

GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium  
für Bildung  
und Forschung

## Öffentlicher Schlussbericht 3Ccar

<p>Zuwendungsempfänger: Lange Research Aircraft GmbH 66482 Zweibrücken</p>	<p>Förderkennzeichen: 16EMOE006</p>
<p>Vorhabensbezeichnung: “Integrated Components for Complexity Control in affordable electrified cars – 3Ccar”</p> <p>Teilvorhaben: Lange Research Aircraft GmbH</p> <p>„Übertragung automobiler integrierter Elektroniksysteme in eine Luftfahrtanwendung“</p>	
<p>Laufzeit des Vorhabens: 01.06.2015 bis 31.10.2018</p>	
<p>Berichtszeitraum: 01.06.2015 bis 31.10.2018</p>	
<p>Datum: 30.04.2019</p>	
<p>Vorgelegt beim Projektträger: Simon Brunner VDI/VDE Innovation + Technik GmbH Steinplatz 1 10623 Berlin</p>	
<p>Vorgelegt durch: Vladislav Gribov Lange Research Aircraft GmbH Brüsseler Straße 30, 66482 Zweibrücken, Germany Telefon: +49 6332 9627 - 0 Email: <a href="mailto:vladislav.gribov@lange-research-aircraft.com">vladislav.gribov@lange-research-aircraft.com</a></p>	

Das diesem Bericht zugrundeliegende Vorhaben wurde mit Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung unter dem Förderkennzeichen 16EMOE006 gefördert.

Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt beim Autor.

## Inhalt

<b>1. Kurze Darstellung.....</b>	<b>4</b>
1.1. Aufgabenstellung für das Projekt 3Ccar.....	4
1.2. Voraussetzungen, unter denen das Vorhaben durchgeführt wurde .....	4
1.3. Planung und Ablauf des Vorhabens .....	4
1.4. Stand von Wissenschaft und Technik.....	5
1.5. Zusammenarbeit mit anderen Stellen .....	6
<b>2. Eingehende Darstellung .....</b>	<b>7</b>
2.1. Verwendung der Zuwendung und des erzielten Ergebnisses im Einzelnen, mit Gegenüberstellung der vorgegebenen Ziele .....	7
2.2. Notwendigkeit und Angemessenheit der geleisteten Arbeit.....	11
2.3. Voraussichtlicher Nutzen, insbesondere Verwertbarkeit des Ergebnisses im Sinne des fortgeschriebenen Verwertungsplans.....	12
2.4. Während der Durchführung bekanntgewordener Fortschritt auf dem Gebiet des Vorhabens bei anderen Stellen.....	12
2.5. Erfolgte oder geplante Veröffentlichungen .....	13
<b>3. Literaturverzeichnis.....</b>	<b>14</b>
<b>4. Abbildungsverzeichnis .....</b>	<b>15</b>

# 1. Kurze Darstellung

## 1.1. Aufgabenstellung für das Projekt 3Ccar

Das Projekt 3Ccar hatte zum Ziel, neuartige integrierte Komponenten zur Komplexitätskontrolle in erschwinglichen, intelligenten Elektroautos bereitzustellen.

Lange Research Aircraft GmbH (LANGE) hat im Rahmen eines Cross-Domain-Ansatzes zur Übertragung der Ergebnisse in die Luftfahrt folgende Aufgaben übernommen [1]:

- Definition von Anforderungen für das luftfahrttaugliche Brennstoffzellensystem, für hocheffiziente modulare Gleichstromwandler und für Sicherheitsschaltungen der Brennstoffzellen.
- Entwicklung einer fail-operational Architektur für Brennstoffzellensysteme, sowie die Demonstration einer neuen elektronischen Hauptsteuereinheit der Brennstoffzellen /-systeme.

## 1.2. Voraussetzungen, unter denen das Vorhaben durchgeführt wurde

Die Lange Research Aircraft GmbH ist ein spin-off aus der Lange Aviation GmbH. Der spin-off erfolgte mit dem Ziel, sich aufzeigende Möglichkeiten im Bereich der unbemannten Flugzeuge mit extremer Flugdauer zu nutzen und auch um eine entsprechende Kapitalausstattung der Firma mit Hilfe neuer Gesellschafter zu erlangen. Die Lange Aviation GmbH hat ihr gesamtes Know-How zur Verfügung gestellt und die Schlüsselmitarbeiter in der Entwicklung sind von der Lange Aviation GmbH in die Lange Research GmbH gewechselt.

