



**Astro-  
und Feinwerktechnik  
Adlershof GmbH**

## **Abschlussbericht**

<b>Titel:</b>	<b>Entwicklung Down-Converter im Ka-Band für die Satellitenkommunikation im GEO als Demonstrator</b>
<b>FKZ:</b>	<b>50 YB 1630</b>
<b>Projektlaufzeit:</b>	<b>01.08.2016 - 30.04.2020</b>
<b>Berichtszeitraum:</b>	<b>01.08.2016 - 30.04.2020</b>

**Astro- und Feinwerktechnik Adlershof GmbH**

**Verteiler**

Organisation	Org.-Einheit	Name	Anzahl
Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt	Raumfahrtmanagement / Förderadministration	N. Neubauer, S. Voigt	1
Astro- und Feinwerktechnik	Projekt-Team	File Server	1

## Änderungsverzeichnis

Ausgabe	Änderung	Datum	Betroffene Seiten	Bemerkungen	Änderungsfreigabe
1	0	28.10.2020	alle	Erstausgabe	

## Inhaltsverzeichnis

1. Allgemeines .....	6
1.1 Inhalt dieses Dokuments .....	6
1.2 Ziele des Vorhabens .....	6
2. Dokumente.....	7
2.1 Anzuwendende Dokumente .....	7
2.2 Referenzdokumente .....	7
2.3 Normative Dokumente.....	8
3. Abkürzungen und Begriffe.....	9
4. Darstellung des Projektfortschritts.....	11
4.1 Zusammenfassung der Ergebnisse .....	11
4.1.1 Produktsicherung .....	12
4.1.2 DOCON EM .....	13
4.1.3 DOCON EQM.....	21
4.2 Zeitplan .....	25
4.3 Projektbearbeitung .....	26
4.3.1 AP 1000 – Management / Controlling.....	26
4.3.2 AP 2000 – Product Assurance .....	26
4.3.3 AP 3000 – EM DOCON.....	26
4.3.4 AP 4000 – EQM DOCON .....	29
4.3.5 Unteraufträge .....	31
4.3.6 Erstellte Dokumente .....	31
4.4 Erreichung der Projektziele .....	32
4.5 Relevante Ergebnisse Dritter.....	32
4.6 Änderung der Zielsetzung .....	33
4.7 Fortschreitung des Verwertungsplans .....	34
4.7.1 Erfindungen/Schutzrechtsanmeldungen und erteilte Schutzrechte .....	34
4.7.2 Wirtschaftliche Erfolgsaussichten nach Projektende.....	34
4.7.3 Wissenschaftliche und/oder technische Erfolgsaussichten nach Projektende.....	34
4.7.4 Wissenschaftliche und wirtschaftliche Anschlussfähigkeit .....	35

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 4-1: DOCON-Produktbaum .....	11
Abbildung 4-2: Arbeitspaketstruktur .....	12
Abbildung 4-3: Spezifikationsbaum .....	13
Abbildung 4-4: Aktueller Stand des DOCON-Gehäuses (EM) .....	14
Abbildung 4-5: FE-Modell.....	15
Abbildung 4-6: Erster und zweiter Eigenmodus.....	15
Abbildung 4-7: Temperaturverteilung am Gehäuse .....	16
Abbildung 4-8: Temperaturverteilung auf den Leiterplatten .....	16
Abbildung 4-9: Modellierung des DOCONs im FASTRAD.....	17
Abbildung 4-10: Blockschaltbild des DC/DC-Boards .....	17
Abbildung 4-11: DC/DC-Board EM.....	19
Abbildung 4-12: Fertig integriertes HF-Modul.....	19
Abbildung 4-13: Fertig integriertes CTRL-Modul .....	20
Abbildung 4-14: Fertig integriertes DC/DC-Modul .....	20
Abbildung 4-15: Inbetriebnahme des DOCON-EM .....	21
Abbildung 4-16: DOCON EQM.....	21
Abbildung 4-17: Blockschaltbild DC/DC-Board.....	22
Abbildung 4-18: DC/DC-Board für das EQM .....	22
Abbildung 4-19: Integration der einzelnen Module .....	23
Abbildung 4-20: Voll integriertes EQM .....	23
Abbildung 4-21: Vibrationstest (Y-Achse).....	24
Abbildung 4-22: Aktualisierter Zeitplan (mit Laufzeitverlängerung von 2 Monaten).....	25
Abbildung 4-23: TESAT Ka-Band Down-Converter .....	33

## 1. Allgemeines

### 1.1 Inhalt dieses Dokuments

Dieser Abschlussbericht belegt die Arbeiten im Rahmen des Projektes mit dem Titel „Entwicklung Down-Converter im Ka-Band für die Satellitenkommunikation im GEO als Demonstrator“. Es werden die Arbeiten innerhalb des Projektes in den einzelnen Arbeitspaketen dargelegt.

### 1.2 Ziele des Vorhabens

Ziel des Vorhabens war eine gemeinsame Entwicklung und Qualifikation eines Ka-Band Down-Converter für die Satellitenkommunikation im GEO als Demonstrator der beiden Projektpartner IMST GmbH in Kamp-Lintfort und Astro- und Feinwerktechnik Adlershof GmbH in Berlin.

In einem vorangegangenen Projekt KERAMIS-GEO wurde bereits ein Down-Converter EM aufgebaut und vermessen. Darüber hinaus wurden verschiedene Layouts und Designs für ein QM erstellt. Diese Arbeiten bildeten die Grundlagen für die weiteren Entwicklungen in diesem Projekt. Seit dem Ende von KERAMIS-GEO haben sich wichtige Änderungen ergeben, die im neu zu entwickelnden DOCON umgesetzt werden sollten. Dies war insbesondere ein neuer Synthesizer-Chip (NOVELO), der mit internem VCO die ursprünglichen Anforderungen an einen Lokaloszillator erfüllen kann. Dies führte nicht nur zu einem reduzierten Schaltungs- und Integrationsaufwand, sondern darüber hinaus zu verbesserten Eigenschaften. Des Weiteren wurde ein Mischer-MMIC entwickelt, der gegenüber dem bisher verwendeten Mischer bessere Eigenschaften bei höheren Mischprodukten aufweisen wird. Mit diesen neuen Komponenten konnte der DOCON in Bezug auf Performance und Kosten deutlich verbessert werden.

IMST war für die Gesamtprojektleitung zuständig und wird die anschließende Verwertung des DOCON durchführen. Astrofein war hingegen für die Gesamt-PA zuständig. IMST und Astrofein teilten sich die Entwicklungs- und Qualifikationskosten untereinander auf. Astrofein war für die Entwicklung des Gehäuses sowie der dazu gehörigen Struktur- und Thermalanalysen zuständig. Des Weiteren entwickelte und qualifizierte Astrofein die DC/DC-Platine. IMST war dagegen für die Entwicklung und Qualifikation des Control-Board, des HF-Boards und des Mischers zuständig. Astrofein und IMST waren gemeinsam für die Inbetriebnahme und Tests zuständig.

## 2. Dokumente

### 2.1 Anzuwendende Dokumente

Die hier aufgelisteten Dokumente gelten in vollem Umfang und ergänzen den Inhalt dieses Dokumentes. Sie sind verbindlich bei der Erfüllung dieses Dokumentes anzuwenden.

Referenz Nr.	Dokumentnummer	Dokumententitel
AD01	N/A	Vorhabensskizze
AD02	P16-0016-AFW-RP-001	Zwischenbericht 2016
AD03	P16-0016-AFW-RP-002	Zwischenbericht I 2017
AD04	P16-0016-AFW-RP-003	Zwischenbericht II 2017
AD05	P16-0016-AFW-RP-004	Zwischenbericht I 2018
AD06	P16-0016-AFW-RP-005	Zwischenbericht II 2018
AD07	P16-0016-AFW-RP-006	Zwischenbericht I 2019
AD08	P16-0016-AFW-RP-007	Zwischenbericht II 2019
AD09	P16-0016-AFW-RP-008	Zwischenbericht I 2020

### 2.2 Referenzdokumente

Die hier aufgelisteten Dokumente sind sinngemäß bei der Erstellung dieses Dokumentes berücksichtigt worden. Sie sind nicht Gegenstand vertraglicher Forderungen und haben rein informativen Charakter.

Referenz Nr.	Dokumentnummer	Dokumententitel
RD01	TC-OHB-RQ-0001_02	General Equipment Requirements Document (GERD)
RD02	H2S-IOV-DOCON-TE-IRD-0132	Interface Requirements Document (IRD) for DOCON
RD03	KGEO-RS-KT-005	DOCON Requirements Specification
RD04	H2M-DLR-RD-AD-01	Heinrich Hertz-Satellitenmission – Verfahrensanweisung zur Prozessierung von Änderungsanträgen, Fehlermeldungen, Sonderfreigaben und Teilefreigaben zwischen DLR RFM, industriellem Hauptauftragnehmer und Technologie-Beistellern (Change Management)

### 2.3 Normative Dokumente

Normative Referenzen beziehen sich auf geltende Normen, Terminologien und Regelungen, die zur Information angefügt sind.

Referenz Nr.	Dokumentnummer	Dokumententitel
ND01	ECSS-Q-ST-20-10C	Space product assurance – Off-the-shelf items utilization in space systems
ND02	ECSS-Q-ST-60C	Space product assurance – Electrical, electronic and electromechanical (EEE) components

### 3. Abkürzungen und Begriffe

<b>Abkürzung</b>	<b>Beschreibung</b>
AD	Anzuwendenden Dokumente
AFW/Astrofein	Astro- und Feinwerktechnik Adlershof GmbH
AP	Arbeitspaket
BSM	Bi-Level Switch Monitor
CDR	Critical Design Review
CTR	Control
DC	Direct Current (Gleichstrom)
DCL	Declared Component List
DLR	Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt
DML	Declared Material List
DMPL	Declared Mechanical Part List
DOCON	Down-Converter
DPL	Deplared Process List
ECSS	European Cooperation for Space Standardization
EEE	Electrical, Electronic, Electromechanical
EM	Engineering Model
EQM	Engineering-Qualification Model
ESCC	European Space Components Coordination
FM	Flight Model
GEO	Geostationärer Orbit
GERD	General Equipment Requirements Document
HD	High Density
HF	High Frequency
HPC	High Power Command
HV	High Voltage
IMST	IMST GmbH
IPC	Institute for Printed Circuits
IRD	Interface Requirements Document
KGEO	Keramis GEO
LSI	Large System Integrator
LTCC	Low Temperature Cofired Ceramics
MMIC	Monolithic Microwave Integrated Circuit

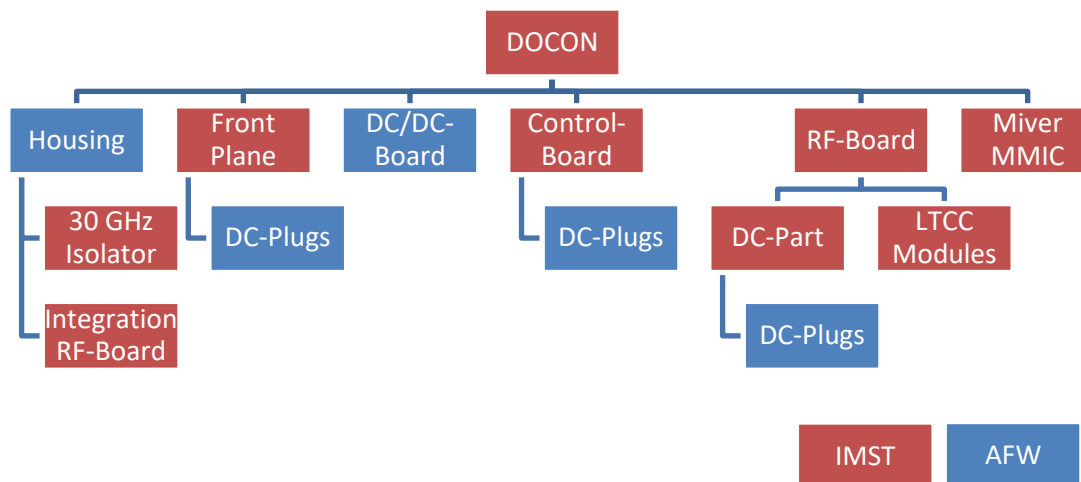
<b>Abkürzung</b>	<b>Beschreibung</b>
MPCB	Mechanical Parts Control Board
ND	Normative Dokumente
OTS	Off-the-Shelf
PA	Product Assurance
PCB	Parts Control Board
PDR	Preliminary Design Review
PFM	Protoflight Model
PTR	Post Test Review
PWM	Pulse-Width Modulator
QM	Qualification Model
QR	Qualification Review
RD	Referenzdokumente
RF	Radio Frequency
RFD	Request for Deviation
RFM	Raumfahrt Management
TC	Telecommand
TM	Telemetry
TNID	Total Non-Ionizing Dose
TRR	Test Readiness Review
VCO	Voltage Controlled Oscillator

