



# ENTWICKLUNGSBEITRÄGE ZUM EUROPÄISCHEN SATELLITENNAVIGATIONSSYSTEM GALILEO IV

## SCHLUSSBERICHT

**FÖRDERKENNZEICHEN: 50 NA 1401**

### **PROJEKTLEITUNG**

Univ.-Prof. Dr.-Ing. B. Eissfeller

### **AUTOREN**

Dipl.-Ing. Elias Gkougkas

Dipl.-Ing. Dominik Dötterböck

M.Sc. Thomas Kraus

### **ZUWENDUNGSEMPFÄNGER**

Institut für Raumfahrttechnik und Weltraumnutzung

Universität der Bundeswehr München

85577 Neubiberg

Deutschland



# INHALTSVERZEICHNIS

<b>1</b>	<b>EINLEITUNG .....</b>	<b>7</b>
1.1	INHALT .....	7
1.2	GLIEDERUNG .....	7
1.3	LITERATURVERZEICHNIS .....	8
1.4	LISTE DER ABKÜRZUNGEN .....	9
<b>2</b>	<b>DARSTELLUNG DES VORHABENS.....</b>	<b>11</b>
2.1	AUFGABENSTELLUNG .....	11
2.2	VORAUSSETZUNGEN .....	11
2.3	PLANUNG UND ABLAUF DES VORHABENS .....	12
2.4	WISSENSCHAFTLICHER UND TECHNISCHER STAND ZU PROJEKTBEGINN .....	12
2.5	ZUSAMMENARBEIT MIT ANDEREN STELLEN .....	12
<b>3</b>	<b>ZUSAMMENFASSUNG DER ERZIELTEN ERGEBNISSE.....</b>	<b>13</b>
3.1	ERGEBNISSE .....	13
3.2	NUTZEN UND VERWERTBARKEIT DER ERGEBNISSE .....	16
3.3	PROJEKTBEZOGENE VERÖFFENTLICHUNGEN .....	17
<b>4</b>	<b>ÜBERSICHT DER ARBEITSLEISTUNG IN DEN ARBEITSPAKETEN.....</b>	<b>19</b>
4.1	NATIONALE VERTRETUNG IN DER CSI .....	20
4.2	TEILNAHME ALS DEUTSCHER EXPERTE AN BILATERALEN VERHANDLUNGEN UND KONSULTATIONEN DER EUROPÄISCHEN KOMMISSION .....	21
4.3	TEILNAHME ALS DEUTSCHER EXPERTE AN MULTILATERALEN VERHANDLUNGEN UND KONSULTATIONEN DER EUROPÄISCHEN KOMMISSION .....	21
4.4	BERICHTERSTATTUNG AN DIE NATIONALEN ENTSCHEIDUNGSTRÄGER .....	21
4.5	GESTALTUNG DES PRS IN PRÄSENZ NEUER GNSS SIGNALE UND DIE TEILNAHME AN DEN ENTSPRECHENDEN ARBEITSGRUPPEN.....	22
4.6	TEILNAHME AN DER EC EXPERT GROUP FÜR DEN GALILEO COMMERCIAL SERVICE.....	22
4.7	BEITRÄGE ZUR SYSTEMDEFINITION ZUKÜNFTIGER INTEGRATIONSÜBERWACHUNGSARCHITEKTUREN ....	24
4.8	AKTIVITÄTEN BEZÜGLICH DER INTERFERENZEN.....	24
<b>5</b>	<b>BERICHTERSTATTUNG UND SACHSTANDAUSTAUSCH MIT DEM BMVL.....</b>	<b>27</b>
5.1	MEMOS .....	27
<b>6</b>	<b>VERTRETUNG IN DER ARBEITSGRUPPE WG-CSI.....</b>	<b>29</b>
6.1	SITZUNGEN IM JAHR 2014 .....	29
6.2	SITZUNGEN IM JAHR 2015 .....	30
6.3	SITZUNGEN IM JAHR 2016 .....	31
<b>7</b>	<b>VERTRETUNG IN DER ARBEITSGRUPPE WG-CS.....</b>	<b>34</b>
7.1	SITZUNGEN IM JAHR 2014 .....	34
7.2	SITZUNGEN IM JAHR 2015 .....	35
7.3	SITZUNGEN IM JAHR 2016 .....	35
<b>8</b>	<b>VERTRETUNG IN DER ARBEITSGRUPPE WG-EE.....</b>	<b>37</b>
8.1	SITZUNGEN IM JAHR 2015 .....	37
8.2	SITZUNGEN IM JAHR 2016 .....	38
<b>9</b>	<b>BILATERALE VERHANDLUNGEN.....</b>	<b>40</b>
9.1	EU-USA KOORDINATIONSTREFFEN .....	40

9.2	EU-CHINA KOORDINATIONSTREFFEN.....	42
9.3	EU-JAPAN KOORDINATIONSTREFFEN .....	42
9.4	EU-INDIEN KOORDINATIONSTREFFEN .....	42
<b>10</b>	<b>ICG-TREFFEN DER VEREINTE NATIONEN .....</b>	<b>43</b>
10.1	ICG-9 IN PRAG, EU (10-14.11.2014).....	43
10.2	ICG-10 IN BOULDER, USA (01-06.11.2015) .....	44
10.3	ICG-11 IN SOTSCHI, RUSSLAND (06-11.11.2016).....	44
<b>ANHANG</b>	<b>.....</b>	<b>45</b>
A.	BERICHTERSTATTUNG AN DAS BMVI UND DLR: MEMOS.....	45
B.	CSI-BERICHTE.....	111
C.	PRÄSENTATIONEN .....	227
D.	VERÖFFENTLICHUNGEN.....	347
E.	KOORDINATIONSTREFFEN.....	489
F.	KURZFASSUNG DES SCHLUSSBERICHTS (BERICHTSBLATT, DOCUMENT CONTROL SHEET).....	515

## ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 3-1: GNSS-Frequenzbänder von Galileo und GPS .....	15
Abbildung 4-1: Galileo-Arbeitsgruppen der Europäischen Kommission .....	19
Abbildung 4-2: Aktivitätsfeld der WG-CSI .....	20
Abbildung 4-3: CS-HA Architektur [7] .....	23
Abbildung 4-4: CS-Auth Architektur [7] .....	23
Abbildung 4-5: Interferenzunterdrückungseinheit ergänzt bestehende GNSS-Systeme mit einer höheren Interferenzrobustheit .....	25
Abbildung 4-6: Non-Standardcode mit GNSS-L1/E1-Noisefloor gemessen an der UniBwM im Jahr 2011 und berichtet durch die CSI WG aufgrund einer RFI-Meldungen der französischen Luftfahrtbehörde DGAC an die GPS CGSIC (USA) .....	26

---

## TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle 1-1: Liste der Abkürzungen.....	10
Tabelle 3-1: Entwicklungsrichtungen für die zweite Galileo Generation .....	13
Tabelle 5-1: MEMOs an das BMVI und DLR Raumfahrtmanagement .....	28
Tabelle 10-1: ICG-Arbeitsgruppen .....	43

# 1 EINLEITUNG

## 1.1 INHALT

Dieses Dokument stellt den Schlussbericht des Fördervorhabens

### **Entwicklungsbeiträge zum europäischen Satellitennavigationssystem Galileo IV, kurz „Galileo IV“**

dar, welches unter dem Förderkennzeichen 50 NA 1401 von der Universität der Bundeswehr München, Institut für Raumfahrttechnik und Weltraumnutzung, durchgeführt wurde.

## 1.2 GLIEDERUNG

Das Dokument ist in zehn Abschnitten unterteilt mit folgendem Inhalt:

- Abschnitt 1** gibt einen Überblick über das vorliegende Dokument mit einer Liste der referenzierten Literatur und einer Tabelle der verwendeten Abkürzungen.
- Abschnitt 2** beinhaltet eine Zusammenfassung und kurzen Überblick des Vorhabens. Die Voraussetzungen und Aufgabenstellung werden geschildert, gefolgt von der Planung des Vorhabens.
- Abschnitt 3** stellt die Ergebnisse, die während des Vorhabens erzielt worden sind, dar.
- Abschnitt 4** enthält die Berichte und Ergebnisse der einzelnen Arbeitspakete. Hier wird jedes einzelne Arbeitspaket beschrieben und dessen Ergebnisse präsentiert.
- Abschnitt 5** liefert den Überblick der Berichterstattung, die an das Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI) gerichtet war.
- Abschnitt 6** listet alle Sitzungen der europäischen Arbeitsgruppe EC WG-CSI (Compatibility, Signals and Interoperability) auf.
- Abschnitt 7** gibt den Überblick der EC WG-EE (Evolution EGNSS) Sitzungen.
- Abschnitt 8** gibt den Überblick der EC WG-CS (Commercial Service) Sitzungen.
- Abschnitt 9** fast alle bilateralen Verhandlungen und Sitzungen der Europäischen Kommission (EC) mit den anderen Systemanbietern zusammen.
- Abschnitt 10** fast alle multilateralen Sitzungen, die im Rahmen des „International Committee of GNSS (ICG)“ stattfanden, zusammen.

### 1.3 LITERATURVERZEICHNIS

- [1] Institut für Raumfahrttechnik und Weltraumnutzung, Universität der Bundeswehr München, „Entwicklungsbeiträge zum europäischen Satellitennavigationssystem Galileo I“, Juni 2008.
- [2] Institut für Raumfahrttechnik und Weltraumnutzung, Universität der Bundeswehr München, „Entwicklungsbeiträge zum europäischen Satellitennavigationssystem Galileo II“, Juni 2011.
- [3] Institut für Raumfahrttechnik und Weltraumnutzung, Universität der Bundeswehr München, „Entwicklungsbeiträge zum europäischen Satellitennavigationssystem Galileo III“, Juni 2014.
- [4] Institut für Raumfahrttechnik und Weltraumnutzung, Universität der Bundeswehr München, CNES: „Proposal for the Optimisation of the Galileo E1-OS Message“, Technische Note, Version 1.1, August 2013
- [5] GLONASS ICD L1, Draft-Version, [Zugriff 30.06.2017]:  
<http://russianspacesystems.ru/wp-content/uploads/2016/08/IKD-L1-s-kod.-razd.-Red-1.0-2016.pdf>
- [6] Europäische Kommission, „European GNSS Evolution HLD“, Version 1.3, 30. Mai 2017
- [7] Europäische Kommission, „Galileo Commercial Service and Open Service Navigation Message Authentication“, Information Note, V1.1, Dezember 2015
- [8] ARAIM Milestone II Report, Februar 2015, [Zugriff 30.06.2017]:  
<http://www.gps.gov/policy/cooperation/europe/2015/working-group-c/ARAIM-milestone-2-report.pdf>
- [9] ARAIM Milestone III Report, Februar 2016, [Zugriff 30.06.2017]:  
<http://www.gps.gov/policy/cooperation/europe/2016/working-group-c/ARAIM-milestone-3-report.pdf>
- [10] Fabio Dovis, „GNSS Interference Threats and Countermeasures“, Artech House, 2015
- [11] GPS Anti-Jam Technology (GAJT®) of NovAtel Inc.,  
<https://www.novatel.com/products/gnss-antennas/gajt-anti-jam-antennas/>
- [12] Europäische Kommission, „European GNSS Mission Evolution Roadmap (EGMER)“, Version 1.0, November 2013
- [13] Europäische Weltraumorganisation, „European GNSS System Evolution Roadmap“, Version 2.0, Januar 2016