Die Firma Lange Aviation GmbH, vormals Lange Flugzeugbau GmbH, beschäftigt sich seit 1996 intensiv mit der Entwicklung und Fertigung von Motorseglern mit elektrischen Antrieben. Das Unternehmen ist als Entwicklungsbetrieb nach alternativen Verfahren, Zulassungsnummer ADOAP AP 193 und Herstellungsbetrieb, Zulassungsnummer DE.21G.0206 von der EASA zugelassen.

Es wurden vom Unternehmen die nachfolgenden Vorhaben im Bereich elektrischer Antriebe durchgeführt. Die Auflistung erfolgt in chronologischer Reihenfolge.

- Entwicklung, Fertigung und Erprobung des Motorseglers LF-20E.
- Entwicklung und Fertigung des Motorseglers E1-Antares.
- Entwicklung und Fertigung des elektrischen Antriebs EA-42.
- Entwicklung und Fertigung des Propellers LF-P42
- Entwicklung und Fertigung des Forschungsflugzeugs Antares H2
- Entwicklung und Fertigung des Forschungsflugzeugs Antares H3 (wurde zu Antares E2 umbenannt im Laufe des 3Ccar Projekts).

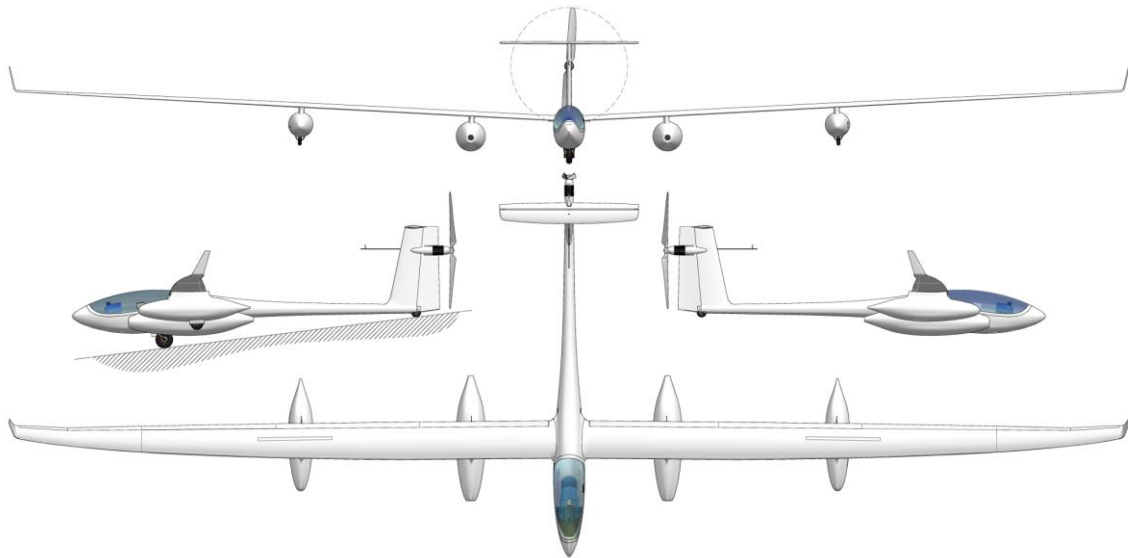
## 1.3. Planung und Ablauf des Vorhabens

Die Tätigkeiten von LANGE wurden in mehrere Arbeitspakete aufgeteilt.

Im Rahmen des Arbeitspakets WP1 werden die Anforderungen zur Entwicklung von Brennstoffzellensystemen, Sicherheitsschaltungen der Brennstoffzellen, sowie

Anforderungen an den hocheffizienten modularen Gleichstromwandler erstellt. Diese Aufgaben wurden für das erste Projektjahr geplant, um anschließend mit den Partnern SerEnergy und Fraunhofer abzustimmen.

Das Ziel des Arbeitspakets WP5 ist die Integration aller entwickelten Lösungen zur Anwendung im Elektroflugzeug. Als Demonstrator dient das Elektroflugzeug Antares H3 (siehe Abbildung 1).



**Abbildung 1 - Ursprüngliches Konzept der Antares H3**

Hier hat LANGE im zweiten und dritten Projektjahr die Aufgaben in der Entwicklung der Architektur übernommen. Dazu gehörte die Entwicklung von Kontroll- und Kommunikations-Algorithmen für die sichere und zulassungsfähige Steuerung der Brennstoffzellensysteme.