## 4. Darstellung des Projektfortschritts

### 4.1 Zusammenfassung der Ergebnisse

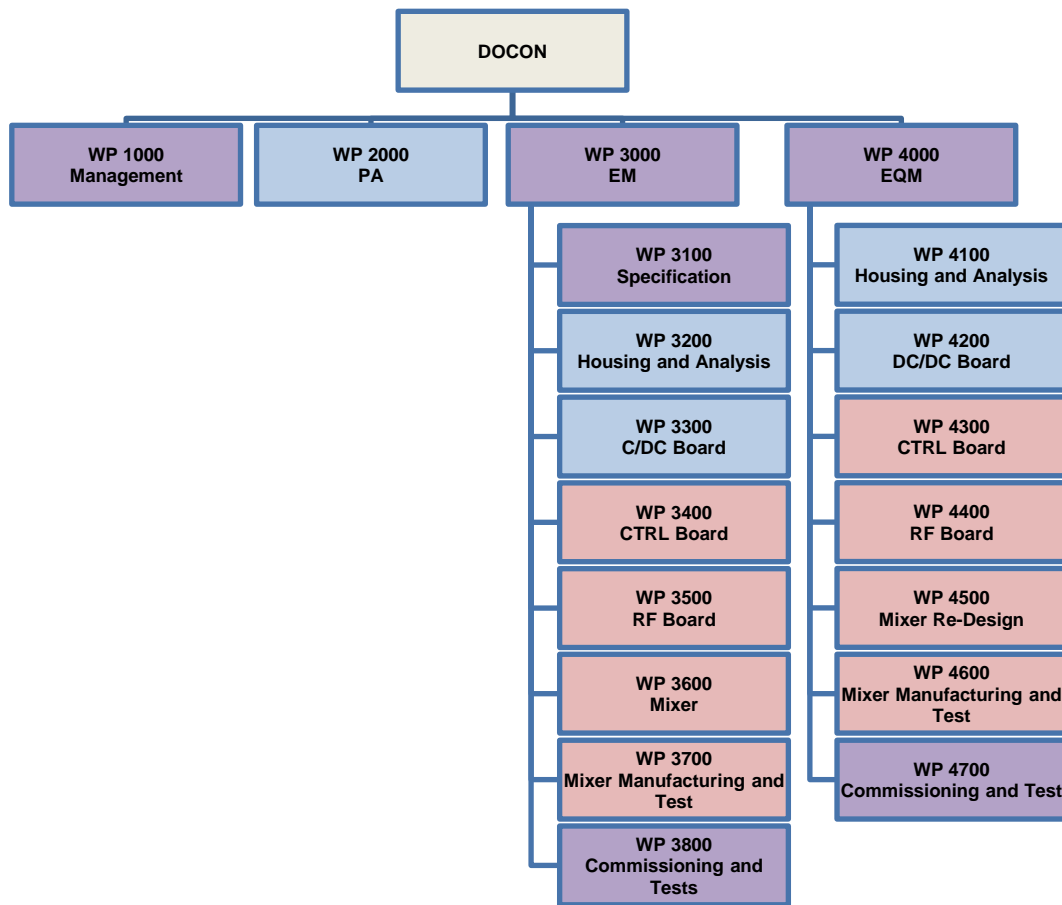
Das Förderprojekt konnte gemäß der im Antrag beschriebenen Ziele vollumfassend abgeschlossen werden. Die aus den einzelnen Arbeitspaketen gewonnenen Ergebnisse tragen zu einer erfolgreichen Technologieentwicklung eines konfigurierbaren Down-Converters für Satellitenkommunikation im GEO bei.

Abbildung 4-1 zeigt den DOCON-Produktbaum. Die blauen Kästen liegen in der Verantwortung von Astrofein. Dies sind insbesondere das Gehäuse, das DC/DC-Board und die DC-Stecker.



**Abbildung 4-1: DOCON-Produktbaum**

Abbildung 4-2 zeigt die Arbeitspaketstruktur. Astrofein war für die Gesamt-PA sowie für die Entwicklung des Gehäuses und den dazu gehörigen Analysen zuständig. Weiterhin entwickelte und qualifizierte Astrofein die DC/DC-Platine.



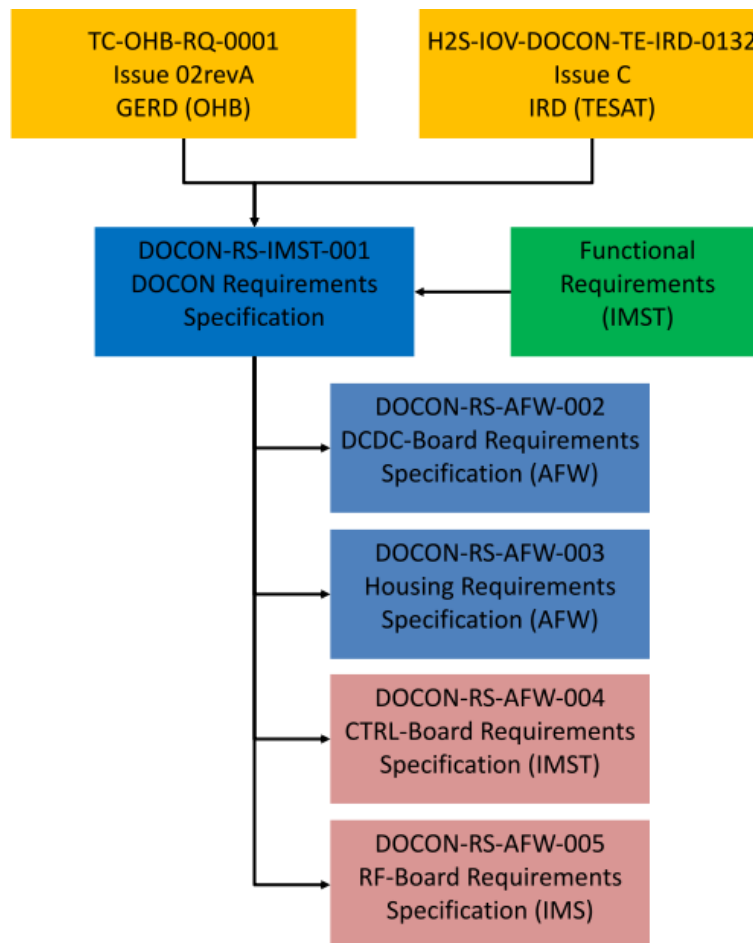
**Abbildung 4-2: Arbeitspaketstruktur**

#### 4.1.1 Produktsicherung

Über die Aufgaben der PA für die eigenen Arbeiten hinaus, hatte Astrofein die Verantwortung für die Gesamt-PA. Es wurde der PA-Plan sowie die „Declared“ Listen für den DOCON erstellt. Im Rahmen eines EEE Part Control Processes wurden die As-designed Declared Listen erstellt und freigegeben. Die Bauteilauswahl bezüglich Dependability Risiken, Einfluss auf Prozessqualifikationsaufwand und erwartete Inhalte für Genehmigungsverfahren über Part Approval oder Justification Document sowie mögliche Substitutionslösungen wurden untersucht. Analog sind im Rahmen des MPCB Prozesses die Declared Listen auf Bedarfe für Genehmigungsverfahren über Request for Approval und Request for Deviation untersucht und notwendige Inhalte EQM-begleitend generiert worden. Diese wurden unterstützend in das CDR und damit in die Folgeverwertung eingebracht. Darüber hinaus wurde das AIT begleitet und unterstützt. Dies beinhaltete insbesondere die Überprüfung und Freigabe der gefertigten Teile sowie die Überwachung und Dokumentation der Prozesse bei der Gesamtintegration und der Umwelttestung. Außerdem wurden alle „Non-Conformances“ prozessiert und in einem Non-Conformance Report (NCR) dokumentiert.

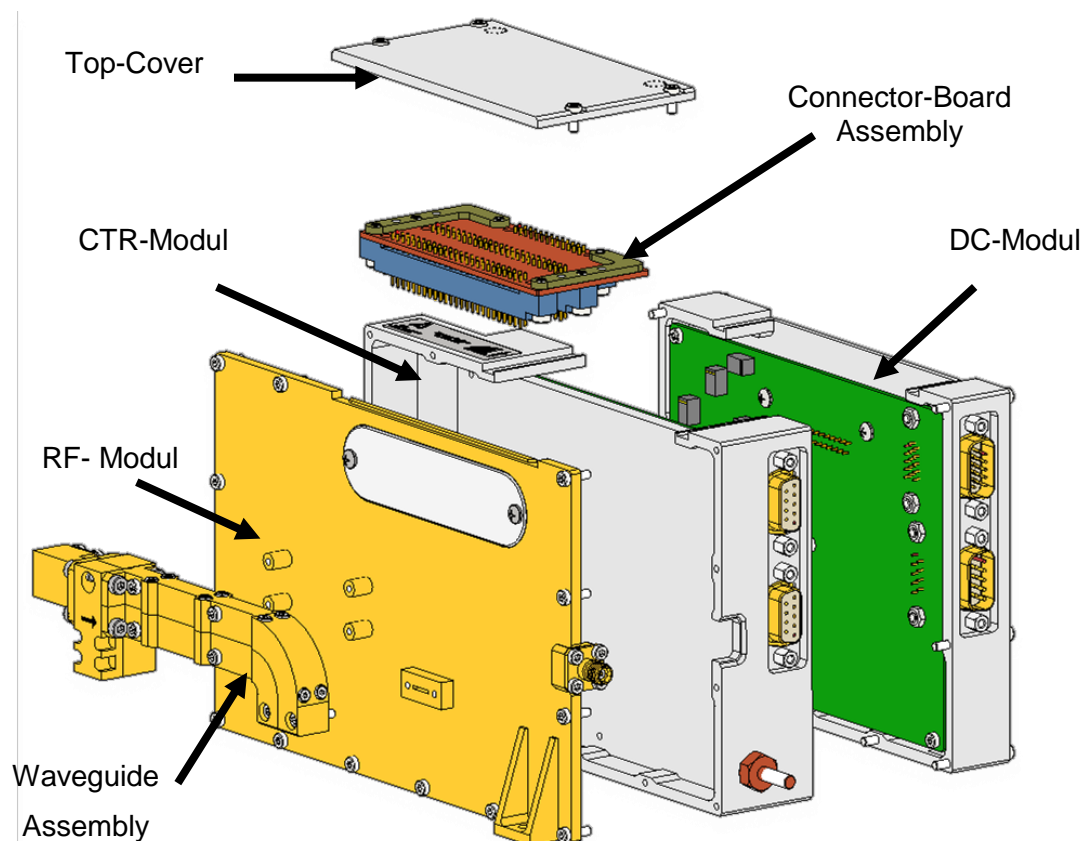
#### 4.1.2 DOCON EM

In der EM-Phase wurde das DOCON-EM entwickelt. Es wurden in Anlehnung an GERD [RD01] und IRD [RD02] sowie den technischen Spezifikationen aus dem Projekt KGEO [RD03] die Anforderungen für den DOCON abgeleitet und die entsprechenden Anforderungsdokumente erstellt. Abbildung 4-3 zeigt den Spezifikationsbaum.