## 1.4 LISTE DER ABKÜRZUNGEN

Abkürzung	Bedeutung
ARAIM	Advanced Receiver Autonomous Integrity Monitoring
ATSG	ARAIM Technical Subgroup
ATV	Amateur Television
Auth	Authentication
BMVI	Bundesministerium für Verkehr und Digitale Infrastruktur
BOC	Binary Offset Carrier
BPSK	Binary Phase Shift Keying
BSI	Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik
C/NAV	Navigationsnachricht in E6-B
CBOC	Composite Binary Offset Carrier
CDMA	Codemultiplexverfahren (Code Division Multiple Access)
CGSIC	Civil GPS Service Interface Committee
CNES	Centre National d'Etudes Spatiales (Französische Raumfahrtagentur)
CR	Change Request (Änderungsvorschlag)
CS	Commercial Service
CSI	Compatibility, Signals and Interoperability
DGAC	Direction générale de l'aviation civile (französische Aufsichtsbehörde für Zivilluftfahrt)
DLR	Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V.
DLR KN	DLR Institut für Kommunikation und Navigation
E1/L1	Mittelfrequenz 1575.42 MHz
E5/L5	Mittelfrequenz 1176.45 MHz
E6	Mittelfrequenz 1278.75 MHz
EC	Europäische Kommission
EDBS	External Data Broadcast System
EE	EGNSS Evolution
EGEP	European GNSS Evolution Programme
EGMER	European GNSS Evolution Roadmap
EGNOS	European Geostationary Navigation Overlay Service
EGNSS	European Global Navigation Satellite System“
e-HLD	EGNSS High Level Description Document
ESA	European Space Agency (Europäische Weltraumorganisation)
ETSI	Europäisches Institut für Telekommunikationsnormen
EU	Europäische Union
FAA	Federal Aviation Administration
FFT	Schnelle Fourier-Transformation (Fast Fourier Transformation)
FIR	Filter mit endlicher Impulsantwort (Finite Impulse Response)
FOC	Full Operational Capability
G1G	Erste Galileo Generation
G2G	Zweite Galileo Generation
GCS	Galileo Control System
GGTO	GPS-Galileo Time System Offset
GMS	Galileo Mission System
GNSS	Global Navigation Satellite System
GPS	Global Positioning System
GRC	Galileo Reference Center
GSA	Agentur für das Europäische GNSS
GSC	Galileo Service Centre
GSO	Geosynchroner Orbit
HA	High Accuracy

I/NAV	Navigationsnachricht auf E1-B und E5b-I
IARU	International Amateur Radio Union
ICD	Interface Control Document
ICG	International Committee of GNSS
IDM	Interference Detection and Mitigation
IGSO	Geneigter geosynchroner Orbit (inclined)
IIR	Filter mit unendlicher Impulsantwort (Infinite Impulse Response)
IOC	Initial Operational Capability
IOV	In-Orbit Validation
IRNSS	Indian Regional Navigation Satellite System
ISM	Integrity Support Message
ISRO	Indian Space Research Organization
ISTA	Institute of Space Technology and Applications
ISU	Interference Suppression Unit (Unterdrückungseinheit von Interferenzen)
ITRF	International Terrestrial Reference System
ITU	Internationale Fernmeldeunion
ITU-R	ITU- Radiocommunication Sector
JRC	Joint Research Centre (Gemeinsame Forschungsstelle)
LDPC	Low-Density-Parity-Check (Kanalkodierung)
LPV	Localizer Precision Vertical
LTE	Long Term Evolution
MEAG	Mission Evolution Advisory Group (Arbeitsgruppe der EC)
NASA	National Aeronautics and Space Administration
NET	National Expert Team
NI	National Instruments
NMA	Navigation Message Authentication
OS	Open Service
PC	Programme Committee
PPP	Precise Point Positioning
PRR	Preliminary Requirements Review
PRS	Public Regulated Service
QZSS	Quasi-Zenit-Satelliten-System
RAD	Reference Assumption Document
RAIM	Receiver Autonomous Integrity Monitoring
RFC	Radio Frequency Compatibility
RNSS	Radio Navigation Satellite System
RS	Reed Solomon (Kanalkodierung)
SAR	Search and Rescue
SB	Security Board
SBAS	Satellite Based Augmentation System
SdCDR	System delta Critical Design Review
SG	Subgroup
SoL	Safety-of-Life Service
SSV	Space Service Volume
ToR	Terms of Reference
TTF	Time-To-First-Fix
TWG	Technical Working Group
UniBwM	Universität der Bundeswehr München
US(A)	Vereinigte Staaten (von Amerika)
WG	Working Group
WTD 81	Wehrtechnische Dienststelle für Informationstechnologie und Elektronik

**Tabelle 1-1: Liste der Abkürzungen**

## 2 DARSTELLUNG DES VORHABENS

Das Vorhaben „Entwicklungsbeiträge zum europäischen Satellitennavigationssystem Galileo IV (Galileo IV)“ wurde am Institut für Raumfahrttechnik und Weltraumnutzung (ISTA) der Universität der Bundeswehr München (UniBwM) als Zuwendung des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt e.V. (DLR) durchgeführt. Dieser Schlussbericht wurde von den Projektmitarbeitern am Institut für Raumfahrttechnik und Weltraumnutzung unter der Leitung von Univ.-Prof. Dr.-Ing. Bernd Eissfeller erstellt. Er beschreibt die Ergebnisse der Projektarbeiten im gesamten Projektzeitraum vom 01.01.2014 bis 31.12.2016.

### 2.1 AUFGABENSTELLUNG

Im Rahmen des Vorhabens hatte das Institut für Raumfahrttechnik und Weltraumnutzung (ISTA) der Universität der Bundeswehr München (kurz: UniBwM) den Auftrag, Entwicklungsbeiträge zum europäischen Satellitennavigationssystem Galileo zu leisten. Der Antragsteller erhielt vom BMVI, das verantwortlich für das Galileo-System ist, das Mandat Deutschland in den Arbeitsgruppen der EC WG-CSI und WG-CS zu vertreten (ab 2015 auch in der Arbeitsgruppe WG-EE). Die Hauptaufgabe bestand darin, die EC in der Entwicklung und Umsetzung des Galileo-Projektes zu unterstützen und die deutschen Interessen zu wahren.

Das Institut für Raumfahrttechnik und Weltraumnutzung hatte in diesem Vorhaben zur Aufgabe, beratend für Frequenz- und Signalaspekte im Hinblick auf die aktuelle und zweite Generation von Galileo (G2G) tätig zu sein. Die Hauptaufgaben waren Beiträge zur Optimierung, Kompatibilität und Interoperabilität des europäischen Satellitennavigationssystem Galileo zu leisten. Diese Beiträge sind enorm wichtig für die Sicherung der aktuellen Galileo-Signale gegenüber anderen GNSS-Systemanbieter.

Hinsichtlich des kommerziellen Dienstes auf E6 (Commercial Service, CS) hatte die UniBwM die Aufgabe, die technische Ausgestaltung des Dienstes zu überprüfen. Desweiteren hat das Institut die Konzepte einer technischen Weiterentwicklung des Galileo-Systems, die von der ESA (Europäische Weltraumorganisation) vorgeschlagen wurden, evaluiert.

