....	20
2.4 Erfolgte Veröffentlichungen des FE-Ergebnisses.....	21
2.5 Notwendigkeit und Angemessenheit der geleisteten Arbeit.....	21
Abbildungsverzeichnis.....	22

# 1 Kurze Darstellung

## 1.1 Allgemeines

**DiSCo** = Digitales Segelflugcockpit

**Typ:** Verbundprojekt KMU

**Verbundführung:** Garrecht Avionik GmbH, zuvor: Butterfly Avionics GmbH

<b>Partnerbudget:</b>	ca. 660.000 EUR
<b>Fördermittel:</b>	ca. 430.000 EUR
<b>Förderquote:</b>	65%
<b>Projektbeginn:</b>	01.01.2016
<b>Projektlaufzeit:</b>	39 Monate bis 31.03.2019

## 1.2 Aufgabenstellung

Das primäre Ziel des „DiSCo“-Vorhabens war es, Technologien zu entwickeln, die erforderlich sind, um Avionik-Teilsysteme konsequent in einem hochintegrierten digitalen Segelflugcockpit zusammenzufügen.

Derzeit sind Segelflugzeugcockpits geprägt von einer starken Fragmentierung. Es sind stand-alone Systeme installiert, die teils völlig konträre Bedienkonzepte aufweisen. Ein Austausch von Informationen der Systeme untereinander findet nur in sehr begrenztem Maße statt. Die recht zahlreich vorhandenen, und je nach Flugphase unterschiedlich wichtigen Informationen werden stets in identischer Form und wenig adaptiv zur Verfügung gestellt. Folge ist eine oft ungegliederte Informationsflut, die vor allem Piloten mit geringem Übungsstand oder nach langen Flugpausen, je nach Workload im Cockpit, überfordern können.

Ziel des Vorhabens ist es daher, Technologien zu entwickeln und zu evaluieren, welche die Grundlagen zur Integration aller wichtigen Systeme zu einem hochintegrierten Segelflugcockpit darstellen.

Garrecht Avionik GmbH (GAV) zeichnete im Vorhaben für die hardwareseitige Auslegung und Entwicklung solcher Avioniksysteme verantwortlich.

In HAP 1 erfolgte in Kooperation mit den anderen Projektpartnern sowie Behörden (EASA) auf verschiedenen Kommunikationswegen eine grundlegende Koordination und Abstimmung der für das im Rahmen des Projektes auszulegenden Systems relevanten Anforderungen.

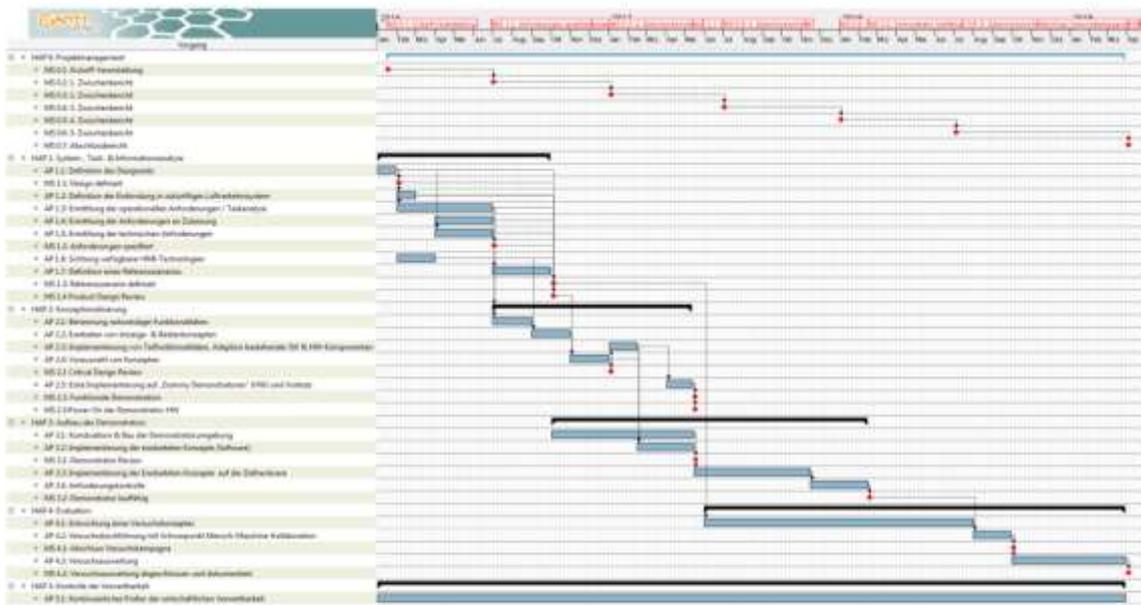
HAP 2 lieferte aus den hieraus abgeleiteten Requirements im Rahmen der Konzeptionierung Grundlagen für die Systemarchitektur, auf deren Basis im folgenden HAP 3 Design- und Implementierungsarbeiten durchgeführt wurden. Abschließend hierzu erfolgten Verifizierungen verschiedener Art, um den Gebrauch in Luftfahrzeugumgebungen experimentell bzw. analytisch nachzuweisen.

Zur Evaluation in HAP 4 wurden die entstandenen Systemkomponenten in die Simulatorumgebung integriert und dort in Betrieb genommen. Sämtliche Arbeiten erfolgten unter der Beachtung der nach HAP 5 gebotenen kontinuierlichen Prüfung auf wirtschaftlichen Verwertbarkeit.