Weitere Aufgaben bestanden darin, mit Hilfe des Demonstrators die Leistungsmodule und Brennstoffzellensysteme zu testen.

#### **1.4. Stand von Wissenschaft und Technik**

Die in der Luftfahrt notwendigen hohen Ausfallsicherheiten werden beim heutigen Stand der Technik nur durch aufwendige, mehrfach redundante Architekturen auf Basis wenig leistungsfähiger Steuerrechner (CCUs) erreicht. Diese CCUs müssen dazu in der Regel in klimatisierter Umgebung betrieben werden. Diese Lösungen sind kostenintensiv und haben ein hohes Eigengewicht. Eine ausführliche Übersicht dazu ist in [2] zu finden.

Es gibt derzeit in den meisten Batterie-, Hybrid- und Elektro-Fahrzeugen keinen DC/DC Wandler zwischen der Batterie und dem Umrichter. Die Gründe dafür sind u.a. die nötige Entwicklungsarbeit, zu große, schwere und ineffiziente Wandler und die hohen Kosten aufgrund der geringen Stückzahl. Dabei könnten durch ihren Einsatz typischerweise Motorenumrichter kleiner und kostengünstiger gebaut

werden. Der Querschnitt und somit Gewicht und Rohstoffeinsatz würde sich deutlich reduzieren. Da der Einsatz eines DC/DC Wandlers besonders bei Brennstoffzellen große Vorteile bringt und die Anbindung an das Bordnetz erleichtert, verfügt die Antares H3 über einen entsprechenden Wandler. Dieser kann jedoch die luftfahrttypischen Anforderungen bezüglich Zuverlässigkeit, Masse, und Wirkungsgrad nicht erfüllen.

### **1.5. Zusammenarbeit mit anderen Stellen**

Die Entwicklung der Brennstoffzellensysteme, basierend auf den Anforderungen von LANGE, wurde durch SerEnergy als Unterauftragnehmer durchgeführt.

Die Entwicklung des Gleichstromwandlers, basierend auf Anforderungen von LANGE, wurde durch den Projektpartner Fraunhofer IISB durchgeführt.

Das Thema Sicherheitsschaltung für die Brennstoffzellen wurde gemeinsam mit Daimler adressiert.

Die Entwicklung am Demonstrator zur Brennstoffzellensystemsteuerung, mit einer auf einem Aurix-Prozessor basierenden Cross-Domain CCU2 erfolgte in enger Zusammenarbeit mit den Projektpartnern Infineon, CoSynth und Ideas & Motion SRL. Die luftfahrt-taugliche Cross-Domain CCU2 entstand unter anderem auch entsprechend der von LANGE im ECSEL-Projekt eDAS "Efficiency powered by smart Design, meaningful Architecture, connected Systems" definierten Anforderungen.

Die Gesamtauslegung der Antares H3 wurde im Rahmen des vom BMVI geförderten Projektes „Nationales Innovationsprogramm Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie (NIP): Antares H3 – Ein Flugzeug extremer Flugdauer mit modularem Brennstoffzellenantrieb“ bearbeitet.

Das Thema Zertifizierungsfähigkeit der CCU2 Architektur und der Steuerungssoftware wird im Projekt „AMASS: Architecture-driven, Multi-concern and Seamless Assurance and Certification of Cyber-Physical Systems“ untersucht.

Der fail-operational Antriebsstrang der mehrmotorigen Antares E2 wird im Rahmen des Projektes AutoDrive insbesondere im Hinblick auf sicheres und zuverlässiges autonomes Fliegen bearbeitet.

## 2. Eingehende Darstellung

### 2.1. Verwendung der Zuwendung und des erzielten Ergebnisses im Einzelnen, mit Gegenüberstellung der vorgegebenen Ziele

Im Folgenden werden die Ergebnisse von LANGE dargestellt.

#### Anforderungen

Die Anforderungen an das Brennstoffzellensystem und den Leistungswandler, basierend auf dem Antares H2 Konzept, wurden entwickelt. Dabei wurden die Leistungsanforderungen an die Module so gewählt, dass eine Konfiguration aus acht Brennstoffzellenmodulen und DC/DC Wandlern möglich ist. Die Testkriterien nach EUROCAE ED-14 / RTCA DO-160 [4] wurden für die Module definiert.