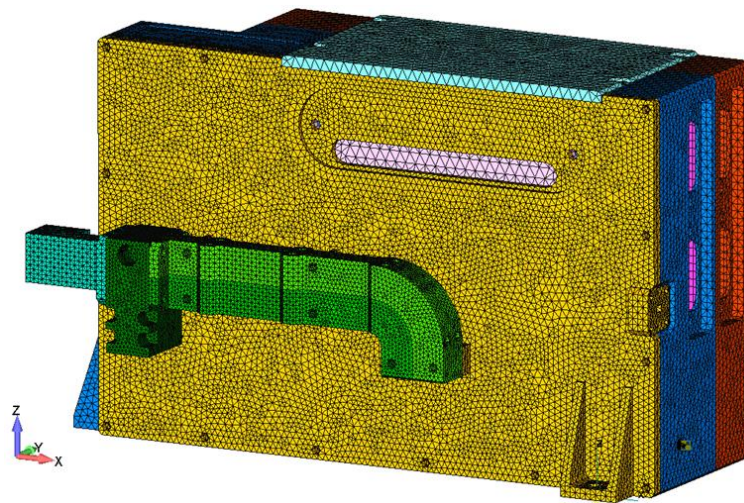
**Abbildung 4-3: Spezifikationsbaum**

Das EM-Design, welches im Anschluss an die Spezifikationsphase entwickelt wurde, ist in Abbildung 4-4 dargestellt. Es besteht aus dem DC-Modul, dem CTR-Modul und dem RF-Modul in denen jeweils die entsprechenden Platinen untergebracht sind. Die drei Platinen sind mit einem Connector-Board miteinander verbunden, welches durch eine Abdeckplatte (Top-Cover) geschützt ist. Seitlich am RF-Modul ist die Waveguide-Baugruppe angeordnet, mithilfe dessen der Hohlleiter zugeführt wird.



**Abbildung 4-4: Aktueller Stand des DOCON-Gehäuses (EM)**

Entwicklungsbegleitend wurden eine Strukturanalyse, eine Thermalanalyse sowie eine Strahlungsanalyse durchgeführt. Für die Strukturanalyse wurde die kommerzielle Analysesoftware NX.NASTRAN Version 9 verwendet. Die Bauteile des DOCON-Gehäuses wurden als Volumenelemente (TET10-Elemente) modelliert. Für das RF-Board wurden PENTA15-Elemente und für das DC/DC und CTRL-Board HEX8-Elemente verwendet. Verbindungen zwischen den Strukturteilen wurden als RBE2-Elemente modelliert. Schwere elektronische Bauteile auf den Platinen wurden zusätzlich als Einzelmassen modelliert. Abbildung 4-5 zeigt das FE-Modell des DOCONs. Die meisten Gehäuseteile bestehen aus Aluminium. Die Connector-Board-Halterungen bestehen aus Titan. Für die Platinen wurde hauptsächlich FR4 verwendet.

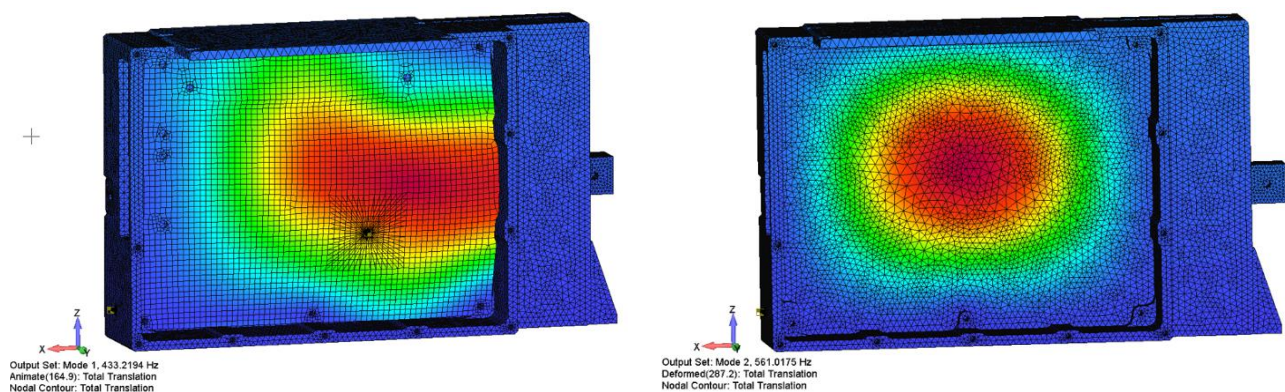


**Abbildung 4-5: FE-Modell**

Es wurde eine Massenmarge für die Gehäuseteile von 10 % und für die Platinen von 20 % angewendet. Nach der Modellierung wurden verschiedene Modell-Checks durchgeführt, die nachfolgend aufgelistete sind:

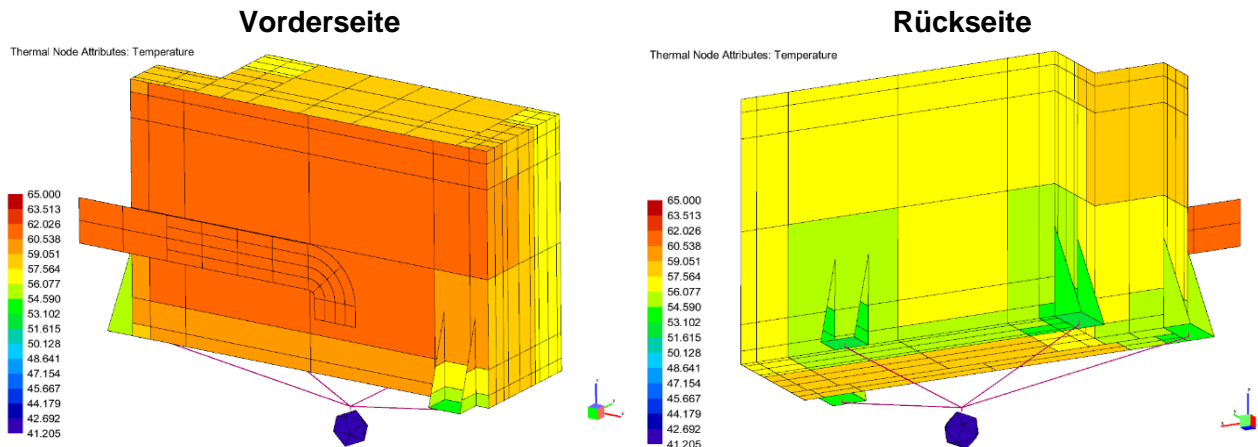
- Mass distribution check
- Static check
- Ratio check
- Thermo-elastic check
- Rigid Body mode check

Es wurde eine Modalanalyse bis 4.000 Hz durchgeführt. In Abbildung 4-6 sind der erste und zweite Eigenmodus dargestellt. Die erste und zweite Eigenfrequenz liegt mit 433 Hz und 561 Hz weit über der geforderten Frequenz von 140 Hz.



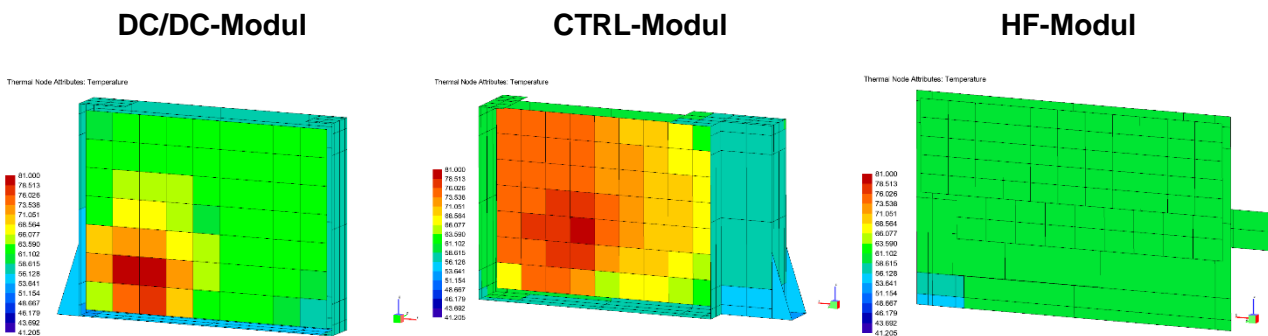
**Abbildung 4-6: Erster und zweiter Eigenmodus**

Für die Thermalanalyse wurde ESATAN TMS 2017 verwendet. Da es sich beim DOCON um vorwiegend dünnwandige Strukturen handelt, wurde das Thermalmodell aus Flächenelementen aufgebaut. Abbildung 4-7 zeigt die Temperaturverteilung auf der Vorder- und Rückseite des Gehäuses. Die größte Temperatur ist auf der Seite des HF-Moduls mit 61°C.



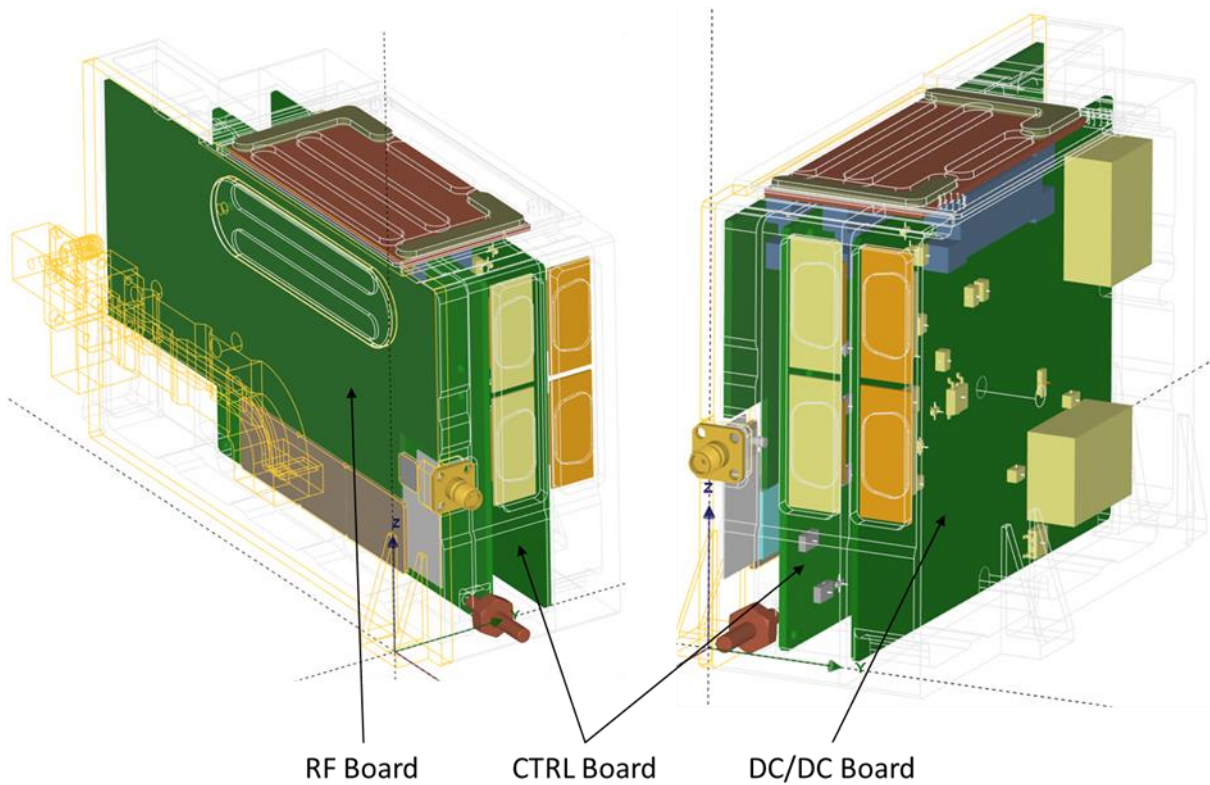
**Abbildung 4-7: Temperaturverteilung am Gehäuse**

Das HF-Modul zeigt eine homogene Temperaturverteilung. Beim CTRL-Modul zeigt sich ein Hotspot im Bereich des FPGA und beim DC-Modul im Bereich des Wandlers von 80°C. Diese Temperaturen sind jedoch weit unter der zulässigen Maximaltemperatur und bietet ausreichend Marge.