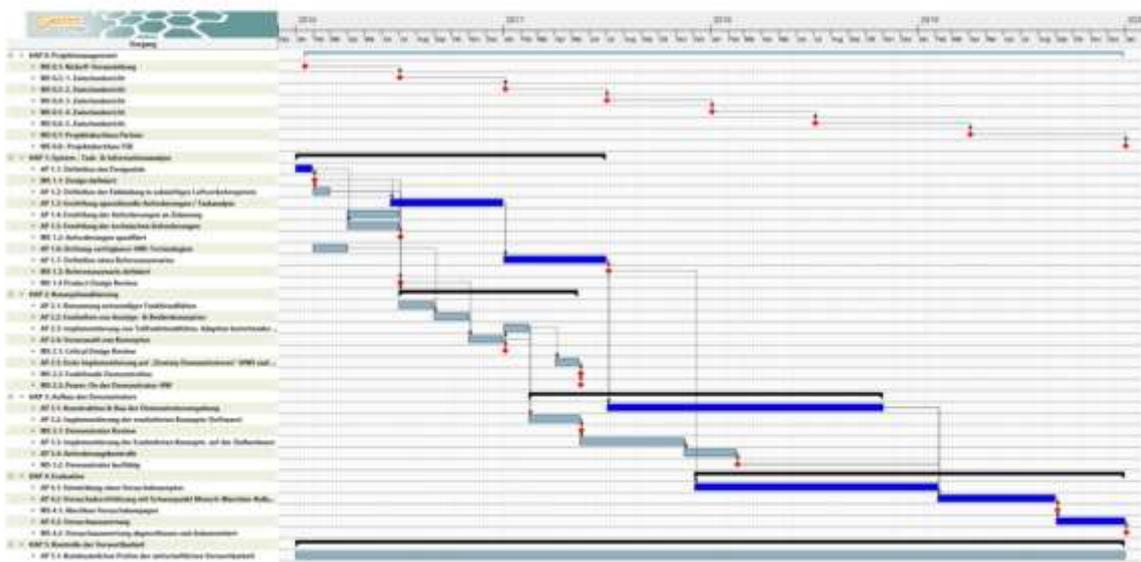
### 1.3 Planung und Ablauf des Vorhabens

#### 1.3.1 Zeitliche Planung

Der Ablauf des Vorhabens erfolgte im Wesentlichen nach den Vorgaben. Aufgrund terminlicher Änderungen wurde die Evaluationsphase leicht angepasst.



Initiale Zeitplanung aus dem Antrag (2016)



Aktualisierte Zeitplanung zum Ende des Projekts (2019)

Abbildung 1: Initiale und finale Zeitplanung

## 1.3.2 Projektstruktur

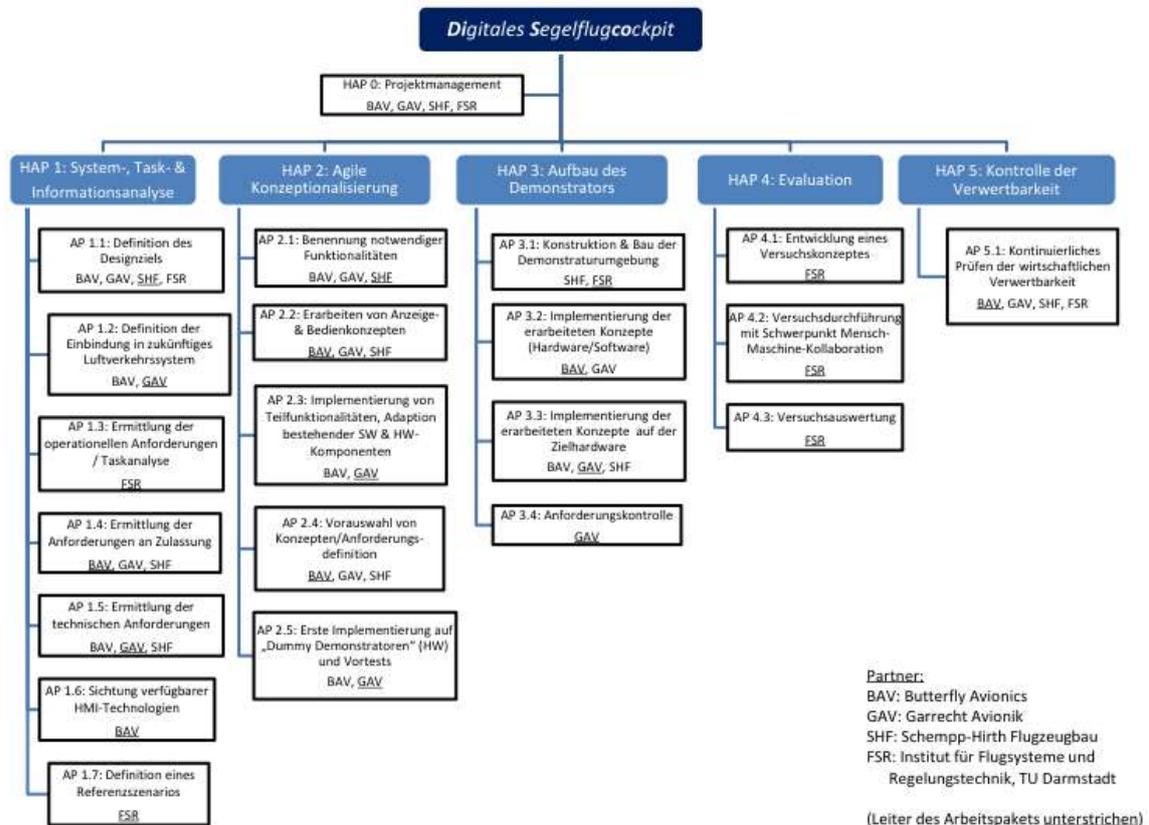


Abbildung 2: Projektstrukturplan

### 1.3.3 Wissenschaftlicher und technischer Stand, an dem angeknüpft wurde

Integrierte Cockpitlösungen für motorgetriebene Luftfahrzeuge der Allgemeinen Luftfahrt sind seit ca. 10 Jahren am Markt etabliert. Der Erstausrüstermarkt wird hier im Wesentlichen von zwei Herstellern dominiert. Nachrüstungen bzw. Komplettumbauten erfolgen hingegen nur selten.