### 2.2 VORAUSSETZUNGEN

Das Institut für Raumfahrttechnik und Weltraumnutzung der Universität der Bundeswehr München hat seit 1999 die Bundesrepublik Deutschland in zahlreichen Arbeitsgruppen der Europäischen Kommission, die sich mit dem Satellitennavigationssystem Galileo befassen, vertreten und unterstützt. Aktuell vertritt Professor Eissfeller die deutschen Interessen in den Arbeitsgruppen WG-CSI, WG-CS und WG-EE.

Wesentliche Teile der aktuellen Galileo-Signalstruktur wurden am Institut im Rahmen der Projekte „Galileo I-III“ entwickelt [1], [2], [3]. Des Weiteren wurden Optimierungsvorschläge des jetzigen Systems in Zusammenarbeit mit der französischen Raumfahrtagentur (CNES) vorangetrieben (I/NAV-Optimierung [4]). Diese Vorschläge, die voraussichtlich ab 2018 umgesetzt werden, führen zur Leistungssteigerung des offenen Dienstes (höhere Robustheit, reduzierte Time-To-First-Fix).

Ferner wurde durch Projekte, die von der ESA finanziert wurden, die Verwundbarkeit der Navigationssignale hinsichtlich Interferenz evaluiert und Methoden entwickelt, welche die Robustheit auf Empfängerebene erhöhen (Projekt „TERMINATE“, 2012-2015). Im Rahmen des Projektes „ADVISE“, das ebenfalls von der ESA finanziert wurde, wurden neue Signalstrukturen definiert, die für eine robustere und effizientere Signalgenerierung und Abstrahlung sorgen („ADVISE“ Phase-I, 2010-2014). In der zweiten Phase von „ADVISE“ (2014-2017) wurden weiterentwickelte Modulationsarten ausgewertet, verbesserte Kodierungsverfahren für die Übermittlung der Navigationsdaten untersucht und Verfahren für eine flexiblere Signalgenerierung entwickelt.

## 2.3 PLANUNG UND ABLAUF DES VORHABENS

Der Projektstart erfolgte im Januar 2014 mit einer Projektlaufzeit von drei Jahren. Die Projektarbeiten liefen planmäßig entsprechend der Projektzuweisung vom 17.10.2013. Alle Arbeitsthemen wurden detailliert abgearbeitet (Abschnitt 4). Der Mittelabfluss im gesamten Projektzeitraum lief ebenfalls planmäßig. Mit der Abgabe dieses Schlussberichtes im Juni 2017 sind die Arbeiten im Rahmen des Vorhabens „Entwicklungsbeiträge zum europäischen Satellitennavigationssystem Galileo IV“ abgeschlossen.

## 2.4 WISSENSCHAFTLICHER UND TECHNISCHER STAND ZU PROJEKTBEGINN

Zu Projektbeginn war die endgültige Signalstruktur der ersten Galileo-Generation definiert. Zur Signaldefinition des Galileo Systems (Frequenzbänder E1, E5 und E6) und dessen Optimierung hat das Institut für Raumfahrttechnik und Weltraumforschung einen wesentlichen Beitrag geleistet [1], [2], [3], [4]. Hinsichtlich der Kompatibilität und Interoperabilität des Galileo-Systems mit den anderen Systemen gab es in den Jahren zuvor zahlreiche Koordinationstreffen. Im Jahr 2013 und nach Konsultationen mit der ESA und den anderen Mitgliedstaaten (Frankreich, England) wurden das RAD-Dokument (Reference Assumption Document) und die Galileo ITU-Einträge aktualisiert. Durch diese Änderung, die prinzipiell nur die abgestrahlte Signalleistung betrafen, wurden die ersten Weichen für die Weiterentwicklung des Galileo-Systems gesetzt. Dies hat dazu geführt, dass die EC in den Koordinationstreffen, die in den nächsten Jahren stattgefunden haben, gestärkt in die Verhandlungen ging.

In Bezug auf die globalen und regionalen Satellitennavigationssysteme gab es eine Reihe von Entwicklungen. Die USA haben die GPS-Konstellation mit den GPS-IIF Satelliten stetig erweitert (zusätzliches ziviles L5-Signal). China hatte mit dem Aufbau seines globalen Systems begonnen (BeiDou-III) und Russland veröffentlichte Pläne für CDMA-Signale auf L1/E1 (die Ende 2016 offiziell veröffentlicht wurden [5]). Auf der anderen Seite wurde mit dem Aufbau der regionalen Systeme, QZSS und IRNSS, begonnen.

## 2.5 ZUSAMMENARBEIT MIT ANDEREN STELLEN

Während der Durchführung des Vorhabens gab es regen Informationsaustausch mit der ESA, der Europäischen Kommission und mit den französischen und englischen Repräsentanten. Dieser Informationsaustausch ereignete sich im Rahmen der Arbeitsgruppe WG-CSI der Europäischen Kommission.

Für die Verfassung des CSI-Berichtes über die Weiterentwicklung des Galileo-Systems wurde mit der CNES (französische Raumfahrtagentur) und dem DLR KN (Institut für Kommunikation und Navigation) zusammengearbeitet. In Bezug auf die ARAIM-Aktivitäten wurde sehr eng mit der Stanford Universität im Rahmen der Untergruppe ATSG der EU-US WG-C kooperiert.

## 3 ZUSAMMENFASSUNG DER ERZIELTEN ERGEBNISSE

### 3.1 ERGEBNISSE

Die Ergebnisse die während des Vorhabens erzielt worden sind, werden in folgenden Absätzen zusammengefasst.