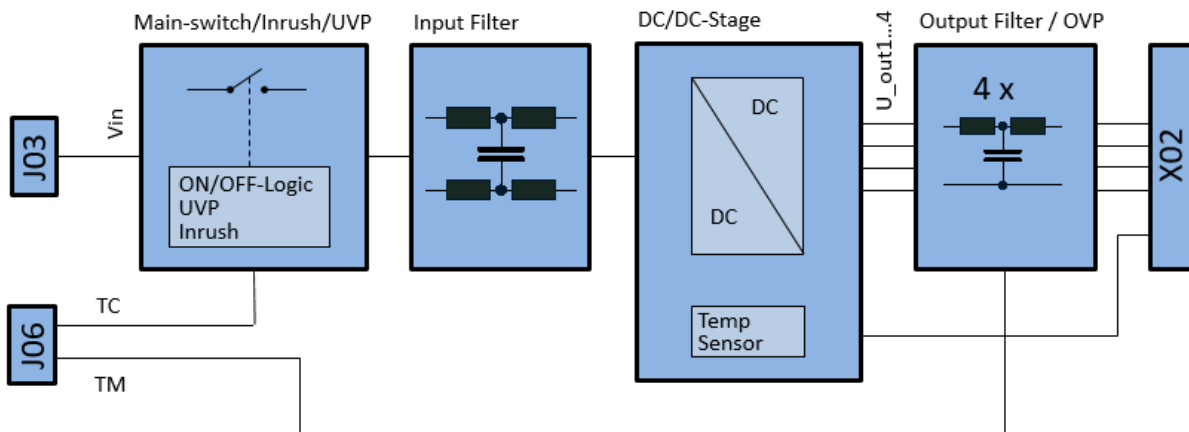
**Abbildung 4-8: Temperaturverteilung auf den Leiterplatten**

Weiterhin wurde eine umfangreiche Strahlungsanalyse mit der Analysesoftware FASTRAD (Version 3.7.0.0) durchgeführt. Abbildung 4-9 zeigt die Modellierung des DOCONs. Es wurde das Gehäuse sowie die Leiterplatten mit den relevanten elektronischen Bauteilen modelliert.



**Abbildung 4-9: Modellierung des DOCONs im FASTRAD**

Das Blockschaltbild des DC/DC-Boards ist in Abbildung 4-10 gezeigt. Als Schnittstellen zum Satelliten fungieren die Steckverbinder J03 und J06. Über J03, welcher als 9-poliger D-Sub-Steckverbinder (männlich) ausgeführt ist, erfolgt der Anschluss der Satellitenbusspannung von nominal 50 V. Der Eingangsspannungsbereich über den die volle Funktionalität gewährleistet wird, beträgt 45 V bis 55V.



**Abbildung 4-10: Blockschaltbild des DC/DC-Boards**

Die Steuerung des DC/DC-Boards erfolgt über den Steckverbinder J06, welcher als 15-poliger (HD) D-Sub-Stecker (männlich) ausgeführt ist. Über die Signale Telecommand ON und Telecommand OFF kann das DC/DC-Modul ein- bzw. ausgeschaltet werden. Die TC-Signale sind als HV-HPC gemäß GERD [RD01] Kapitel 6.2.2.7 ausgeführt. Die Rückmeldung über den Status des DC/DC-Moduls erfolgt mittels des Signals Telemonitoring ON/OFF. Dieses ist als BSM-Signal gemäß GERD [RD01] Kapitel 6.2.2.6. ausgeführt. Am Steckverbinder X02 sind die vier Ausgangsspannungen U\_Out1 (+4,5 V), U\_Out2 (+6,4 V), U\_Out3 (+7,5 V) und U\_Out4 (-7,5 V) sowie die Anschlüsse des Temperatursensors verfügbar. Über ein Connector-Board erfolgt die Verbindung zu den anderen DOCON-Modulen.

Der Hauptschalter (Main-Switch) kann über das HV-HPC geschaltete werden. Er verfügt außerdem über einen Unterspannungsschutz (UVP). Beim Unterschreiten der Eingangsspannung von 45 V wird das Gerät abgeschaltet, um eine mögliche Beschädigung zu vermeiden. Weiterhin ist eine Einschaltstrombegrenzung integriert. Das Eingangfilter hat die Aufgabe Störungen, die von die DC/DC-Stufe verursacht werden so zu dämpfen, dass die EMC-Anforderungen erfüllt werden. Gleichzeitig wirkt das Filter auch in der entgegengesetzten Richtung und dämpft damit Störungen die von außen auf die Versorgungsleitungen einwirken.

Die DC/DC-Stufe ist das Herzstück des DC/DC-Moduls. Es setzt die 50V Eingangsspannung in vier galvanisch vom Eingang getrennte Ausgangsspannungen um. Tabelle 4-1 zeigt die vier Ausgangsspannungen und die dazugehörigen max. Ausgangsströme.

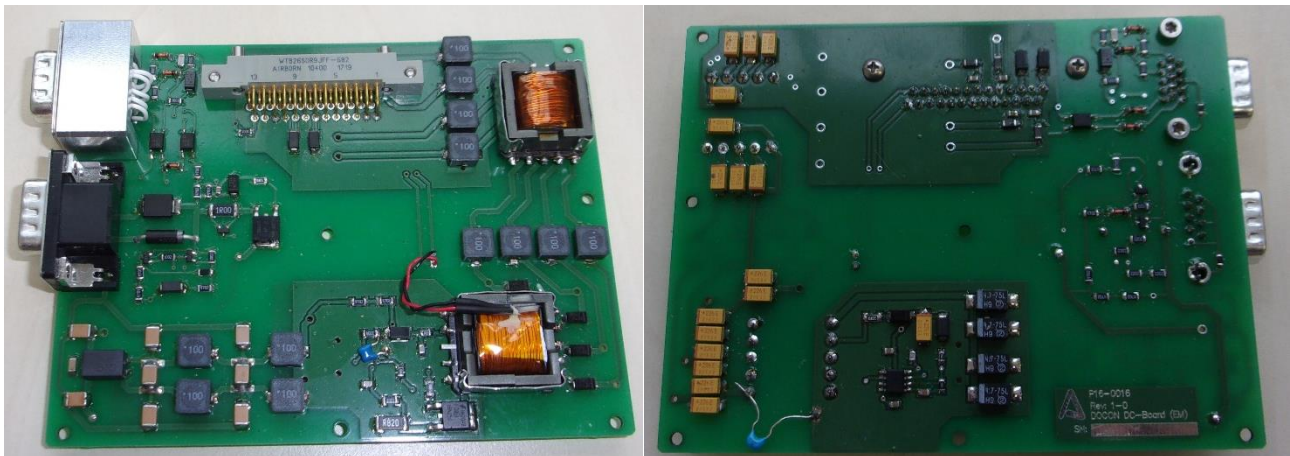
<b>Ausgänge</b>	<b>Nennspannung</b>	<b>Max. Ausgangsstrom</b>
U <sub>Out1</sub>	+4,5 V	535 mA
U <sub>Out2</sub>	+6,4 V	475 mA
U <sub>Out3</sub>	+7,5 V	191 mA
U <sub>Out4</sub>	-7,5 V	28,5 mA

**Tabelle 4-1: Ausgänge des DC/DC-Moduls**

Die DC/DC-Stage ist als Flyback-Wandler ausgeführt. Zentrales Bauelement ist der Übertrager der für diese Anwendung speziell gewickelt wurde. Er besteht aus 6 Wicklungen, die auf einen 10-poligen THT-Wickelkörper aufgebracht wurden. Betrieben wird der Übertrager durch einen Current-Mode PWM Controller, der einen N-Kanal MOSFET als Schaltelement ansteuert. Der Transistor schaltet die Primärwicklung N1 mit einer Frequenz von ca. 250 kHz. Der geschaltete Primärstrom wird gemessen und gelangt über den Tiefpass auf den Strommesseingang. Nachdem der Wandler

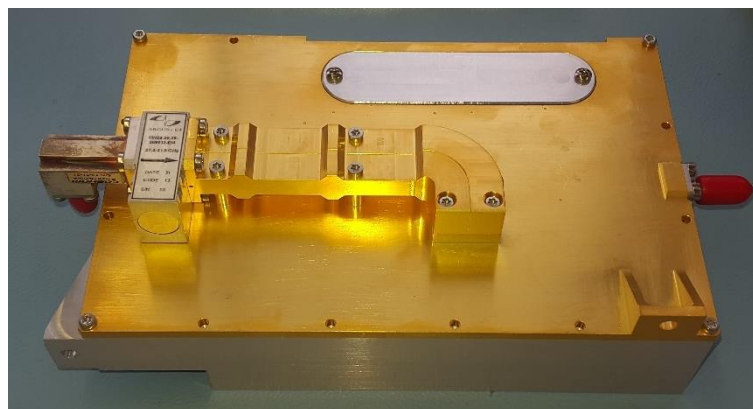
angeschwungen ist, erfolgt die Versorgung über die Hilfswicklung N2. Die Spannung an N2 wird gleichgerichtet und geglättet. Gleichzeitig erfolgt die Regelung des Wandlers über die Wicklung N2. Dazu wird die Spannung an N2 tiefpassgefiltert und gleichgerichtet. Über einen Spannungsteiler gelangt die Regelspannung schließlich auf den „Voltage Feedback“-Eingang des PWM-Controllers. Das Ausgangsfilter besteht aus mehreren hintereinander geschalteten Tiefpassfiltern und hat die Aufgabe den Spannungs-Ripple der Ausgangsspannungen auf kleiner 2 mV zu reduzieren. Dafür wird unter anderem eine speziell gefertigte Gleichtaktdrossel verwendet. Darüber hinaus sind alle Ausgänge durch Z-Dioden gegen Überspannung geschützt.

Die Platine sowie die benötigten Bauelemente wurden beschafft. Nach der Inspektion der EM-Platine wurde diese inhouse bestückt. Abbildung 4-11 zeigt die fertige Platine.