Das Antriebskonzept wurde angepasst um die Leistungsanforderungen, bei der vorgegebenen Masse zu erreichen, war es notwendig die Brennstoffzellenmodule größer zu dimensionieren. Somit wurden die Anforderungen entsprechend angepasst. Diese Änderung hatte auch entsprechenden Einfluss auf die Anzahl und Dimensionierung der DC/DC Wandler. Eine zusätzliche CAN Kommunikation zwischen dem Brennstoffzellenmodul und dem DC/DC Wandler wurde ebenfalls nachträglich gefordert.

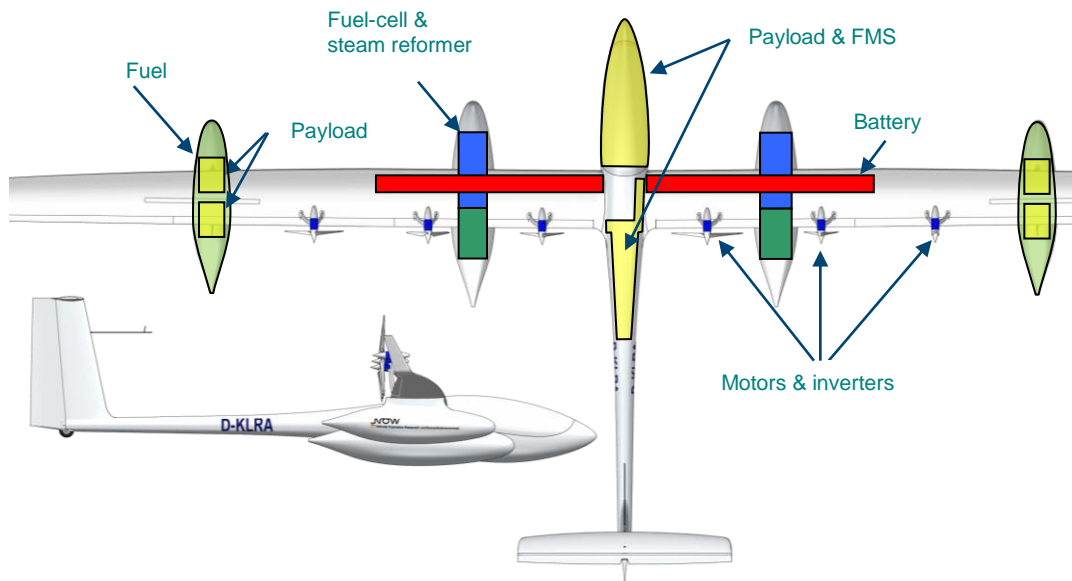


Abbildung 2 - Antares E2

#### Systemintegration und Demonstration

Unterschiedliche redundante Architekturen des elektrischen Antriebsstrangs wurden evaluiert und verglichen. Dabei wurde insbesondere die Zuverlässigkeit des resultierenden Systems bewertet, da die Ausfallwahrscheinlichkeit zu den wichtigsten Kriterien für die Bewertung des Systems bei der Zertifizierung gehört.

Bei der Bewertung wurden unter anderem auch für andere Flugzeuge untypisch lange Missionszeiten von bis zu 40 Stunden berücksichtigt. Mehrere k-out-of-N Architekturen wurden verglichen (siehe Abbildung 3), dabei bedeutet KooN dass unzureichende Leistung bereit steht, wenn weniger als K von N Systemen zur Verfügung stehen.