Abbildung 3: Integrierte Cockpitlösung Dynon SkyView (Quelle: AOPA)

Segelflugcockpits sind hingegen stark zergliedert. Es treffen stand-alone Systeme mit einem geringen oder fehlenden Grad an Vernetzung und Integration aufeinander. Bedienkonzepte unterscheiden sich herstellerabhängig sehr stark voneinander. Es fehlen Standards, die vor allem bei ungeübten Piloten, z.B. nach der Winterpause, oder auch unter Stressbedingungen zu Fehlbedienung bzw. Mißinterpretation mit nicht selten katastrophalen Folgen führen. Mit dem Wunsch der Piloten, moderne Technologien nachzurüsten, entstehen teils Einbauten im Cockpit, die nicht selten das Sichtfeld des Piloten einschränken können.



Abbildung 4: Klassisches Segelflug-Cockpit (Quelle: M. Förderer)

#### 1.3.4 Verwendete Fachliteratur, benutzte Informations- und Dokumentationsdienste

Der weltweite Markt für Segelflugzeuge ist überschaubar. Die meisten Segelflugzeuge werden in Deutschland entwickelt und gefertigt. Da GAV bereits seit 1998 mit elektronischen Systemen für das Segment Segelflug am Markt präsent ist und im regen Austausch mit allen Segelflugzeugherstellern steht, war eine profunde Marktkennntnis vorhanden, so daß das Marktumfeld sehr genau bekannt war. Auf eine Inanspruchnahme von Dokumentation- und Informationssystemen konnte daher verzichtet werden und die nötigen Recherchen erfolgten in Eigenleistung.

Neben allgemein im Internet zugänglichen Quellen, wurde folgende Fachliteratur verwendet:

*EASA: Certification Memorandum (CM):*

- *Development Assurance of Airborne Electronic Hardware, EASA-CM-SWCEH-001 (2012)*
- *Software Aspects of Certification, EASA-CM-SWCEH-002 (2012)*
- *Acceptance of Electronic Flight Instrument Systems that have no equipment approval (ETSO) in Small Aeroplanes (ELA1), EASA-CM-AS-007 (2017)*

*EASA: Certification Specification for Sailplanes, CS-22 (2009)*

*EASA: Certification Specifications for European Technical Standard Orders, CS-ETSO (2016)*

*EUROCAE: Minimum Performance Standard Specification for Airborne VHF Receiver – Transmitter, ED-23C (2009)*

*FAA: Advisory Circular, System Safety Assessment for CS-23 Airplanes, AC23-1309-1E (2011)*

*Flarm Technology: Flarm NG Integration Manual, FTD-024 (2017)*

*Fulton/Vandermolen: Airborne Electronic Hardware Design Assurance (2014)*

*RTCA: Minimum Performance Standards (MPS) for*

- *Air Traffic Control Radar Beacon System / Mode Select (ATCRBS / Mode-S Airborne Equipment) RTCA DO-181E (2011)*
- *Global Positioning System / Wide Area Augmentation System Airborne Equipment RTC DO-229C (2001)*
- *Universal Access Transceiver (UAT) Automatic Dependent Surveillance Broadcast (ADS-B), RTCA DO-282B (2005)*
- *1090 MHz Extended Squitter Automatic Dependent Surveillance Broadcast (ADS-B) and Traffic Information Services (TIS-B), RTCA DO-260B (2009)*

*RTCA: Design Assurance Guidance for Airborne Electronic Hardware, DO-254 (2000)*

*RTCA: Software Considerations in Airborne Systems and Equipment Certification, DO-178C (2011)*

*RTCA: Environmental Test Conditions and Test Procedures for Airborne Equipment, DO-160G (2010)*

*SAE Aerospace: Aerospace Recommended Practices (ARP):*

- *Design Objectives for Liquid Crystal Displays for Part 25 Aircraft, ARP 4256A (2008)*
- *Guidelines for Development of Civil Aircraft and Systems, ARP 4754A (2010)*
- *Guidelines and Methods of conducting the safety assessment process on civil airborne systems and equipment, ARP 4761 (1996)*
- *Photometric and Colorimetric Measurement Procedures for Airborne Flat Panels, ARP4260 (1998)*
- *Electronic Displays, ARP 4102-7 (2007)*

- *Electronic Display Symbology for EADI/PFD, ARP 4102-7 Appendix A (2007)*

SAE Aerospace: Aerospace Standard (AS):

- *Airspeed Instruments, AS8019 (1981)*
- *Pressure Altimeter Systems, AS8009A (2005)*
- *Minimum Performance Standard for Airborne Multipurpose Electronic Displays, AS8034A (2005)*

## 1.4 Zusammenarbeit mit anderen Stellen

Im Laufe des Projektes erfolgte zur Ermittlung zulassungsspezifischer Anforderungen für primäre Fluginstrumentierung (Fahrtmesser, Höhenmesser) ein Austausch mit PCM der EASA. Es konnte hier ein gemeinsames Verständnis für die nötigen DAL und mithin erforderlichen Zertifizierungsaufwendungen entwickelt werden, welche jedoch mittlerweile aufgrund neuer Aspekte der GA-Roadmap eher grundlegenden Charakter haben.

## 2 Eingehende Darstellung

### 2.1 Erzielte Ergebnisse

Die wesentlichen Ergebnisse aus Sicht des Projektpartners werden im Folgenden, gegliedert nach Arbeitspaketen, dargestellt. Für die detaillierten Ergebnisse aus anderen AP sei auf die Berichte der jeweiligen Projektpartner verwiesen.

#### 2.1.1 AP 1.1 Definition des Designziels

In Zusammenarbeit mit den Projektpartnern erfolgte eine iterative Definition des Designziels. Das Ergebnis dieses Arbeitspaketes lieferte die grundlegenden technischen und funktionellen Anforderungen an ein Gesamtsystem, die sich für einen möglichst breiten Zielmarkt als vorteilhaft herausgestellt haben. Die langjährige Marktpräsenz und Kompetenz aller beteiligten Projektpartner in ihrem jeweiligen Fachgebiet war hierbei eine wertvolle Unterstützung.