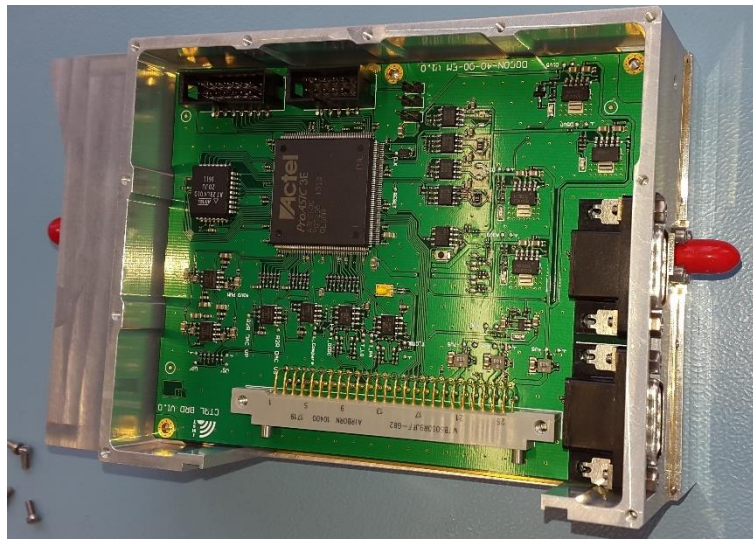


**Abbildung 4-11: DC/DC-Board EM**

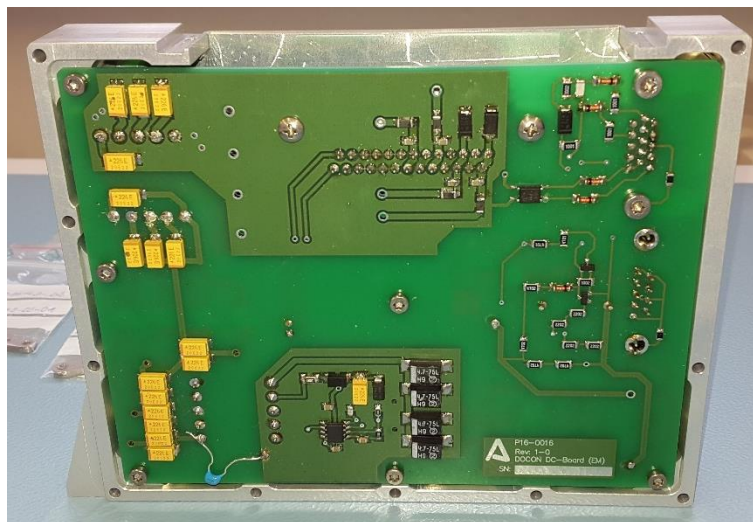
Die Abbildung 4-12, Abbildung 4-13 und Abbildung 4-14 zeigen die fertig integrierten Module des DOCON EMs.



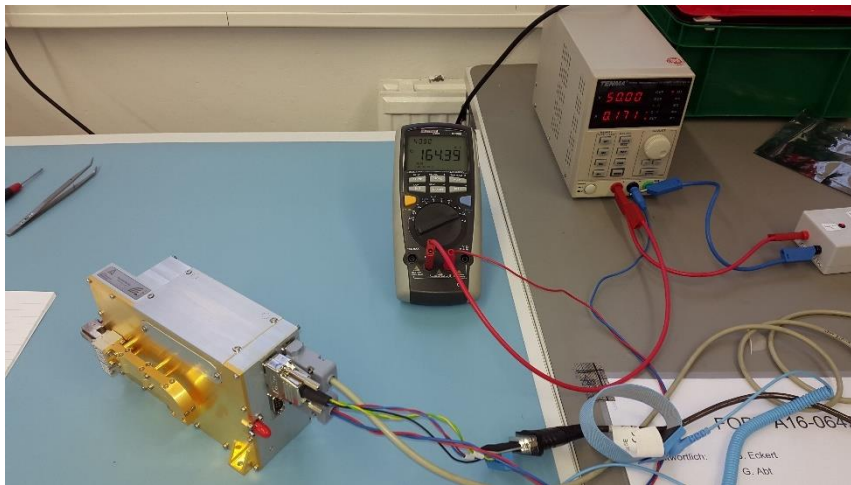
**Abbildung 4-12: Fertig integriertes HF-Modul**



**Abbildung 4-13: Fertig integriertes CTRL-Modul**



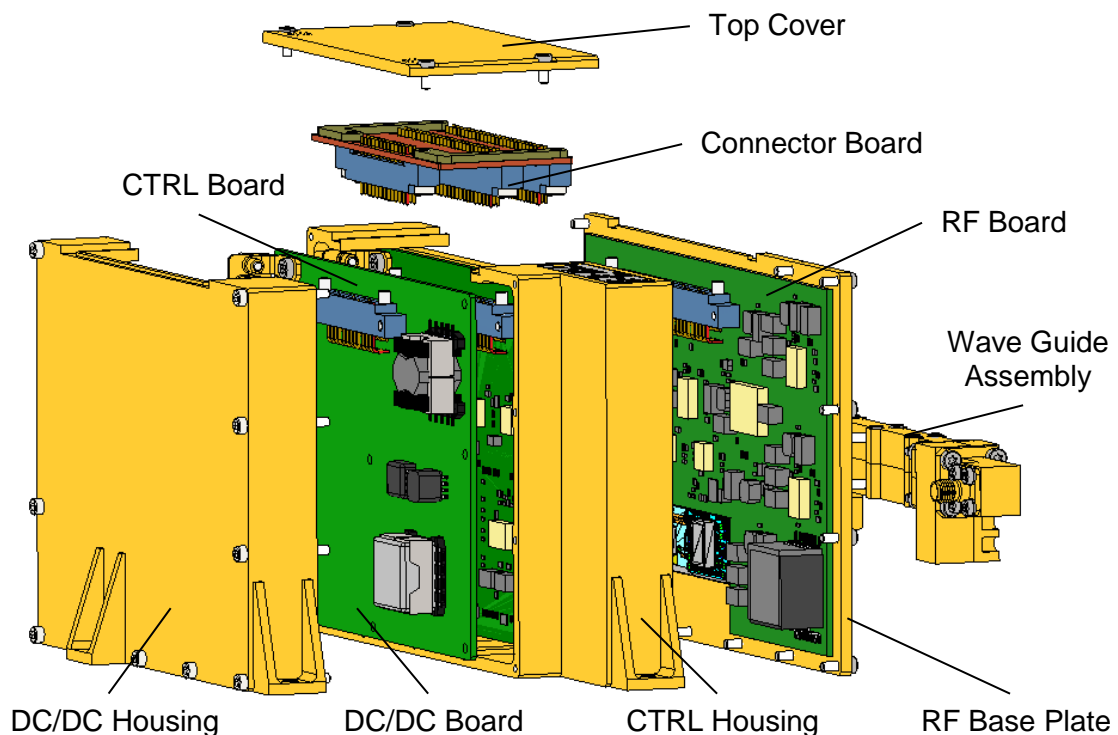
**Abbildung 4-14: Fertig integriertes DC/DC-Modul**



**Abbildung 4-15: Inbetriebnahme des DOCON-EM**

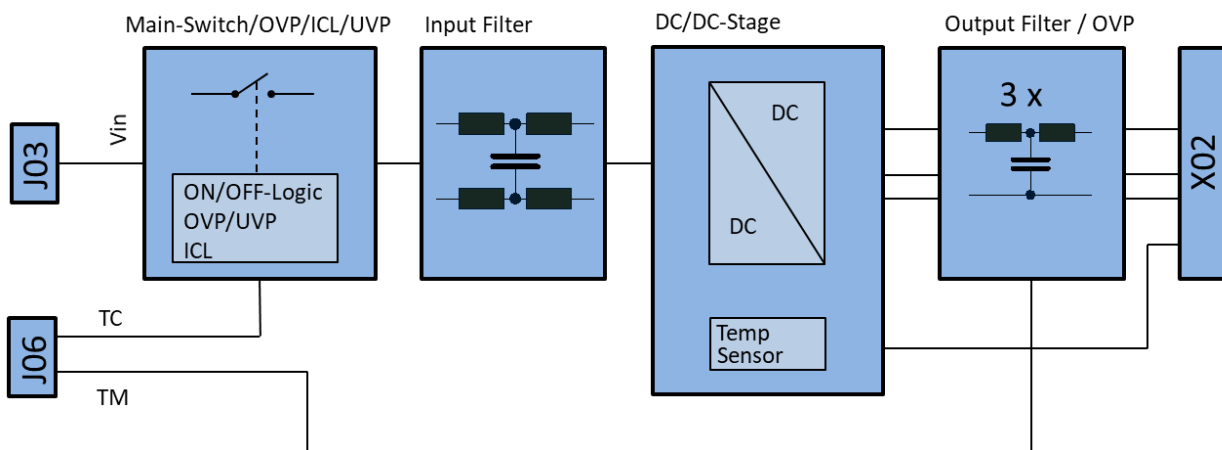
#### 4.1.3 DOCON EQM

Für eine Überarbeitung des Gehäuses wurden die notwendige Änderungen mit IMST abgestimmt und eingearbeitet. Insbesondere wurden zusätzliche Befestigungspunkte für das CTRL-Board für eine bessere strukturelle und thermale Anbindung vorgesehen. Nach der Aktualisierung des CAD-Modells, wurden die Analysen (Struktur, Thermal und Strahlung) noch einmal überarbeitet.

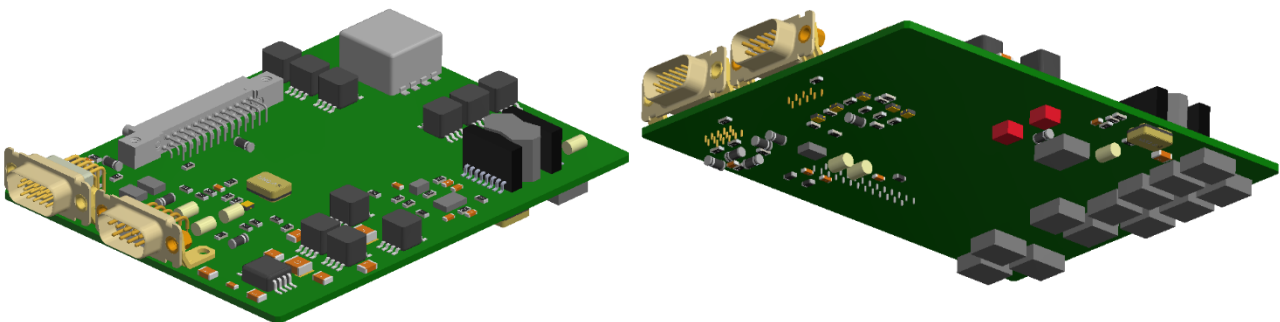


**Abbildung 4-16: DOCON EQM**

Im der EQM-Phase stand die Überarbeitung des EM-Designs für ein Mischer-MMIC in GaN-Technologie im Vordergrund. Die Designänderung betraf in erster Linie das DC/DC-Board. Es wurde insbesondere die DC/DC-Stufe überarbeitet. Die +7,5 Volt-Line konnte entfallen. Dafür wurde der Transformator sowie das Ausgangsfilter mit Überspannungsschutz geändert. Zusätzlich wurde eingangsseitig der Überspannungsschutz hinter den Hauptschalter verlegt, um das Inrush-Stromverhalten zu verbessern. Weiterhin wurde die Unterspannungsabschaltschwelle angepasst. Der Unterspannungsschutz wurde ebenfalls hinter den Hauptschalter gelegt, um den Stand-by-Strom zu verringern. Der überarbeitete Transformator wurde im Labor erfolgreich getestet und erfüllte alle Anforderungen.