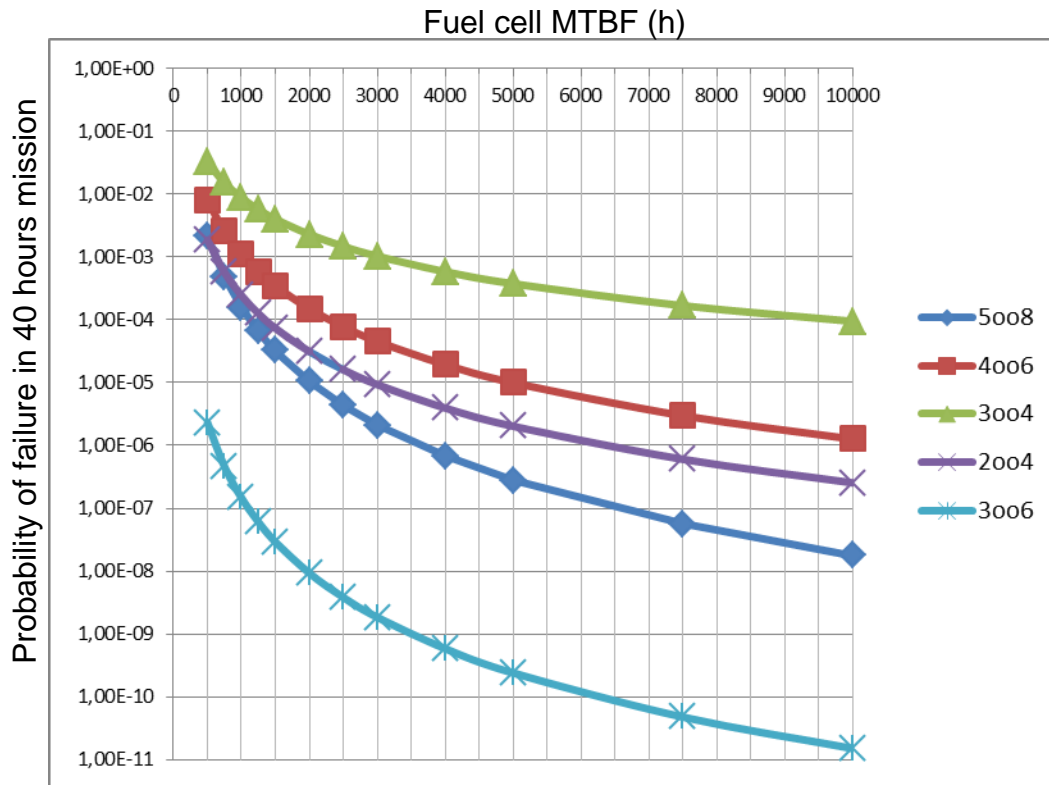


Abbildung 3 - Eintrittswahrscheinlichkeit kombinierter Fehlerfälle unterschiedlicher Architekturen

Basierend auf einem neuen Antriebskonzept wurde die Steuerarchitektur für die Antares E2 erarbeitet. Dementsprechend wurden Steueralgorithmien für die Brennstoffzellensysteme entworfen.

Diese hochredundante Architektur weist eine hohe Sicherheit auf und ist dank redundanter Stromversorgung, CAN-Bus, CCU Hauptrechner, sowie Motoren und Brennstoffzellensysteme komplett zertifizierbar. Folgende Eigenschaften sind insbesondere zu erwähnen:

- Sicherheitsabschaltung aller Leistungskomponenten (Brennstoffzellen mit DC/DC Wandler, Wechselrichter/Motoren, Batterie).
- Hybrid aus Methanol-Brennstoffzellenmodulen und einer Batterie.
- Digitale Kommunikation über redundanten CAN-Bus, zeitgetriggerte Kommunikation.
- Redundante CCU2 Rechner mit gegenseitiger Abschaltabstimmung, um ein fail-operational Verhalten zu erreichen.
- Partitionierung der Software.



Um die Entwicklung von Steuerungssoftware frühzeitig zu ermöglichen, wurde eine Hardware-in-the-Loop (HWIL) Simulation des Brennstoffzellenmoduls entwickelt. Dabei wurde nach dem Prinzip von CAN Restbussimulation vorgegangen und die komplette CAN Schnittstelle des Brennstoffzellenmoduls entsprechend der Spezifikation nachgebildet.

Eine weitere Erkenntnis im Laufe der Entwicklung des Antares E2 Prototyps war die Schwierigkeit der kompletten Umsetzung aller Software auf CCU2. Es wurde ein neuer Hauptrechner EDCS4 entwickelt, welcher zu den existierenden Flugzeugkomponenten wie Fahrwerkssteuerung, Batteriemanagement und Ladesteuerung kompatibel ist. Dieser unterstützt vier CAN und erlaubt auch die Erprobung von neu entwickelten, redundanten Konzepten.

Steueralgorithmen für redundante Brennstoffzellenmodule in einem Hybrid-Betrieb mit einer Batterie wurden entwickelt.

Die Antares E2 Konzeptstudie wurde beim Schlussmeeting in Graz präsentiert (siehe Abbildung 4). Damit sollte das Konzept des elektrischen Antriebs sowie die Integration der Brennstoffzellensysteme veranschaulicht werden (zu dem Zeitpunkt war nur eine 3D Integration des Brennstoffzellenmoduls vorhanden).