#### 2.1.2 AP 1.2 - Definition der Einbindung in künftiges Luftverkehrssystem

Produktinnovationen erfolgen im Luftfahrtbereich aufgrund der umfangreichen Entwicklungs- und Zulassungsarbeiten oft nur recht langsam. In der Folge sind daher viele Geräte oftmals jahrzehntelang im Einsatz. Parallel hierzu setzten sich hierzu auch immer mehr Entwicklungen abseits des zulassungspflichtigen Bereichs durch, die, unter Verwendung industriellen Standards einen meßbaren Sicherheitsgewinn bieten. Zu nennen wären in diesem Zusammenhang Geräte, die eine verbesserte Erkennbarkeit von Luftverkehrsteilnehmern zu Kollisionswarnzwecken auf elektronischem Wege sicherstellen (sog. EC Devices). Sämtliche zur Projektlaufzeit bekannten oder auch in Entwicklung befindlichen Systeme wurden daher auf Ihre Relevanz für die Nutzergruppe hin untersucht und die Interoperabilität mit solchen Systemen zur essentiellen Anforderung an das Gesamtsystem definiert. Desweiteren wurden die einschlägigen ICAO-weiten Anforderungen an Flugsicherungs-ausrüstung für die Nutzergruppe in den Anforderungskatalog übernommen. Aufgrund der regulatorischen Harmonisierung konnte hier auf die technischen Mindestanforderungen der relevanten CS-ETSO

zurückgegriffen werden. Der Fokus wurde dabei auf die spezifischen Belange im Segelflug gelegt. Beachtet wurden hierbei auch Anforderungen, die u.U. erst in der Zukunft relevant werden.

### 2.1.3 AP 1.4 - Ermittlung der Anforderungen an Zulassung

In diesem Arbeitspaket wurden sämtliche technischen Anforderungen an ein solches Gesamtsystem erfasst, betrachtet und auf Ihre Anwendbarkeit hin überprüft. Mögliche Abweichungen bzw. Erleichterungen gegenüber der den formalen regulatorischen Anforderungen wurden auf den Aspekt Segelflug hin mit der EASA diskutiert. Auf Basis einschlägiger Standards für die Entwicklung von Luftfahrtsystemen (SAE ARP 4754A, ERP 4761) wurden sodann die für die praktische Umsetzung im Entwicklungsprozeß nötigen Grundlagen geschaffen. Zu erwähnen sei an dieser Stelle, daß sich im Zuge der Weiterentwicklung des EASA Rulemaking für Luftfahrzeuge der Allgemeinen Luftfahrt (insbesondere ELA1 Flugzeuge) interessante Aspekte ergeben haben, die möglicherweise zu einer Erleichterung des Zertifizierungsaufwandes führen.

### 2.1.4 AP 1.5 - Ermittlung der technischen Anforderungen

Ausgehend von den Ergebnissen vorvergänger AP wurden in diesem AP sämtliche Anforderungen an das Gesamtsystem (=System Requirements) formuliert. Diese stellten die Grundlage für die spätere Formulierung der Hardware- und Software-Requirements dar. Eine weitere Detaillierung wurde aufgrund des gebotenen Charakters des Forschungsvorhabens nur auf unmittelbar umzusetzende Entwicklungsarbeiten beschränkt. Berücksichtigt wurden in diesem AS bereits existierende unternehmenseigene Designs von stand-alone Subsystemen, deren Funktionalität für das zu entwickelnde System essentiell ist und hieran zu adaptieren waren.

### 2.1.5 AP 2.1. Benennung notwendiger Funktionalitäten

Die zur Integration ins Flugzeug nötigen Anforderungen und Schnittstellen wurden in diesem AP erarbeitet. Beispielhaft wurde ein Szenario für ein einsitziges Segelflugzeug vom Typ Ventus 3 (Schempp-Hirth) zugrunde gelegt und die hierzu erforderliche spezifische Ausführung der Systemhardware definiert.

Hierbei wurde auch die generelle Integrationsmöglichkeit in den oft recht beengten Einbausituationen in Segelflugzeugrümpfen berücksichtigt und gemeinsam mit den Projektpartnern sinnvolle Einbaupositionen, auch im Hinblick auf die spätere Erreichbarkeit zu Wartungszwecken ermittelt und erörtert.

### 2.1.6 AP 2.2. Implementierung von Teilfunktionalitäten, Adaption bestehender HW-/SW-Komponenten

Ausgehend von bereits existierenden Systemkomponenten, wie Transponder, Verkehrssensor sowie das parallel zum Forschungsvorhaben in Entwicklung befindliche Funkgerät wurde deren Verwendbarkeit bzw. Anforderungen an nötige Modifikationen evaluiert und die nötigen Änderungen ermittelt. Da dieser Prozeß noch innerhalb der Entwicklungsphase des Flugfunkgerätes erfolgte, konnten auch hier die nötigen Änderungen noch Berücksichtigung finden und so ein zeit- und kostenintensives Redesign zu späterer Zeit wirksam verhindert werden.

### 2.1.7 AP 2.4 – Vorauswahl von Konzepten / Anforderungsdefinition

Gemeinsam mit allen beteiligten Projektpartnern wurde in AP 2.4 aus den in den vorherigen AP ermittelten Konzepten und Anforderungen an das System und dessen Komponenten die finale Systemarchitektur abgeleitet und definiert.

### 2.1.8 AP 2.5 - Erste Implementierung auf Dummy Demonstratoren und Vortests

Zur ersten Evaluierung und Vertrautmachung der ausgewählten und beschafften Hardware wurden die Komponenten lose und frei verdrahtet verbunden und über Schnittstellen eines normalen PC in Betrieb genommen. Die hierbei gewonnenen Ergebnisse waren Grundlage für die weiteren Arbeiten in HAP 3

### 2.1.9 AP 3.2 - Implementierung der erarbeiteten Konzepte (HW/SW)

Aufgrund der Zulassungsanforderungen wurde die hardwareseitige Systemarchitektur als sog. partitioniertes System ausgelegt. Hierbei können sich Systeme mit unterschiedlichen DALs gemeinsame HW Komponenten (in diesem Fall LCD) teilen, ohne sich im Fehlerfall gegenseitig negativ zu beeinflussen. Dieses Konzept wurde bislang noch nicht in segelflugspezifischen Hardwareplattformen angewandt, da hier bislang kein hohes Maß an Funktionsintegration vorherrscht. Die Herausforderung war, die Architektur einer einfachen, platz- und stromsparenden und dennoch leistungsfähigen und kostengünstigen Hardware zu entwickeln und deren grundsätzliche Verwendbarkeit für ein digitales Segelflugzeugcockpit zu evaluieren.