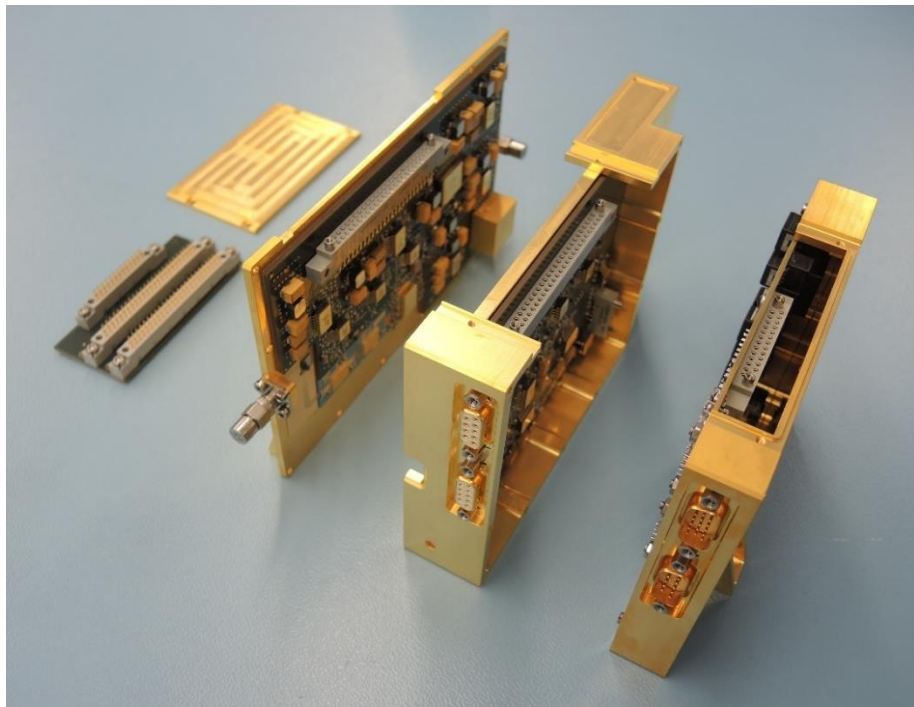


**Abbildung 4-17: Blockschaltbild DC/DC-Board**

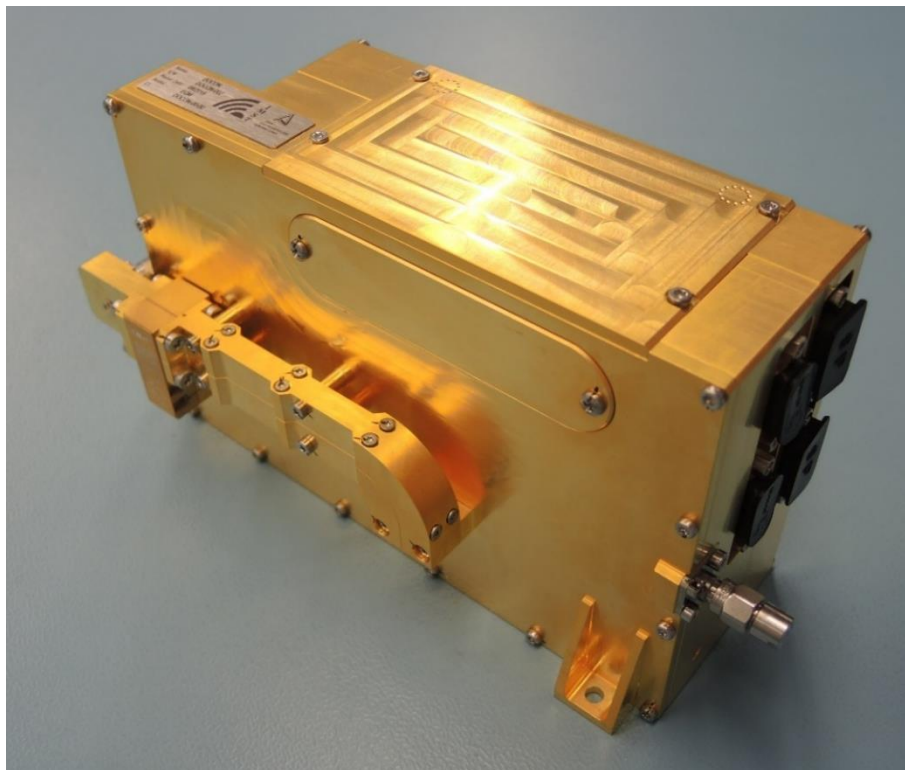


**Abbildung 4-18: DC/DC-Board für das EQM**

Die DOCON EQM Integration wurde am 28. November erfolgreich durchgeführt. Nach einer Inspektion aller Komponenten und der Funktionsüberprüfung der elektrischen Module wurde die Bauteilsicherung durchgeführt. Alle Teile wurden gewogen. Im Anschluss erfolgte die Gesamtintegration mit einer anschließenden Funktionsüberprüfung. Abbildung 4-19 zeigt die einzelnen Module während der Integration, in Abbildung 4-20 ist das voll integrierte Gerät dargestellt.



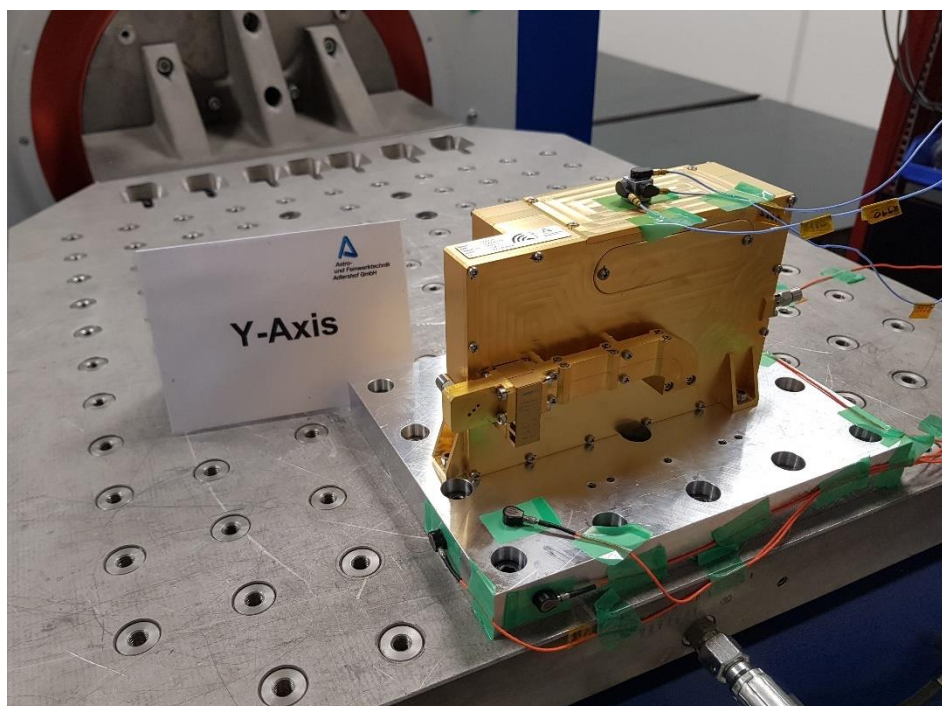
**Abbildung 4-19: Integration der einzelnen Module**



**Abbildung 4-20: Voll integriertes EQM**

Am 02. Dezember 2019 wurde die Umwelttestkampagne gestartet. Während eines Funktionstests nach der zweiten Achse (Sinus und Random Vibration Test) konnte der DOCON nicht mehr ordnungsgemäß gestartet werden. Untersuchungen bei IMST haben gezeigt, dass bei drei größeren Komponenten teilweise die Anschlüsse (Pins) zwischen Lötverbindung und Gehäuse gebrochen sind. Bei den Komponenten handelte es sich um das FPGA und das EEPROM auf dem CTRM-Board und den TCXO auf dem RFM-Board. Bis Ende Dezember 2019 konnte der DOCON von IMST repariert werden.

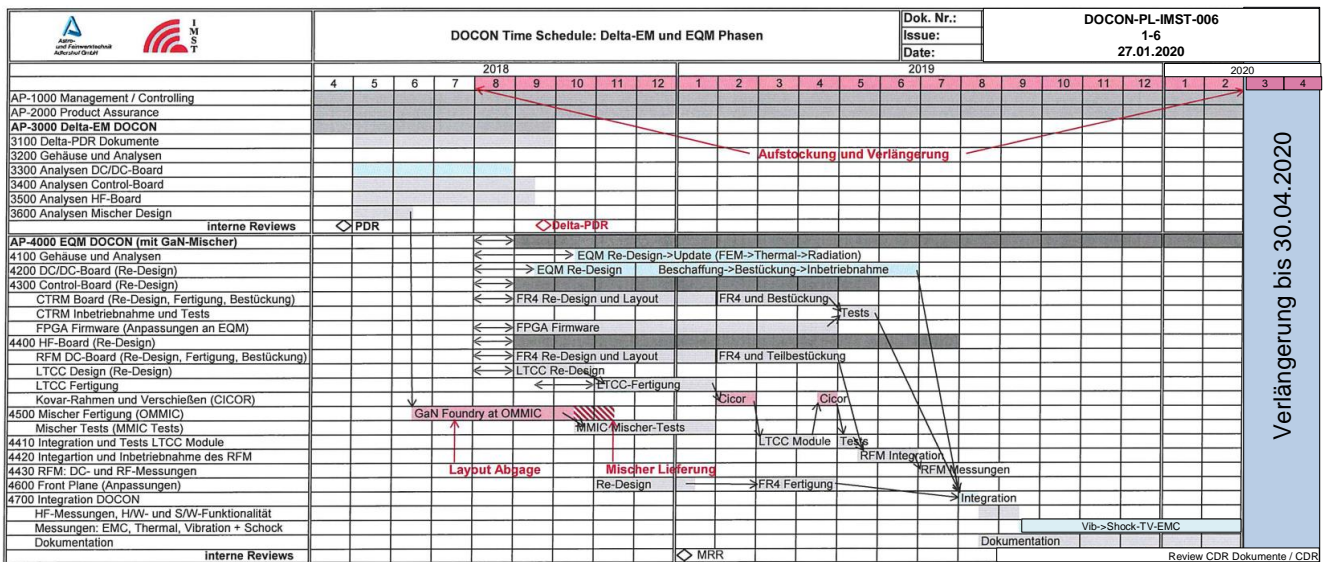
Nach erfolgreicher Reparatur des CTRL- und HF-Boards wurde die Integration des EQM am 13. Januar 2020 erneut erfolgreich durchgeführt. Am 29. Januar wurde die Umwelttestkampagne neu gestartet. Während der Funktionstests nach jeder Achse (Vibration und Pyroshock) konnte die ordnungsgemäße Funktion des DOCONs nachgewiesen werden. Vom 12. bis 14. Februar wurde der Thermal-Vakuum-Test durchgeführt. Es stellte sich heraus, dass der DOCON bei hohen Temperaturen (über +50°C) nicht die volle Funktionalität erreichte. Untersuchungen ergaben, dass der NOVELO-Synthesizer bei hohen Temperaturen nicht ordnungsgemäß funktionierte. Bei tieferen Temperaturen war die volle Funktionalität gegeben. Eine bessere Wärmeableitung des NOVELO-Synthesizer müsste realisiert werden.



**Abbildung 4-21: Vibrationstest (Y-Achse)**

## 4.2 Zeitplan

Durch die Implementierung des neuen GaN-Mischers verlängerte sich die EM-Phase bis September 2018. Am 20. September wurde die EM-Phase mit dem Delta-PDR erfolgreich abgeschlossen. In diesem Review wurde ebenfalls der neue Zeitplan für die EQM-Phase zwischen dem DLR sowie Astrofein und IMST abgestimmt, siehe Abbildung 4-22. Die Verlängerung der Projektlaufzeit bis 29.02.2020 wurde bewilligt. Mit der Fortführung der Umwelttestkampagne Anfang 2020, nach der Reparatur des CTRL- und HF-Boards, wurde eine weiter Laufzeitverlängerung von 2 Monate bis zum 30.04.2020 genehmigt.



**Abbildung 4-22: Aktualisierter Zeitplan (mit Laufzeitverlängerung von 2 Monaten)**

### 4.3 Projektbearbeitung

#### 4.3.1 AP 1000 – Management / Controlling

Das **AP 1000 – Management / Controlling** beinhaltet die Projektplanung und -steuerung. Die Ressourcen wurden entsprechend geplant sowie zahlreiche Treffen und Telefonkonferenzen durchgeführt. Die Arbeiten wurden über die gesamte Projektlaufzeit fortgeführt und mit der Abschlusspräsentation zum Projektende abgeschlossen.