Abbildung 4 - Konzeptstudie Antares E2

Ein weiterer Demonstrator wurde vorbereitet, um die Steuerung der Brennstoffzellensysteme mit einem Cross-Domain CCU2 Hauptrechner (siehe Abbildung 5) zu demonstrieren.



**Abbildung 5 – Cross-Domain CCU2**

Bei diesem Demonstrator wurde eine HWIL Simulation des Brennstoffzellensystems eingesetzt und mit CCU2 über CAN nach einem flexiblen Leistungsprofil gesteuert.

Die Ende Mai 2018 gelieferten Brennstoffzellen wurden in Betrieb genommen und getestet. Die Module wurden in Zusammenarbeit mit SerEnergy vermessen und entsprechend die regelungstechnischen Parameter der Module optimiert. Die Brennstoffzellen HWIL Restbussimulation wurde durch die realen Testläufe validiert und angepasst. Dabei wurden CAN Konfigurations- und Test-Tools entwickelt.

Ein Testaufbau mit sechs Brennstoffzellenmodulen wurde definiert und gebaut (siehe Abbildung 6).



**Abbildung 6 - Testaufbau Brennstoffzellenmodule**

Testprofile wurden basierend auf dem CS-E 440 Endurance Test [3] definiert. Durch Zeitmangel war es jedoch nicht mehr möglich einen ausführlichen Langzeittest im Rahmen von 3Ccar durchzuführen.

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

Das Konzept der Antares E2 (bzw. ursprünglich Antares H3) basiert auf folgenden Schlüssel-Charakteristiken:

- Leichtes und effektives Flugzeug zur Datenerfassung im maritimen Bereich.
- Effizientes, zuverlässiges und umweltfreundliches Antriebskonzept dank elektrischen Antriebs.
- Zuverlässige Steuerung aus automotiven Komponenten basierend auf Aviation Architekturen.

Ein mehrmotoriger elektrischer Antrieb ist nicht nur zuverlässig und umweltfreundlich, sondern bietet auch weitere Vorteile wie z.B. niedrige Vibrations- und Geräuschentwicklung und hohe Wirtschaftlichkeit. Dabei fehlte eine Schlüsselkomponente – eine zuverlässige Energiequelle für Missionen bis zu 40 Stunden. An der Entwicklung einer solchen Lösung aus Brennstoffzellensystemen und Aviation DC/DC Wandlern wurde zusammen mit den Partnern SerEnergy und

Fraunhofer IISB gearbeitet. Insbesondere bei der Definition von Anforderungen war das Know-How von LANGE essentiell, um die Eigenschaften und Funktionalitäten der zu entwickelnden Systeme im Zusammenspiel als Antriebssystem im Flugzeug abzustimmen.

Die Steuerung von Brennstoffzellensystemen über eine sichere und zertifizierbare Hauptsteuerung, basierend auf Cross-Domain CCU2, wurde zum zweiten wichtigen Thema für LANGE im Rahmen von 3Ccar. Die Entwicklung von entsprechenden fail-operational Steuerarchitekturen hat es ermöglicht das Leistungspotential der CCU2 Hardware für den sicheren und zuverlässigen Aviation-Antriebstrang auszunutzen.

### 2.3. Voraussichtlicher Nutzen, insbesondere Verwertbarkeit des Ergebnisses im Sinne des fortgeschriebenen Verwertungsplans

Der Antares E2 Prototyp wird bis zur Serienreife (aktuelle Prognose 2020-2021) weiterentwickelt. Es wird eine bemannte sowie unbemannte Version geben. Die Eckdaten für das Produkt sind unten in der Tabelle aufgelistet.