#### 3.1.1 Signale für die zweite Galileo Generation

Eine der Hauptaufgaben während der Projektlaufzeit, die im Rahmen der Arbeitsgruppe WG-CSI stattgefunden hat, war es Signalaspekte für die zweite Galileo-Generation (G2G) vorzuschlagen. Die UniBwM hat aktiv in der Mitgestaltung und Definition der Signale für die Weiterentwicklung von Galileo teilgenommen. In Kooperation mit der CNES und dem DLR KN wurden Anforderungen für die zweite Galileo-Generation gestellt, die sich im CSI-Bericht (Anhang B.1 und B.2) widerspiegeln. Dabei wurde die Leistung der offenen Signaldienste der ersten Galileo-Generation (G1G) detailliert betrachtet. Drei potentielle Weiterentwicklungsrichtungen wurden identifiziert und die Vorteile sowie Nachteile erläutert. Diese sind in Tabelle 3-1 dargestellt. Eine detaillierte Beschreibung der Anforderungen für jede einzelne Entwicklungsrichtung ist im Anhang B dargelegt.

Die Signalvorschläge für G2G der WG-CSI wurden bei der WG-EE vorgestellt und als Anforderungen für die zweite Galileo-Generation in das eHLD-Dokument (EGNSS High Level Description Document) [6] aufgenommen. Viele dieser Vorschläge wurden auch von der ESA bei dem PRR (Preliminary Requirements Review) vorgestellt und für die G2G Phase-B (Beginn: Ende 2017) empfohlen.

Entwicklungsoptionen	Primäre Verbesserungen zu G1G
Lower Level Evolution	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Verbesserter TTFF</li> <li>• Verbesserter Empfang der Daten auf E1-B</li> <li>• Einfügung von Nachrichteninhalten in die I/NAV auf E5-b</li> <li>• Verbesserter Empfang der Daten auf E6-B</li> </ul>
Intermediate Level Evolution	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Verbesserter TTFF</li> <li>• Verbesserter Empfang der Daten auf E1-B</li> <li>• Einfügung von Nachrichteninhalten in die I/NAV auf E5-b</li> <li>• Verbesserter Empfang der Daten auf E6-B</li> <li>• Zusätzliches Signal auf E1 (E1-D Signal) <ul style="list-style-type: none"> <li>○ „Acquisition-Aiding“-Signal mit flexibler Nachrichtenstruktur</li> </ul> </li> </ul>
High Level Evolution	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Verbesserter TTFF</li> <li>• Verbesserter Empfang der Daten auf E1-B</li> <li>• Einfügung von Nachrichteninhalten („added value content“) in die I/NAV auf E5-b</li> <li>• Verbesserter Empfang der Daten auf E6-B</li> <li>• Zusätzliches Signal auf E1/G1 (E1-D Signal) <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Pilot- und Daten-Komponente</li> <li>○ Verbesserung der Positionierung für Massenmarkt-Empfänger durch simultane Verarbeitung zweier Signale im E1-Frequenzband</li> </ul> </li> </ul>

**Tabelle 3-1: Entwicklungsrichtungen für die zweite Galileo-Generation**

### 3.1.2 Definition des Commercial Service

Bei der technischen Ausgestaltung des CS-Dienstes hat die UniBwM die Interessen Deutschlands in der WG-CS vertreten. Dabei wurden zwei Unterdienste definiert. Der eine Unterdienst unterstützt hochgenaue Positionierung (CS-High Accuracy) durch die Übermittlung von Korrekturdaten und der zweite Unterdienst bietet eine erhöhte Robustheit durch die Einbindung von Authentifizierungseigenschaften (CS-Authentication) auf Spreitzkode-Ebene [7]. Hierbei hat das Institut die Robustheit und Genauigkeit der geplanten Lösungen evaluiert. Des Weiteren war das Institut bei der Anfrage der Europäischen Kommission für eine Lizenzfreigabe in den USA (US Waiver) beratend tätig, um die Sicherstellung der CS-Dienstes auch in den USA zu gewährleisten.

### 3.1.3 Interferenzuntersuchungen

Die Auswirkungen des Amateurfunks auf das Galileo E6-Signal wurden ausführlich betrachtet. Dabei wurden Messungen im E6-Band in München durchgeführt, die durch analogen und digitalen Amateurfunk gestört wurden. Die Ergebnisse haben gezeigt, dass eine Überlagerung der Frequenzen im E6-Spektrum schwer realisierbar ist. Eine Degradierung der Galileo-Signale ist ersichtlich. Die Ergebnisse dieser Messungen und Analysen wurden bei der WG-CSI und WG-CS vorgetragen. Die EC hat daraufhin genauere Analysen europaweit durchgeführt, um das Risikopotential des Amateurfunks genauer abzuschätzen und Gegenmaßnahmen zum Schutz von Galileo voranzutreiben.

Der Status bis heute ist, dass der Amateurfunk im E6-Frequenzband eine Sekundärzuweisung gemäß ITU hat und demzufolge die Abstrahlung erlaubt ist, unter der Annahme, dass das Galileo-Signal nicht gestört wird. Sobald Galileo-Nutzer Störeinflüsse aus dem Amateurfunk-Bereich erkennen, muss das Signal abgeschaltet werden. Gemeinsame Sitzungen im Rahmen der WG-CSI mit Vertretern des Amateurfunks haben zu keiner Lösung geführt.

Des Weiteren hat das Institut die Pseudolit-Thematik näher betrachtet und ist zum Entschluss gekommen, dass eine gemeinsame Nutzung von Pseudolit- und Satellitennavigations-Signalen nicht vereinbar ist. Da Pseudoliten die gleichen Signale abstrahlen wie die GPS/Galileo-Satelliten, ist eine Überlagerung der zwei Signale unausweichlich. Die Interferenzleistung wird größer, wenn der Abstand zwischen Empfänger und Pseudolit geringer wird (Nah-Fern-Problem des CDMA-Verfahrens).

### 3.1.4 Berichterstattung an das BMVI

Eine wesentliche Aufgabe war es, die deutschen Interessen für Galileo und EGNOS in den Arbeitsgruppen WG-CSI und WG-CS zu vertreten. Dabei war ein stetiger Informationsaustausch mit dem BMVI notwendig. Dies beinhaltete Treffen, Telefonate und das Verfassen von MEMOs, die den Entwicklungsstand von Galileo und den Sachstand der Verhandlung zwischen Galileo und den anderen Navigationssystemen wiedergaben.