Als Ergebnis entstand ein Aufbau, bestehend aus einem APALIS TK1 Prozessor, ein bereits in anderen Projekten eingesetzter STM32  $\mu$ C mit eigens für das Projekt entwickelten Fanout Baseboard, sowie einem Artix-7 FPGA.

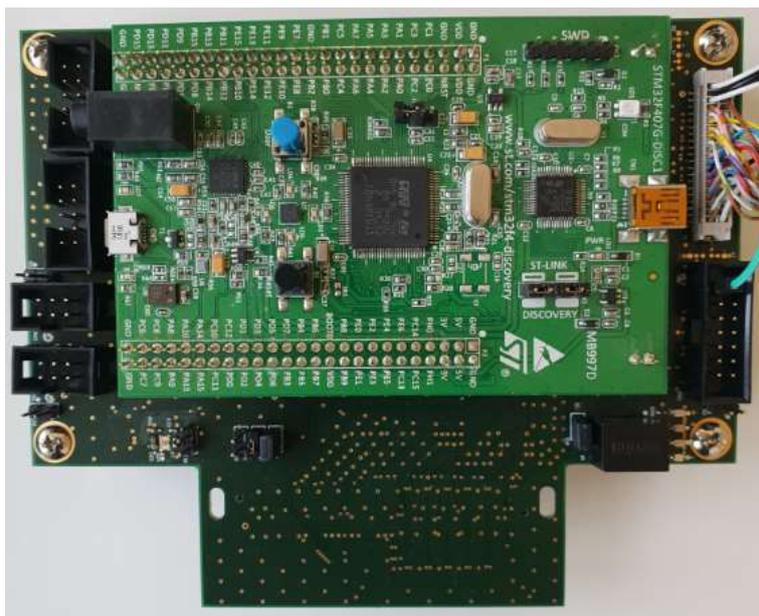


Abbildung 5: STM32  $\mu$ C Board, montiert auf Fanout Baseboard

Das FPGA unterteilt das LCD-Display in vordefinierte Bereiche, die von den beiden CPUs (STM32 für höhere DAL, TK1 für niedrige DAL) jeweils in dem freigegebenen Bereich beschrieben werden können.

Das Mischen der Videosignale beider CPUs sowie das Handling des Videospeichers erfolgt zentral über das FPGA. Die Implementierung der hierzu nötigen Software erfolgte in der Hardwareprogrammiersprache VHDL unter Beachtung der für Luftfahrtzwecke einschlägigen Richtlinien der RTCA DO 254.

In der Entwicklungsphase führten die nötigen Arbeiten, insbesondere für den Memorymanager zu einer hohen Anzahl an Code-Zeilen, welche wiederum gleichbedeutend mit einem sehr hohen Zertifizierungsaufwand zu setzen ist.