Daten Flugzeug		Daten Antrieb	
Spannweite	23 m	Dauerleistung Motor	60 kW
Länge	7,5 m	Max. B.Z. Leistung	40 kW
Max. Abfluggewicht	1650 kg	Max. Geschwindigkeit Horizontalflug	200 km/h
Max. Nutzlast	200 kg	Max. Geschwindigkeit	236 km/h

LANGE sieht einen Markt für die Antares E2 bei folgenden Applikationen und Einsatzgebieten

- Hoheitliche Aufgaben wie Grenzschutz und Küstenwache
- Maritime Überwachung
- Pipeline Überwachung
- Agrarwirtschaft
- Erdüberwachung und Fernerkundung
- Such- und Rettungsmissionen

### 2.4. Während der Durchführung bekanntgewordener Fortschritt auf dem Gebiet des Vorhabens bei anderen Stellen

Das Thema elektrisches Fliegen wird von anderen Stellen aktuell hauptsächlich im Gebiet batteriebetriebener Ultraleichtflugzeuge und Drohnen mit VTOL-Fähigkeiten bearbeitet. Bei Projekten wie eFusion von Siemens oder Elektro-Lufttaxis von Airbus und Boeing stehen die Themen umweltfreundliche und autonome Luftfahrt im Vordergrund. Dem Zuwendungsempfänger sind jedoch keine weiteren Projekte

bekannt, die vergleichbar mit der Antares E2 in Bezug auf lange Missionsdauer und hohe Zuverlässigkeit und Zulassungsfähigkeit sind.

Der Bedarf nach einem leistungsfähigen und sicheren automotiven Hauptrechner, um insbesondere das autonome Fahren zu ermöglichen, ist inzwischen bekannt. Als Beispiel kann hier die NVIDIA DRIVE AGX Platform genannt werden, die entsprechende Komponenten-Redundanz, Leistung und Konnektivität für Sensoren und Aktuatoren für autonomes Fahren anbietet. Das mit Cross-Domain CCU2 mögliche Zuverlässigkeitsniveau auf Grund der Unterstützung von Aviation Architekturen und der Redundanz auf Ebene der Platine bildet jedoch ein Alleinstellungsmerkmal der hier durchgeführten Entwicklung.

## 2.5. Erfolgte oder geplante Veröffentlichungen

Es wurden mehrere Präsentationen und Vorträge seitens LANGE zu dem Themen Antares E2 durchgeführt.

Im Rahmen von 3Ccar wurde ein Poster bei EF ECS2017 präsentiert.

Die Konzeptstudie der Antares E2 wurde bei der AERO2018 in Friedrichshafen sowie auch bei INTERGEO 2018 in Frankfurt ausgestellt.



Abbildung 7 - Konzeptstudie Antares E2 ausgestellt bei der AERO 2018



### 3. Literaturverzeichnis

- [1] Teilvorhabenbeschreibung – Lange Research Aircraft GmbH. Übertragung automobiler Integrierte Elektroniksysteme in eine Luftfahrtanwendung.
- [2] Domain controller SoA, evolution and future outlook of micro-controller processor, FPGA and SoC platforms, 3Ccar, Deliverable D1.6, Jun 2016.
- [3] „SOFTWARE CONSIDERATIONS IN AIRBORNE SYSTEMS AND EQUIPMENT CERTIFICATION“, EUROCAE, ED-12C, Jan. 2012.
- [4] „ENVIRONMENTAL CONDITIONS AND TEST PROCEDURES FOR AIRBORNE EQUIPMENT“, EUROCAE, ED-14G, Mai 2011.
- [5] Certification Specifications for Engines CS-E, EASA, ED Decision 2003/9/RM.

## 4. Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1 - Ursprüngliches Konzept der Antares H3.....	5
Abbildung 2 - Antares E2 .....	7
Abbildung 3 - Eintrittswahrscheinlichkeit kombinierter Fehlerfälle unterschiedlicher Architekturen .....	8
Abbildung 4 - Konzeptstudie Antares E2 .....	9
Abbildung 5 – Cross-Domain CCU2.....	10
Abbildung 6 - Testaufbau Brennstoffzellenmodule.....	11
Abbildung 7 - Konzeptstudie Antares E2 ausgestellt bei der AERO 2018 .....	13