### 3.1.5 Bereitstellung von technischer Expertise in der Arbeitsgruppe WG-EE

Die UniBwM hat zusammen mit dem BMVI und dem DLR Raumfahrtmanagement in den Sitzungen der WG-EE teilgenommen. Ziel der WG-EE ist die Koordinierung der Optionen zur Entwicklung der zweiten Galileo-Generation. Hierfür ist die Mitarbeit der Mitgliedstaaten erforderlich, um die Prioritäten zu identifizieren. Die UniBwM hat in diesen Sitzungen das BMVI und DLR in technischen Fragen unterstützt und ihre Expertise bereitgestellt. Dabei wurden die technischen Vorschläge der EC und ESA analysiert und potentielle eigene Entwicklungsrichtungen für G2G vorgestellt.

### 3.1.6 Unterstützung der Europäischen Kommission bei den bilateralen Verhandlungen

Das Institut hat Deutschland in der WG-CSI Arbeitsgruppe vertreten und an den damit verbundenen internationalen Verhandlungen und Konsultationen der Europäischen Kommission als deutsche Experten teilgenommen. Folgende Absätze fassen die bilateralen Verhandlungen der EC mit den anderen Systemanbietern, die während des Projektzeitraums stattfanden, zusammen.

#### 3.1.6.1 Verhandlungen mit den USA

Das Institut war an den Verhandlungen der EC mit den USA beteiligt. Dies umfasste hauptsächlich die Arbeitsgruppen EU-US WG-A und EU-US WG-C.

In der Arbeitsgruppe EU-US WG-A (Compatibility & Interoperability) wurde die Kompatibilität der zwei Systeme auf Frequenzebene sichergestellt (Abbildung 3-1). Nachdem das Galileo RAD-Dokument und die ITU-Einträge aktualisiert worden sind, wurde die Koordinierung im L-Frequenzband am 16.07.2014 erfolgreich abgeschlossen. Die UniBwM hat hier die erforderlichen RFC-Analysen (Radio Frequency Compatibility) durchgeführt und die Resultate der ESA und dem JRC bestätigt. Mit Abschluss dieses Abkommens wird die Kompatibilität der zwei Systeme (GPS-III und G1G) gewährleistet.

In der Arbeitsgruppe EU-US WG-C (Design of Next Generation GNSS) wurden verschiedene ARAIM-Algorithmen (horizontales ARAIM, online- und offline-Architekturen) evaluiert, um hochgenaue Integritätsinformationen zu übermitteln. Dabei hat die UniBwM Verfügbarkeitsanalysen durchgeführt und in der Definition der ISM-Nachricht (Integrity Support Message) beigetragen.

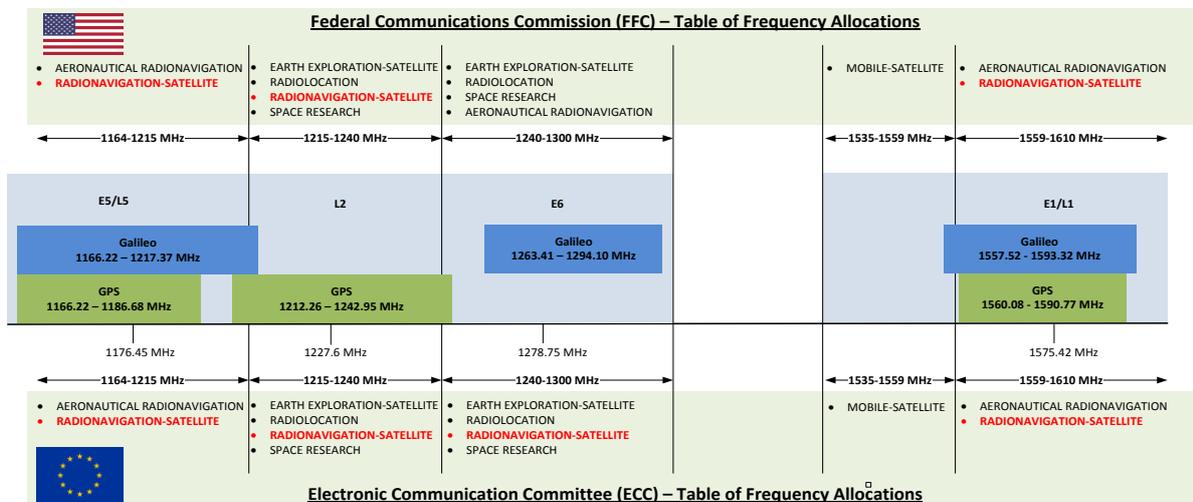


Abbildung 3-1: GNSS-Frequenzbänder von Galileo und GPS

### **3.1.6.2 Verhandlungen mit China**

Die UniBwM hat auch für das chinesische Satellitennavigationssystem BeiDou alle erforderlichen Kompatibilitätsanalysen durchgeführt. Durch das neue Galileo RAD-Dokument, das eine höhere Leistung der Signale vorsieht (insbesondere für den PRS), wurden diese Systemanforderungen als Grundlage für ein erfolgreiches Abkommen angesetzt. Die Signaldegradierungen, die die Systeme gegenseitig verursachen, wurden anhand dieser Annahmen berechnet. Durch die definierte höhere Leistung der Galileo-Signale ist die Signaldegradierung, die durch das BeiDou-System auf das Galileo-System verursacht wird, als gering einzustufen. Im Vergleich dazu ist die Signaldegradierung, die das Galileo-System auf das BeiDou-System verursacht, größer.

Während des Koordinationstreffens im Januar 2015 kamen beide Delegationen zu den gleichen Ergebnissen. Da ein Abschluss der Kompatibilitätsverhandlungen angestrebt wurde, hat die chinesische Delegation die größere Signaldegradierung, die ihr System durch Galileo erfährt, akzeptiert. Infolgedessen wurden auch die Verhandlungen bezüglich der Frequenzen in den Bändern 1164-1215 MHz, 1215-1300 MHz und 1559-1610 MHz erfolgreich abgeschlossen.

### **3.1.6.3 Verhandlungen mit Japan**

Das Abkommen mit den Japanern wurde September 2014 abgeschlossen. Die erfolgreiche Koordinierung des Galileo-Systems mit dem QZSS basierte hier auch auf dem neuen RAD-Dokument. Für das Koordinationstreffen hat die UniBwM auch hier ihren Beitrag mit RFC-Simulationen geleistet.