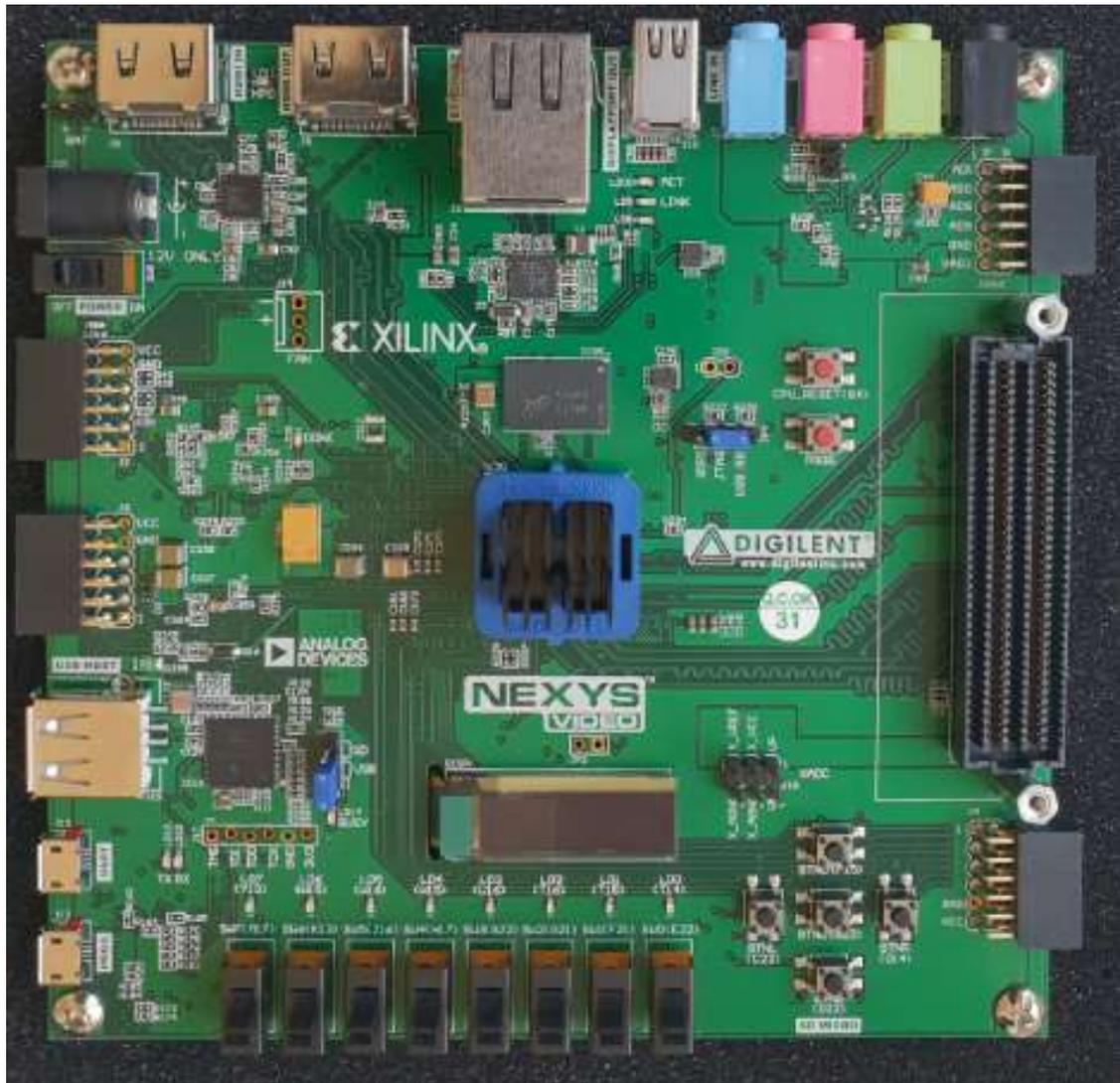


Abbildung 6: Artix-7 FPGA Evalboard

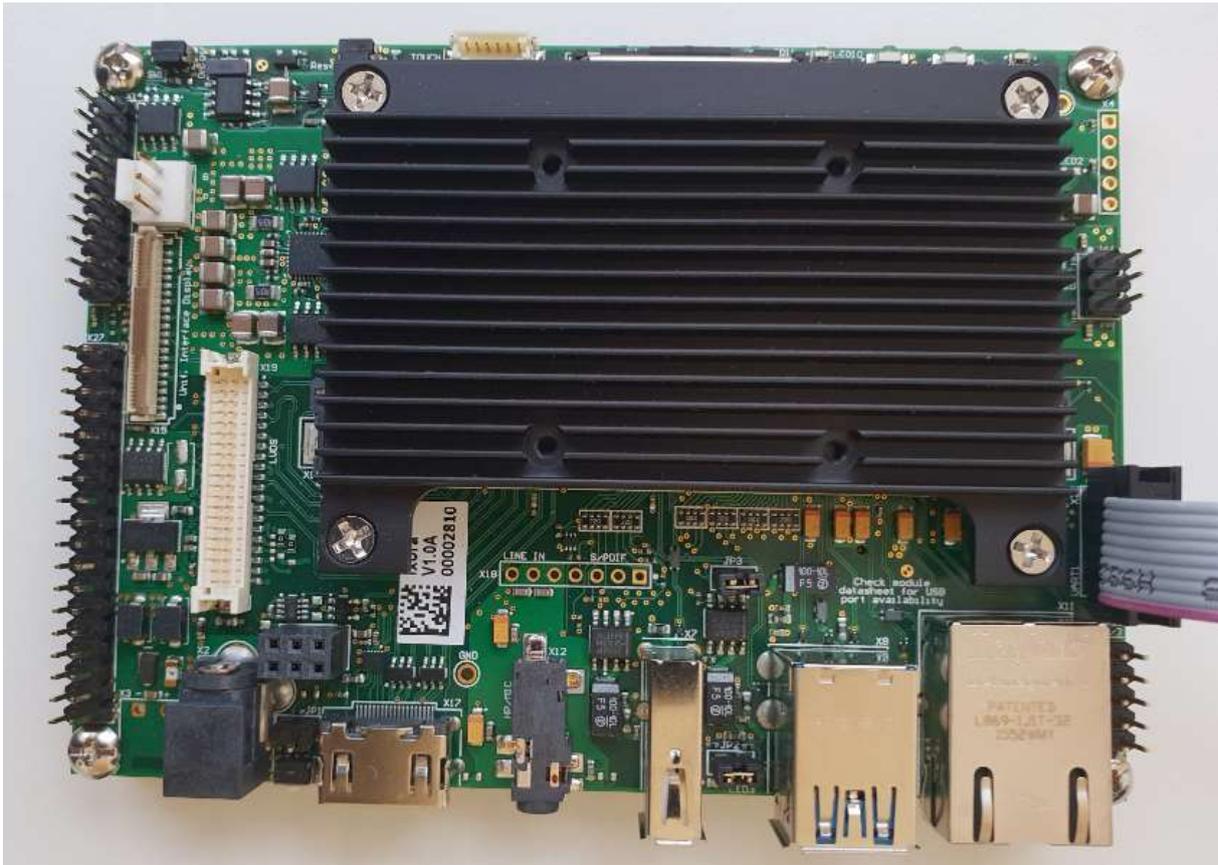


Abbildung 7: APALIS TK1 CPU Board

Der Fortschritt in der Integration von FPGA, Mehrkern-CPU (entspricht TK1) sowie  $\mu\text{C}$  (entspricht STM32  $\mu\text{C}$ ) zu einem einzigen IC lässt jedoch in Zukunft einen erheblichen Teils dieses Aufwandes obsolet werden, da mittlerweile auf dem Markt erhältliche Komponenten über einen hardwareseitig integrierten Memorycontroller mit System Protection Unit verfügen, die einen geordneten Zugriff auf den Videospeicher auf reiner Hardwarebasis ohne Implementierung von VHDL Code garantieren. Die rein hardwareseitige Integration gestattet die Betrachtung dieser Komponente als Commercial-of-the-shelf Hardware, wofür seitens der Zertifizierung kein gesonderter Aufwand gegenüber der VHDL Implementierung gefordert wird. Hierdurch ist ein erheblich vereinfachter Prozess zu Zertifizierungszwecken zu erwarten.

Die Auswahl eines geeigneten LCD Display gestaltete sich nicht ganz einfach. Es musste eine geeignete Balance zwischen Displaygröße, Auflösung, Sonnenlichtablesbarkeit und Leistungsaufnahme gefunden werden. Die Wahl fiel auf ein 10,6" TFT Display (Hersteller: Mitsubishi Electronics) mit LED Backlight, ausreichender Leuchtdichte und AR-Beschichtung. Das Modul ist mit einem PCAP Multitouch ausgestattet, so dass die intuitive Gestenbedienung, analog zu Tablet-PC oder Smartphone im HMI umsetzbar war.