## Berichtsblatt

1. ISBN oder ISSN	2. Berichtsart (Schlussbericht oder Veröffentlichung) <b>Schlussbericht</b>
3. Titel <b>Öffentlicher Schlussbericht Übertragung automobiler integrierter Elektroniksysteme in eine Luftfahrtanwendung</b>	
4. Autor(en) [Name(n), Vorname(n)]  <b>Gribov, Vladislav</b>	5. Abschlussdatum des Vorhabens <b>31.10.2018</b>
	6. Veröffentlichungsdatum
	7. Form der Publikation
8. Durchführende Institution(en) (Name, Adresse)  <b>Lange Research Aircraft GmbH Brüsseler Straße 30, 66482 Zweibrücken, Germany</b>	9. Ber. Nr. Durchführende Institution
	10. Förderkennzeichen <b>16EMOE006</b>
	11. Seitenzahl <b>15</b>
12. Fördernde Institution (Name, Adresse)  <b>Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) 53170 Bonn</b>	13. Literaturangaben <b>5</b>
	14. Tabellen <b>1</b>
	15. Abbildungen <b>7</b>
16. Zusätzliche Angaben	
17. Vorgelegt bei (Titel, Ort, Datum)	
18. Kurzfassung  <b>Aktuelle Flugzeuge setzen auf klassische Antriebskonzepte und eine Hauptsteuerung, die oft aus redundanten und wenig leistungsfähigen Rechnern besteht. Eine entsprechende Aviation Architektur vorausgesetzt, können automotiv Lösungen in Form einer Cross-Domain CCU2 komplexe Steuerungen mit ausreichender Sicherheit implementieren. Ein innovativer elektrischer Antriebsstrang kann Missionen bis zu 40 Stunden mit Hilfe eines Methanol-Brennstoffzellensystems ermöglichen. Es wurden Anforderungen für die Brennstoffzellensysteme und für die modularen Aviation DC/DC Wandler festgelegt, welche durch Partner entwickelt wurden. Eine zertifizierungsfähige Steuerarchitektur, basierend auf Cross-Domain CCU2, wurde zusammen mit den dazugehörigen Steueralgorithmien entwickelt. Eine HW-in-the-Loop Simulation der Brennstoffzellenmodule wurde implementiert. Der Aviation Demonstrator Antares E2, sowie ein Demonstrator zur Brennstoffzellensteuerung mit einem EDCS4 Hauptrechner wurden gebaut. Trotz deutlich verspäteter Lieferung der Brennstoffmodule wurden diese in Betrieb genommen und Teile der Validierung wurden durchgeführt.</b> <b>Als Resultat wurden wichtige Komponenten für die Antares E2 geschaffen, welche dazu dienen, ein elektrisches Flugzeug für Missionen wie Maritime- und Grenz- Überwachung, Ölsuche, Katastrophenschutz usw. zu ermöglichen.</b>	
19. Schlagwörter	
20. Verlag	21. Preis



## Document Control Sheet

1. ISBN or ISSN	2. type of document (e.g. report, publication) <b>Final Report</b>
3. title <b>Public final report Integration of selected automotive technologies in airspace application</b>	
4. author(s) (family name, first name(s))  <b>Gribov, Vladislav</b>	5. end of project <b>31.10.2018</b>
	6. publication date
	7. form of publication
8. performing organization(s) (name, address)  <b>Lange Research Aircraft GmbH Brüsseler Straße 30, 66482 Zweibrücken, Germany</b>	9. originator's report no. <b>16EMOE001K</b>
	10. reference no.
	11. no. of pages <b>15</b>
12. sponsoring agency (name, address)  <b>Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) 53170 Bonn</b>	13. no. of references <b>5</b>
	14. no. of tables <b>1</b>
	15. no. of figures <b>7</b>
16. supplementary notes	
17. presented at (title, place, date)	
18. abstract  <b>Today's conventional aircraft use classic propulsion systems and central control based on redundant and proven, but in many cases obsolete, computing solutions. The new cross-domain automotive CCU2 Central Computing Unit, when integrated into an appropriate aviation-type redundancy architecture, achieves the required level of safety while delivering state of the art computing performance. An innovative electric propulsion system allows missions up to 40 hours due to deployment of methanol reformer based fuel cells. The requirements for aviation grade fuel cell modules and a modular DC/DC converter have been established by Lange Research and implemented by partners. A certifiable aviation control architecture and corresponding control algorithms have been developed for the cross-domain CCU2. A HW-in-the-Loop simulation of the fuel cell modules has been developed. An aviation demonstrator, the Antares E2, and a demonstrator for the fuel cell control based on cross-domain CCU2 and HWiL simulation computer EDCS4 has been developed and presented. Despite for unfortunate late delivery of the fuel cell modules these too have been tested and partially validated. As a result the important components have been developed for the electric propulsion of the Antares E2, an all-electric aircraft designed for long endurance missions, such as maritime and pipeline monitoring, border control, search and rescue, geophysical surveying etc.</b>	
19. keywords	
20. publisher	21. price