### **3.1.6.4 Verhandlungen mit Indien**

Die Koordinationsverhandlungen mit Indien (IRNSS) wurden ebenfalls im Jahr 2014 erfolgreich abgeschlossen. Eine der wenigen Unstimmigkeiten mit den Indern war die Modulationswahl ihres „Restricted“ Dienstes. Dabei wurden zu Beginn Modulationsarten vorgeschlagen, die zu nah an der E1-Mittelfrequenz waren und so die offenen Galileo-Signale störten. Eine Einigung wurde erzielt, nachdem die Inder auf eine höhere BOC-Alternative zurückgriffen: dem BOC(12,2).

## **3.2 NUTZEN UND VERWERTBARKEIT DER ERGEBNISSE**

Durch die Arbeiten in Bezug auf die Radiofrequenz-Kompatibilitätsanalysen, die während der Projektlaufzeit durchgeführt wurden, konnte die Europäische Kommission die Degradierung des Galileo-Systems bewerten und ihre Strategie für die jeweiligen Koordinationstreffen anpassen. Dies wird dazu führen, dass die Galileo-Dienste ohne Beeinträchtigung genutzt werden können. Die Arbeiten auf dem Gebiet der Weiterentwicklung des Galileo-Systems, die an der UniBwM durchgeführt worden sind, werden dazu beitragen, dass das Galileo-System der zweiten Generation leistungsfähiger als die erste Galileo-Generation sein wird.

### 3.3 PROJEKTBEZOGENE VERÖFFENTLICHUNGEN

Die Ergebnisse des Vorhabens wurden bei Konferenzen, in Arbeitsgruppen, so wie auch in Zeitschriften präsentiert. Eine Auflistung ist nachfolgend gegeben.

#### Präsentationen in den Arbeitsgruppen:

- Präsentation in der Arbeitsgruppe WG-CSI, Brüssel, 20.01.2014  
„Amateur Television and Galileo Commercial Service: An Interference Assessment”
- Präsentation in der Arbeitsgruppe WG-CS, Brüssel, 12.02.2014  
„Amateur Television and Galileo Commercial Service: An Interference Assessment”
- Präsentation in der Arbeitsgruppe EU-US WG-C (ATSG), Prag, 17.06.2014  
„ARAIM Availability“
- Präsentation bei der ICG WG-B, Prag, 12.11.2014  
„GNSS Enhancement in hazardous Environments“
- Präsentation in der Arbeitsgruppe EU-US WG-C (ATSG), Stanford, 02.12.2014  
„ARAIM Simulation Results for Milestone IIb“
- Präsentation in der Arbeitsgruppe EU-US WG-C (ATSG), Stanford, 03.12.2014  
„Horizontal ARAIM Simulation Results for Milestone IIb”
- Präsentation in der Arbeitsgruppe EU-US WG-C (ATSG), 20.03.2015  
„Updates on Simulation Results”
- Präsentation in der Arbeitsgruppe EU-US WG-C (ATSG), 12.05.2015  
„RAIM vs H-ARAIM”
- Präsentation in der Arbeitsgruppe EU-US WG-C (ATSG), Ispra, 16.06.2015  
„Milestone III Report: Availability Results Updated”
- Präsentation in der Arbeitsgruppe EU-US WG-C (ATSG), Ispra, 17.06.2015  
„Minimum Requirements to support H-ARAIM”
- Präsentation in der Arbeitsgruppe EU-US WG-C (ATSG), 04.08.2015  
„Availability of H-ARAIM”
- Präsentation in der Arbeitsgruppe WG-CSI, Brüssel, 01.12.2015  
„Thoughts about Galileo Second Generation“
- Präsentation in der Arbeitsgruppe EU-US WG-C (ATSG), 01.03.2016  
“Availability Results for ARAIM, Outreach event to Satellite Navigation providers on the development of the ARAIM concepts”
- Präsentation in der Arbeitsgruppe EU-US WG-C (ATSG), 26.04.2016  
„ARAIM Performance with a predefined number of satellites“
- Präsentation in der Arbeitsgruppe WG-CSI, Brüssel, 23.06.2016  
“CSI-Executive Summary: Second Galileo Generation (G2G)”
- Präsentation in der Arbeitsgruppe WG-CSI, Brüssel, 05.10.2016  
“CSI-Report: Second Galileo Generation (G2G)”

#### Veröffentlichte Dokumente:

- WG-CSI (Internes Paper), Januar 2014  
“Amateur Television and Galileo Commercial Service: An Interference Assessment”
- EU-US (WG-C ATSG), März 2015  
„Milestone II Report, EU-U.S. Cooperation on Satellite Navigation”
- EU-US (WG-C ATSG), Februar 2016  
“Milestone III Report, EU-U.S. Cooperation on Satellite Navigation”
- WG-CSI, Bericht über G2G, September 2016  
„CSI-Report: Second Galileo Generation (G2G)”

- WG-CSI, Zusammenfassung des Berichts über G2G, September 2016  
“CSI-Executive Summary: Second Galileo Generation (G2G)”

#### **Veröffentlichungen auf Konferenzen:**

- ION GNSS+2014, Tampa (Florida) USA, September 2014  
“Use of the Signal Polarization for Anti-jamming and Anti-spoofing with a Single Antenna”
- ION GNSS+2014, Tampa (Florida) USA, September 2014  
“Architectures for Advanced RAIM: Offline and Online”
- Präsentation beim NI Workshop in Warschau am 12.03.2015  
Workshop: „Navigation, Navigation, Surveillance and Signal Intelligence Roundtable”  
„NI RF Hardware as GNSS-FrontEnd and DSP-Interference suppression with a Kintex7 FPGA“
- ION GNSS+2015, Tampa (Florida) USA, September 2015  
“A Dual-Frequency Interference Suppression Unit for E1/E5a Designed with National Instruments Software Defined Radios”
- Präsentation und Paper bei NI VIP in Fürstfeldbruck am 21.10.2015  
„Modul zur Unterdrückung von Störsignalen für globale Navigationssysteme mit NI SDR“
- ION GNSS+2016, Portland (Oregon) USA, September 2016  
“Satellite Selection for Multi-Constellation SBAS”