Geplante Arbeiten im Berichtszeitraum	Status	Geplante Laufzeit	Verzug / Abweichung	Folgen der Abweichung
AP 1000 – Management / Controlling	abgeschlossen	01.08.2016 bis 31.10.2018	18 Monate	Laufzeitverlängerung bis 30.04.2020

#### 4.3.2 AP 2000 – Product Assurance

Das **AP 2000 – Product Assurance** beinhaltet die Gesamt-PA sowie die PA für die eigenen Arbeiten. Es wurde der PA-Plan sowie die „Declared“ Listen für den Gesamt-Docon erstellt. Im Rahmen eines EEE Part Control Processes sind die as-designed Declared Listen freigegeben worden. Die Bauteilauswahl bezüglich Dependability Risiken, Einfluss auf Prozessqualifikationsaufwand und erwartete Inhalte für Genehmigungsverfahren über Part Approval oder Justification Document sowie mögliche Substitutionslösungen wurden untersucht. Analog sind im Rahmen des MPCB Prozesses die Declared Listen auf Bedarfe für Genehmigungsverfahren über Request for Approval und Request for Deviation untersucht und notwendige Inhalte EQM-begleitend generiert worden. Diese wurden unterstützend in das CDR und damit in die Folgeverwertung eingebracht. Die PA-Arbeiten wurden über die gesamte Projektlaufzeit fortgeführt und sind mit dem Projektende abgeschlossen.

Geplante Arbeiten im Berichtszeitraum	Status	Geplante Laufzeit	Verzug / Abweichung	Folgen der Abweichung
AP 2000 – Product Assurance	abgeschlossen	01.08.2016 bis 31.10.2018	18 Monate	Laufzeitverlängerung bis 30.04.2020 geplant

#### 4.3.3 AP 3000 – EM DOCON

Dieses AP beinhaltete die Entwicklung, die Fertigung, die Integration und das Testen des DOCON EMs. Es wurden die Arbeiten im **AP 3100 – Spezifikationsphase** abgeschlossen. Obwohl der Mitflug des DOCONs auf H2Sat abgesagt wurde, dienen dessen Anforderungen als Grundlage für das DOCON-Projekt. Es wurden die Spezifikationen und Anforderungen mit dem Projektpartner

iteriert und entsprechende Spezifikationsdokumente erstellt. Aufgrund der Umstellung auf den GaN-Mischer mussten einige Anforderungen überarbeitet werden. Die Arbeiten im **AP 3200 – Gehäuse und Analysen** für das EM wurden ebenfalls abgeschlossen. Es wurden notwendige Änderungen mit dem Projektpartner abgestimmt und in das neue Gehäuse-Design überführt. Darüber hinaus wurden Struktur-, Thermal- und Strahlungsanalysen durchgeführt. Das EM-Gehäuse wurde gefertigt und für die Integration des EMs bereitgestellt. Im **AP 3300 – DC/DC-Board** wurde die DC/DC-Platine gefertigt und mit den EM-Bauelementen bestückt. Diese konnte erfolgreich in Betrieb genommen und funktionalen Tests unterzogen werden. Das DC/DC-Board wurde anschließend zum DC/DC-Modul integriert und zur Integration des DOCON-EMs bereitgestellt. Durch die Umstellung auf den GaN-Mischer war ein Re-Design notwendig. Alle Arbeiten wurden abgeschlossen.

Geplante Arbeiten im Berichtszeitraum	Status	Geplante Laufzeit	Verzug / Abweichung	Folgen der Abweichung
AP 3100 – Spezifikationsphase	abgeschlossen	01.08.2016 bis 31.10.2016	Eine finale Abstimmung erfolgte in Q1 2017	Späte Entscheidung bezüglich Absage des Mitflugs auf H2Sat führten zu einer Verlängerung der Spezifikationsphase, Entwicklungen in AP 3200 und AP 3300 haben sich um ca. 4 Monate verzögert
AP 3200 – Gehäuse und Analysen	abgeschlossen	01.10.2016 bis 31.03.2017	9 Monate	Gehäusedesign und Struktur-, Thermal- sowie Strahlungsanalysen abgeschlossen. Die EQM-Phase wurde nach dem Delta-PDR mit einer Verzögerung von 10 Monaten gestartet.
AP 3300 – DC/DC-Board	abgeschlossen	01.10.2016 bis 31.05.2017	6 Monate	Die Entwicklung der EM-Platine ist abgeschlossen. Die EQM-Phase wurde nach dem Delta-PDR mit einer Verzögerung von 10 Monaten gestartet.
AP 3400 – Control-Board	Keine Arbeiten bei Astrofein			
AP 3500 – HF-Board	Keine Arbeiten bei Astrofein			
AP 3600 – Mischer Design	Keine Arbeiten bei Astrofein			
AP 3700 – Mischer Fertigung und Test	Keine Arbeiten bei Astrofein			

<b>Geplante Arbeiten im Berichtszeitraum</b>	<b>Status</b>	<b>Geplante Laufzeit</b>	<b>Verzug / Abweichung</b>	<b>Folgen der Abweichung</b>
AP 3800 – Inbetriebnahme Test	abgeschlossen	01.07.2017 bis 31.10.2017	6 Monate	Die Arbeiten wurden in Q1/2018 durchgeführt. Die EQM-Phase wurde nach dem Delta-PDR mit einer Verzögerung von 10 Monaten gestartet.

#### 4.3.4 AP 4000 – EQM DOCON

Im **AP 4000 – EQM DOCON** wurden die Arbeiten nach dem erfolgreichen Delta-PDR weitergeführt. Die Änderungen für das EQM wurde mit IMST abgestimmt und in das EQM-Design überführt.

Im **AP 4100 – Gehäuse und Analysen** wurde das Re-Design des Gehäuses mit IMST iteriert und das CAD-Modell aktualisiert. Die notwendigen Analysen (Strukturanalyse, Thermalanalyse, Strahlungsanalyse) wurden aktualisiert und mit dem CDR Datenpaket zur Verfügung gestellt. Alle Arbeiten wurde abgeschlossen. Alle Gehäuseteile wurde gefertigt und für die Integration des DOCON EQMs zur Verfügung gestellt.

Im **AP 4200 – DC/DC-Board** wurden die Designänderungen mit IMST iteriert. Es wurde der Schaltplan und das Platinenlayout aktualisiert sowie die Bauteile benötigten Bauteile ausgewählt und beschafft. Das DC/DC-Board wurde erfolgreich gefertigt, in Betrieb genommen und für die Integration des DOCON EQMs zur Verfügung gestellt. Alle Arbeiten wurden abgeschlossen und die entsprechenden Dokumente mit dem CDR Datenpaket zur Verfügung gestellt.

Im **AP 4700 – Inbetriebnahme und Tests** wurden elektrische Tests sowie Umwelttest durchgeführt. Die entsprechenden Testberichte wurden mit dem CDR Datenpaket zur Verfügung gestellt.

Geplante Arbeiten im Berichtszeitraum	Status	Geplante Laufzeit	Verzug / Abweichung	Folgen der Abweichung
AP 4100 Gehäuse und Analysen	abgeschlossen	01.11.2017 bis 30.04.2018	13 Monate	Die Arbeiten wurden nach dem Delta-PDR mit einer Verzögerung von 11 Monaten begonnen. Update der Analysen zum CDR fertig gestellt. Laufzeitverlängerung bis 30.04.2020
AP 4200 DC/DC-Board	abgeschlossen	01.11.2017 bis 31.05.2017	11 Monate	Die Arbeiten wurden nach dem Delta-PDR mit einer Verzögerung von 11 Monaten begonnen. Design des DC/DC-Board abgeschlossen.
AP 4300 Control-Board	Keine Arbeiten bei Astrofein			
AP 4400 HF-Board	Keine Arbeiten bei Astrofein			
AP 4500 Mischer Re-Design	Keine Arbeiten bei Astrofein			
AP 4600 Mischer Fertigung und Tests	Keine Arbeiten bei Astrofein			

<p>AP 4700 Inbetriebnahme und Tests</p>	<p>abgeschlossen</p>	<p>01.07.2018 bis 31.10.2018</p>	<p>13 Monate</p>	<p>Die Arbeiten wurden nach dem Delta-PDR mit einer Verzögerung von 13 Monaten begonnen.</p> <p>Das EQM wurde Anfang November erfolgreich integriert und in Betrieb genommen. Aufgrund von Bauteilversagen auf dem CTRL- und HF-Board während der Vibration-Tests musste die Umwelttestkampagne abgebrochen werden. Nach erfolgreicher Reparatur wurden die Test Anfang 2020 fortgesetzt.</p> <p>Es wurde nur ein reduzierter EMV-Tests durchgeführt, da die HF-Performance das DOCONs nicht erreicht werden konnte. Alle Testberichte wurden im Rahmen des CDR zur Verfügung gestellt.</p> <p>Laufzeitverlängerung bis 30.04.2020.</p>
---	----------------------	--	------------------	---

#### 4.3.5 Unteraufträge

Während des Projektes wurden keine Unteraufträge vergeben.

#### 4.3.6 Erstellte Dokumente

Folgende Dokumente wurden innerhalb der Projektlaufzeit erstellt:

Dokumentnummer	Tittel	Typ	Status
DOCON-PL-AFW-002	PA Plan	PL	Vers. 2-0
DOCON-PL-AFW-003	Specification Tree	PL	Vers. 1-0
DOCON-RS-IMST-001	Requirement Specification	RS	Vers. R02
DOCON-RS-AFW-002	DC/DC-Board Requirement Specification	RS	Vers. 1-1
DOCON-RS-AFW-003	Housing Requirement Specification	RS	Vers. 1-0
DOCON-LI-AFW-001	CIDL	LI	Vers. 1-0
DOCON-DD-AFW-002	DC/DC Module Design Definition File	DD	Vers. 3-0
DOCON-DD-AFW-006	Housing Design Definition File	DD	Vers. 3-0
DOCON-RP-AFW-001	TCS Analysis Report	RP	Vers. 3-0
DOCON-RP-AFW-002	Mathematical Model Description	RP	Vers. 3-0
DOCON-RP-AFW-003	Structure Analysis Report	RP	Vers. 3-0
DOCON-RP-AFW-004	Radiation Analysis Report	RP	Vers. 3-0
DOCON-LI-AFW-003	CIL	LI	Vers. 3-0
DOCON-LI-AFW-004	As-Built Configuration List	LI	Vers. 3-0
DOCON-LI-AFW-005	DCL	LI	Vers. 5-0
DOCON-LI-AFW-006	DML	LI	Vers. 5-0
DOCON-LI-AFW-007	DPL	LI	Vers. 5-0
DOCON-TP-AFW-002	Vibration Test Procedure	TP	Vers. 1-1
DOCON-TP-AFW-003	Pyroshock Test Procedure	TP	Vers. 1-1
DOCON-TP-AFW-004	Thermal-Vacuum Test Procedure	TP	Vers. 1-1
AFW-ETR-20-008	Environmental Test – Vibration Test Report	RP	Vers- 1-0
AFW-ETR-20-009	Environmental Test – Pyroshock Test Report	RP	Vers- 1-0
AFW-ETR-20-013	Environmental Test – Thermal Vakuum Test Report	RP	Vers- 1-0
P16-0016-AFW-RP-001	Zwischenbericht 2016	RP	Final
P16-0016-AFW-RP-002	Zwischenbericht I 2017	RP	Final
P16-0016-AFW-RP-003	Zwischenbericht II 2017	RP	Final
P16-0016-AFW-RP-004	Zwischenbericht I 2018	RP	Final
P16-0016-AFW-RP-005	Zwischenbericht II 2018	RP	Final
P16-0016-AFW-RP-006	Zwischenbericht I 2019	RP	Final
P16-0016-AFW-RP-007	Zwischenbericht II 2019	RP	Final
P16-0016-AFW-RP-008	Zwischenbericht I 2020	RP	Final
P16-0016-AFW-RP-009	Abschlussbericht	RP	Final

 <p>Astro- und Feinwerktechnik Adlershof GmbH</p>	<p><b>DOCON</b></p> <p><b>Abschlussbericht</b></p>	<p>Dokument P16-0016-AFW-RP-009</p> <p>Ausgabe 1-0</p> <p>Datum 28.10.2020</p> <p>Seite 32 von 36</p>
--	--	---

#### 4.4 Erreichung der Projektziele

Das Projekt wurde mit einer Verzögerung von 4 Monaten genehmigt. Die Arbeiten wurden am 01.08.2016 begonnen. Es ergab sich somit eine Verschiebung des in der Vorhabensbeschreibung enthaltenen Zeitplans um 4 Monate. Die Gesamtintegration des DOCON-EM wurde im Januar 2018 durchgeführt. Die EM-Phase für das Gehäuse und das DC/DC-Modul mit einem Mischer in GaAs-Technologie konnte mit dem Bestehen des PDR vollständig abgeschlossen werden. Durch die Umstellung des Mischer MMIC in GaN-Technologie wurde ein Re-Design mit einem Delta-PDR notwendig. Das Delta-PDR wurde am 20. September 2018 erfolgreich abgeschlossen. Die Umsetzung der Designänderungen wurden in der EQM-Phase vollzogen. Die EQM-Phase wurde nach dem Delta-PDR mit einer Verzögerung von 11 Monaten begonnen. Eine Verlängerung der Projektlaufzeit um 18 Monate, bis zum 30. April 2020 wurde genehmigt.