Auf eine zunächst geplante Modifikation des Displays zur Anpassung der Geometrie an die derzeitige Instrumentenpanelgeometrie wurde aus Zeit- und Kostengründen verzichtet. Hierzu sollte eine Erprobung im Flug mit realistischen Sichtverhältnissen abgewartet werden, um die Sichtverhältnisse realistisch bewerten zu können.

Sämtliche softwareseitigen Entwicklungsarbeiten wurden auf Evaluationboards des Hardwareherstellers durchgeführt, um die Machbarkeit und Umsetzbarkeit zu evaluieren und ein zügiges Vorankommen zu erreichen. Der Aufbau einer finalen Hardware erfolgte im Rahmen des Forschungsvorhabens nicht, da dies für den Nachweis der Machbarkeit nicht erforderlich war. Die Prüfung der gewählten Hardwarekomponenten auf Verwendbarkeit unter Umweltbedingungen konnte auch mittels der Evaluationboards durchgeführt werden.

#### *2.1.9.1 AP 3.3 - Implementierung der erarbeiteten Konzepte auf der Zielhardware*

Nach der Anforderungsanalyse und Definition der nötigen Funktionalität sowie Evaluierung der ausgewählten Hardware in den vorherigen AP konnten in AP 3.3 die Anforderungen umgesetzt werden. Es erfolgte neben der Konstruktion der mechanischen Komponenten, wie Displaygehäuse, LRU-Rack und LRU-Systemgehäuse, die Teilanpassung bereits vorhandener Subsysteme in das LRU Systemgehäuse. Bei der Entwicklung wurde sowohl im ECAD als auch MCAD Bereich konsequent auf moderne Entwicklungsumgebungen (Altium Designer bzw. Dassault Solidworks gesetzt) um bereits in einem frühen Projektstadium 3D Modelle zu generieren. So konnte die Anzahl an Iterationen gering gehalten werden und die Passgenauigkeit der Komponenten zueinander bereits vor Produktion verifiziert werden. Auch gestaltete sich der Austausch mit den Projektpartnern auf Basis von 3D Modellen für deren Analyse und Vorausplanung der Integration recht effizient.

Das LRU-Gehäuse für die Subsysteme war bereits aus einem anderen Projekt als Aludruckgußteil vorhanden und wurde an die spezifischen Erfordernisse des Projekts adaptiert.



*Abbildung 8: LRU Gehäuse (modifizierte Version)*



Abbildung 9: AirCom AC-1 (Prototyp im LRU Gehäuse)



Abbildung 10: AirTraffic AT-1 (Seriengerät im LRU Gehäuse)

Die Komponenten des Displaygehäuses wurden als Blechbiegeteil bzw. im 3D Druckverfahren hergestellt. Die mittlerweile erzielbare Beständigkeit des Materials hatte sich für den Einsatz in der Simulationsumgebung als ausreichend herausgestellt. Für den Einsatz in einem Luftfahrzeug über viele Jahre hinweg ist jedoch der Einsatz von UV-beständigen bzw. über einen weiten Temperaturbereich (-30°C...+90°C) dauerhaften Materialien unerlässlich.



*Abbildung 11: DiSCo Systemdisplay (Vorder- und Rückansicht)*

Mit dem erarbeiteten LRU Konzept wurde ein Ansatz aus der Verkehrsflurfahrt aufgegriffen. In CS-25 Flugzeugen sind Avionik-Subsysteme überwiegend in Racks, abseits des Instrumentenpanels installiert. Dies gestattet einen schnellen Zugriff im Servicefall, ohne das Instrumentenpanel demontieren zu müssen.

Das LRU-Rack wurde zur Aufnahme und zentralen Installation der Subsysteme an einem geeigneten Ort im Flugzeugrumpf konstruiert und dabei an die räumlichen Gegebenheiten im Versuchsobjekt (Ventus 3M<sup>1</sup>) angepasst. Die Ausführung gestattet eine Stapelbarkeit, sofern 4 Modulsteckplätze nicht ausreichen.

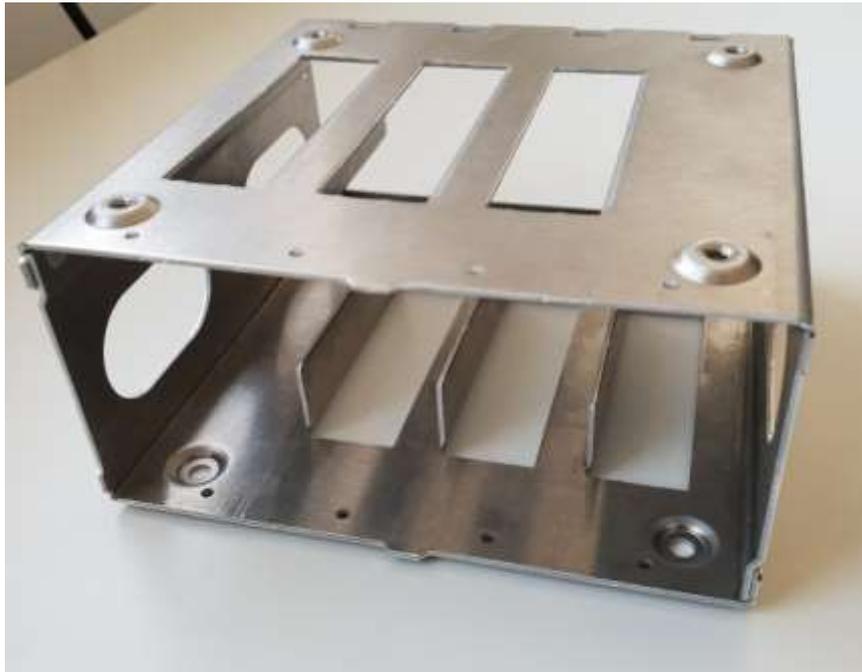


Abbildung 12: LRU Rack, 4-fach (leer)



Abbildung 13: LRU Rack, teilbestückt (AC-1, AT-1)

Aus Gründen des einfacheren Handlings im Falle nötiger Funktionsupdates und Bugfixes wurde auf den Aufbau einer eigenen CPU Einheit verzichtet. Als Rechnerplattform kam in der Simulationsumgebung ein handelsüblicher PC zum Einsatz. Die Tauglichkeit der gewählten HW Komponenten für den Einsatz in Luftfahrzeugen wurde in AS 3.2 evaluiert und bewertet.