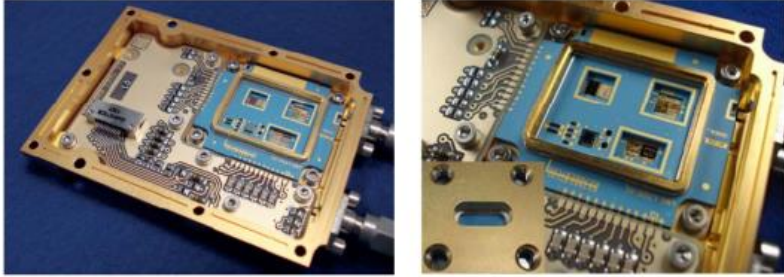
Bei der Charakterisierung des GaN-Mischer-MMIC's stellte sich heraus, dass das vom MMIC-Hersteller gelieferte Diodenmodell fehlerhaft war. Dadurch erreichte der Mischer bei weitem nicht die gewünschte Performance, die er nach den Optimierungen haben sollte. Er ist ca. 25 bis 30 dB schlechter. Dadurch sind keine brauchbaren Ergebnisse im Bereich Verstärkung und Spurious für den DOCON zu erwarten. Nach Abstimmung mit dem Projektträger wurde das Vorhaben im April 2020 mit der vorhandener Hardware bei eingeschränkter Aussagekraft einiger Ergebnisse zu Ende geführt.

Da nach der Charakterisierung des Mixers klar war, dass das DOCON-EQM nicht die geforderte HF-Performance erreichen wird, ließ sich eine vollständige Qualifizierung des DOCONs zu einem Produkt innerhalb des Vorhabens nicht erreichen. Da dies insbesondere den HF-Teil des DOCONs betrifft, sahen die Partner Astrofein und IMST keinen Nutzen in einer kostenintensiven EMV-Qualifizierung. Lediglich kleinere Tests hinsichtlich geleiteter Strahlung (Conductive Emission) wurden in einem nicht zertifizierten Labor durchgeführt, um das Design des DC/DC und CTRL-Moduls zu verifizieren. Ebenfalls wurden die mechanischen und thermalen Umwelttests wie geplant durchgeführt, um das Design der aufgebauten Hardware zu verifizieren.


#### 4.5 Relevante Ergebnisse Dritter


Es ist bekannt geworden, dass die Firma TESAT ebenfalls an einem Ka-Band Down-Converter arbeitet. Dies berichtete Prof. Jens Müller auf der IMAPS Konferenz 2016 in Polen. Auch hierbei handelt es sich um in LTCC eingebettete MMICs. TESAT war bis Ende 2016 in seiner Funktion als Nutzlast-Prime für den H2Sat über die Entwicklungen und Fortschritte in den Projekten KERAMIS-GEO und DOCON informiert.

**Ka-Band Downconverter**




- 27-31GHz
- Local Oscillator ca. 9GHz
- integrated strip-line to waveguide transition,
- 10x DP951,
- Au conductor technology for space,
- MEMS pressure sensor die for leakage test

  
PIONEERING WITH PASSION

 Institut für Mikro- und Nanotechnologien MacroNano®  
www.tu-ilmenau.de/imn

IMAPS Poland 2016  
Walbrzych, 25.-28.09.2016  
Jens.mueller@tu-ilmenau.de

Page 41  TECHNISCHE UNIVERSITÄT ILMENAU

**Abbildung 4-23: TESAT Ka-Band Down-Converter**

#### 4.6 Änderung der Zielsetzung

Die Zielsetzungen des Fördervorhabens, so wie sie mit einer EM- und EQM-Phase bewilligt wurden, mussten in der Vergangenheit angepasst werden. Abweichungen zu den geplanten Zielen sind mit den von IMST beschriebenen, schlechten Eigenschaften des GaN-Mischers zu begründen. Insbesondere die HF-Eigenschaften des Down-Converters lassen sich mit dem Mischer-MMIC nicht erreichen. Das DOCON EQM-Modell wurde dennoch vollständig aufgebaut und es wurden alle relevanten Tests durchgeführt. Somit können nach Projektende mit einem Mischer-Redesign die Projektziele nachträglich erreicht werden. Da das EQM während der Vibrationstests beschädigt wurde und repariert werden musste, kam es zu einer weiteren Verzögerung von zwei Monaten. Nach Abstimmung mit dem Projektträger wurde das Vorhaben bis April 2020 verlängert und mit der vorhandenen Hardware bei eingeschränkter Aussagekraft einiger Ergebnisse beendet. Ende April (KW17) wurde das CDR sowie die Abschlusspräsentation durchgeführt.

## **4.7 Fortschreitung des Verwertungsplans**

### **4.7.1 Erfindungen/Schutzrechtsanmeldungen und erteilte Schutzrechte**

Es wurden keine Erfindungen/Schutzrechtsanmeldungen getätigt und keine Schutzrechte erteilt.

### **4.7.2 Wirtschaftliche Erfolgsaussichten nach Projektende**

Es bieten sich sehr gute wirtschaftliche Erfolgsaussichten, wenn der DOCON im Anschluss des Vorhabens zu einem voll qualifiziertem Produkt weiterentwickelt wird. Mit dem jetzt entwickelten und verfügbaren GaN-Mischer wird der DOCON als Gesamtgerät nicht in ein Produkt überführbar sein, da die oben beschriebenen HF-Eigenschaften des Chips zu schlecht sind. Es wird daher angestrebt, ein Mischer-Redesign nach Projektende zu realisieren. Wenn es gelingt, anschließend einen geeigneten Mischer zu entwickeln oder zu erwerben, bieten sich nach wie vor sehr gute wirtschaftliche Erfolgsaussichten, den DOCON-Demonstrator nach diesem Vorhaben zu einem Produkt weiterentwickelt wird. Die Projektpartner gehen davon aus, dass ein gemeinsames Produkt frühestens sechs Jahre nach Projektende (also in 2026) in den Satellitenmarkt eingeführt werden kann. Dies ist ca. 1 Jahr länger, als in vorhergehenden Berichten geschrieben wurde. Diese Zeit würde benötigt, um ein Mischer-Redesign zu entwickeln, zu testen und zu integrieren.

Das spätere Produkt DOCON werden IMST und Astrofein mit den bereits beschriebenen Arbeitspaketverantwortlichkeiten weiterführen, wobei IMST aufgrund seiner Erfahrungen im HF-Markt die Geräteverantwortung übernimmt. Dies wurde in einem Kooperationsvertrag geregelt und zeigt, dass beide Firmen von einem Markterfolg des Produktes ausgehen, da die aufgrund der Modulbauweise vorliegende Konfigurierbarkeit einen Wettbewerbsvorteil gegenüber den Konkurrenzprodukten bietet.

Darüber hinaus können auch Teilergebnisse des Vorhabens nach der Projektlaufzeit in die Verwertung überführt werden. Dazu gehören einzelne Chips oder Module, die sowohl als Bare-Dies oder in gehauster Form als LTCC-Module vermarktet werden können. Die gesammelten Erkenntnisse im Bereich der DC/DC-Aufbereitung und Systemdesign/-integration werden in Systeme/Produkte (z.B. in Reaktionsräder) mit ähnlichem Einsatzszenario (15 Jahre GEO) aber auch für Anwendungen im LEO überführt und weiter genutzt.

### **4.7.3 Wissenschaftliche und/oder technische Erfolgsaussichten nach Projektende**

Die noch ausstehenden technischen Herausforderungen des DOCON konnten bereits in KERAMIS-GEO eingegrenzt und bewertet werden. Die Partner sehen gute Erfolgsaussichten, die bereits diskutierten Probleme zu lösen und damit die Anforderungen und Erwartungen an den

DOCON zu erfüllen. IMST und Astrofein können zusammen einen Großteil der zu entwickelnden Technologien abdecken und anschließend als Produkt gemeinsam oder auch einzeln in Teiltechnologien verwerten. IMST und Astrofein sind stark mit deutschen Partnern in der Industrie und Wissenschaft vernetzt (insbesondere aus den vorangegangenen KERAMIS-Projekten), sodass der wirtschaftliche, wissenschaftliche und technische Erfolg des DOCON langfristig auch zu einer erhöhten Konkurrenzfähigkeit der deutschen Wirtschaft im Bereich der Satellitentechnologien beitragen wird.

#### **4.7.4 Wissenschaftliche und wirtschaftliche Anschlussfähigkeit**

Der in diesem Vorhaben entwickelte DOCON zeichnet sich durch seine Modularität und Flexibilität aus und ist daher einfacher an neue Anforderungen zu konfigurieren. Für einen kommerziellen Erfolg des DOCON als Gesamtgerät ist ein funktionierendes Mischer-MMIC unabdingbar. Daher wird in einer anschließenden Phase die Entwicklung eines solchen Chips angestrebt. Verschiedene Möglichkeiten dafür wurden bereits im Konsortium und mit dem DLR diskutiert. Das Ziel den DOCON als EQM in diesem Projekt fertig zu stellen wurde weiterverfolgt. In einer Anschlussphase soll ein Mischer-MMIC entwickelt werden, das es in den bestehenden DOCON integriert werden kann. Nach erfolgreicher Integration wird eine FM-Phase zusammen mit einem Kunden angestrebt.

Die wirtschaftliche Anschlussfähigkeit ist auf Modulebene durch den im Projekt entwickelten fortschrittlichen DC/DC-Wandlers gegeben. Das entwickelte und qualifizierte Modul kann als Systembaustein in verschiedenen Geräten im Bereich der kommerziellen Raumfahrt angeboten und weiter vermarktet werden. Die entsprechende Weiterentwicklung erfolgt kundenspezifisch, um den Anforderungen des jeweiligen Equipments Rechnung zu tragen. Mögliche Kunden für die kommerzielle Verwertung der Module sind RUAG Space, NEC, Thales Alenia Space und Airbus DS.

Gleichzeitig besteht auch weiterhin, wie im Verwertungsplan ausgeführt, die Möglichkeit durch einen verbesserten Mischer das Gesamtgerät Flexible Down-Converter (FLEX-DOCON) auf eine Produktebene zu heben und zu vermarkten. Insbesondere Systemintegratoren von Kommunikationsplattformen sind für die Vermarktung des Subsystems avisiert. Mögliche zukünftige Kunden wären europäische LSI, wie OHB, Airbus oder Thales, aber ebenso internationale Wettbewerber wie z.B. SSL, Ball Aerospace und Boeing.

Der von IMST GmbH und der Astro- und Feinwerktechnik Adlershof GmbH in der Vorhabenbeschreibung vorgestellte Verwertungsplan, insbesondere die wirtschaftlichen Erfolgsaussichten sind daher auch ohne die Antragstellung für eine Förderung für die Qualifizierung des Gerätes für den Mitflug auf dem Heinrich-Hertz Satelliten unverändert gültig.



Astro-  
und Feinwerktechnik  
Adlershof GmbH

**DOCON**  
**Abschlussbericht**

Dokument	P16-0016-AFW-RP-009
Ausgabe	1-0
Datum	28.10.2020
Seite	36 von 36

**Ende des Dokuments**