Durch dieses Vorgehen konnte eine Kosteneinsparung gegenüber der Annahme in der Vorkalkulation erzielt werden.

## 2.2 Voraussichtlicher Nutzen und Verwertbarkeit der Ergebnisse

Aus Sicht des Projektpartners GAV war die Verwertbarkeit von erzielten Ergebnissen bereits vor Abschluß des Vorhabens in Teilen gegeben. Es wurden, basierend auf den Ergebnissen der Arbeit, das Redesign des bereits bewährten Kollisionswarnsystems vorangetrieben und zur Marktreife geführt. Des weiteren konnten Forschungsergebnisse und evaluierte Komponenten in einem kleinen Multifunktionsdisplay für Klein- und Leichtflugzeuge verwendet werden, welches als weltweit einziges zertifiziertes Gerät in seiner Größenklasse mittlerweile fast zur Standardausrüstung eines jeden neuen Segelflugs gehört und in Sachen Ablesbarkeit und Bedienbarkeit neue Standards setzt.



Abbildung 14: ACD-57 – Multifunktionsdisplay

Es wurden zum Zeitpunkt der Berichtserstellung bereits mehr als 1000 Einheiten hiervon abgesetzt.

Basierend auf diesem Gerätedesign wurden weitere Cockpitdisplays zur Verkehrsdarstellung in unterschiedlichen Größen entwickelt und erfolgreich am Markt eingeführt.



Abbildung 15: Geräte der ATD-Baureihe

Das Projekt konnte außerdem einen deutlichen Antrieb zum weiteren Ausbau der Produktfamilie modularer Avioniksysteme liefern, da hier ganzheitlich auch wichtige Aspekte wie Einbau und Platzverhältnisse sowie Anschluß- und Kommunikationsfähigkeit vernetzter Systeme von allen Stakeholdern im Verbund erarbeitet wurden.

### 2.3 Darstellung des Fortschrittes an anderen Stellen

Während der Projektlaufzeit und auch danach wurden keine Aktivitäten Dritter hinsichtlich Entwicklung eines hochintegrierten Segelflugcockpits bekannt.

## 2.4 Erfolgte Veröffentlichungen des FE-Ergebnisses

Auf der AERO 2019 (Leitmesse für Allgemeine Luftfahrt, Friedrichshafen) wurde das System erstmals einem breiten Publikum vorgestellt. Hier wurde interessierten Besuchern auch die Möglichkeit zu einer kurzen Erprobung in der Simulatorumgebung angeboten. Deren Meinung und Eindrücke wurden in einer kurzen Befragung dokumentiert und abschließend ausgewertet. Bezüglich der Ergebnisse sei auf den Abschlussbericht der TU-Darmstadt verwiesen.



Abbildung 16: DiSCo auf der AERO 2019 (Quelle: Martin Michel, TU Darmstadt)

Martin Michel (TU-Darmstadt) informierte außerdem während der Projektlaufzeit auf dem jährlich stattfindenden Segelflugsymposium zum aktuellen Projektstand.

## 2.5 Notwendigkeit und Angemessenheit der geleisteten Arbeit

Ziel der Arbeit war u.a., durch Funktionsintegration und Digitalisierung von Abläufen sowie Informationsgewinnung und adaptive Visualisierung, eine Verbesserung der Situational Awareness und somit der Flugsicherheit zu erlangen. Dies kann mittels eines hochintegrierten Cockpitsystems und einer ergonomische Mensch-Maschine-Schnittstelle erreicht werden. Die erzielten Ergebnisse des Forschungsvorhabens bilden, nicht zuletzt auch wegen der durchgeführten Untersuchungen mit Probanden eine sehr gute Grundlage für weitere Entwicklungen in diesem Bereich.

Schon während des Projektlaufzeit konnten Teilergebnisse aus den Arbeiten konzeptionell in neuen Produkten der beteiligten Projektpartner Verwendung finden und leisteten so einen nicht unerheblichen Beitrag zur Stärkung der Marktposition und somit auch zur Konkurrenzfähigkeit deutscher Unternehmen auf nationalen und internationalen Märkten. Dies führt schlussendlich zur Sicherung der Gesamtfähigkeit, dem zweiten erklärten Ziel des Forschungsvorhabens.

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Initiale und finale Zeitplanung .....	5
Abbildung 2: Projektstrukturplan .....	6
Abbildung 3: Integrierte Cockpitlösung Dynon SkyView (Quelle: AOPA).....	7
Abbildung 4: Klassisches Segelflug-Cockpit (Quelle: M. Förderer) .....	8
Abbildung 5: STM32 $\mu$ C Board, montiert auf Fanout Baseboard.....	12
Abbildung 6: Artix-7 FPGA Evalboard .....	13
Abbildung 7: APALIS TK1 CPU Board .....	14
Abbildung 8: LRU Gehäuse (modifizierte Version) .....	15
Abbildung 9: AirCom AC-1 (Prototyp im LRU Gehäuse .....	16
Abbildung 10: AirTraffic AT-1 (Seriengerät im LRU Gehäuse).....	16
Abbildung 11: DiSCo Systemdisplay (Vorder- und Rückansicht) .....	17
Abbildung 12: LRU Rack, 4-fach (leer) .....	18
Abbildung 13: LRU Rack, teilbestückt (AC-1, AT-1) .....	18
Abbildung 14: ACD-57 – Multifunktionsdisplay .....	19
Abbildung 15: Geräte der ATD-Baureihe.....	20
Abbildung 16: DiSCo auf der AERO 2019 (Quelle: Martin Michel, TU Darmstadt) .....	21