#### **Veröffentlichungen in Zeitschriften:**

- IEEE Transactions on Aerospace and Electronic Systems, Vol. 51, Issue 1, Januar, 2015  
“Baseline advanced RAIM user algorithm and possible improvements”
- IEEE Transactions on Aerospace and Electronic Systems, Vol. 51, Issue 3, Juli, 2015  
“A simple position estimator that improves advanced RAIM performance”
- InsideGNSS, November/Dezember 2016  
„Satellite Selection for Aviation Users of Multi-Constellation SBAS“

#### **Fernsehbeitrag**

- X:enius (ARTE Wissensmagazin) Filmbeitrag (gefilmt im Juni 2015 an der UniBwM)  
Titel: X:enius „GPS: Immer verlässlich?”  
Im Mediathek-Archiv von Arte abrufbar [Stand: Juni 2017]

## 4 ÜBERSICHT DER ARBEITSLEISTUNG IN DEN ARBEITSPAKETEN

Im Folgenden befindet sich eine Zusammenfassung der wichtigsten Arbeiten und der wesentlichen Ergebnisse. Zur Erinnerung wird in der folgenden Auflistung der Arbeitsstrukturplan beschrieben und im folgenden Abschnitt die Tätigkeiten innerhalb eines jeden Arbeitspaketes erläutert.

- (1) Nationale Vertretung in der EC Compatibility, Signal & Interoperability (CSI) Working Group
- (2) Teilnahme als deutscher Experte an bilateralen Verhandlungen und Konsultationen der Europäischen Kommission
- (3) Teilnahme als deutscher Experte an multilateralen Verhandlungen und Konsultationen der Europäischen Kommission
- (4) Berichterstattung an die nationalen Entscheidungsträger
- (5) Gestaltung des PRS in Präsenz neuer GNSS Signale und die Teilnahme an den entsprechenden Arbeitsgruppen
- (6) Teilnahme an der EC Expert Group für den Galileo Commercial Service
- (7) Beiträge zur Systemdefinition zukünftiger Integrationsüberwachungsarchitekturen
- (8) Aktivitäten bezüglich der Interferenzen

Die Abbildung 4-1 gibt einen Überblick der Galileo-Arbeitsgruppen der Europäischen Kommission. Die UniBwM vertritt Deutschland in den Arbeitsgruppen WG-CSI, WG-CS und WG-EE. Die Arbeitsgruppen WG-NET und WG-PRS gehören zur Zuständigkeit des BSI (Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik).

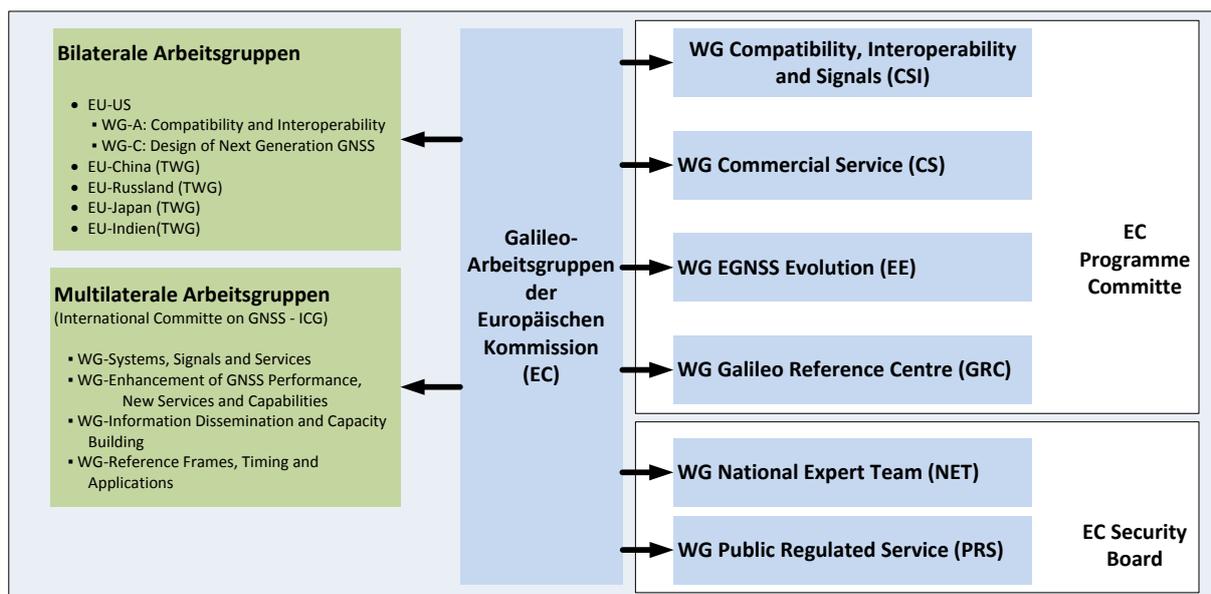


Abbildung 4-1: Galileo-Arbeitsgruppen der Europäischen Kommission

## 4.1 NATIONALE VERTRETUNG IN DER CSI

Die UniBwM vertritt die Bundesrepublik Deutschland in der Arbeitsgruppe CSI (WG-CSI) der Europäischen Kommission. Die CSI-Arbeitsgruppe stellt die bestimmende europäische Autorität bei der Frequenz- und Signalstruktur dar. Ziel dieser Arbeitsgruppe ist es, das Galileo-System auf Signalebene zu schützen und zu optimieren. Das Hauptthema im Jahr 2014 waren die bilateralen Koordinationstreffen mit den USA, China, Japan und Indien hinsichtlich der Kompatibilität der Systeme. Darüber hinaus wurden in den Jahren 2014 bis 2016 Entwicklungsideen für die zweite Galileo-Generation vorgestellt und vorangetrieben. Diese Ideen wurden im CSI-Bericht (Anhang B.1 und B.2) detailliert beschrieben.

Der Zusammenhang zwischen der Arbeitsgruppe WG-CSI und den bilateralen und multilateralen Arbeitsgruppen ist in Abbildung 4-2 dargestellt. Die EC WG-CSI befasst sich mit der Optimierung und Sicherung der Galileo-Signale sowie mit Kompatibilitäts- und Interoperabilitäts-Analysen. Bei den bilateralen und multilateralen Verhandlungen zwischen der Europäischen Kommission und den anderen Systemanbietern wird der Fokus primär auf die Kompatibilität und Interoperabilität der Signale gelegt.

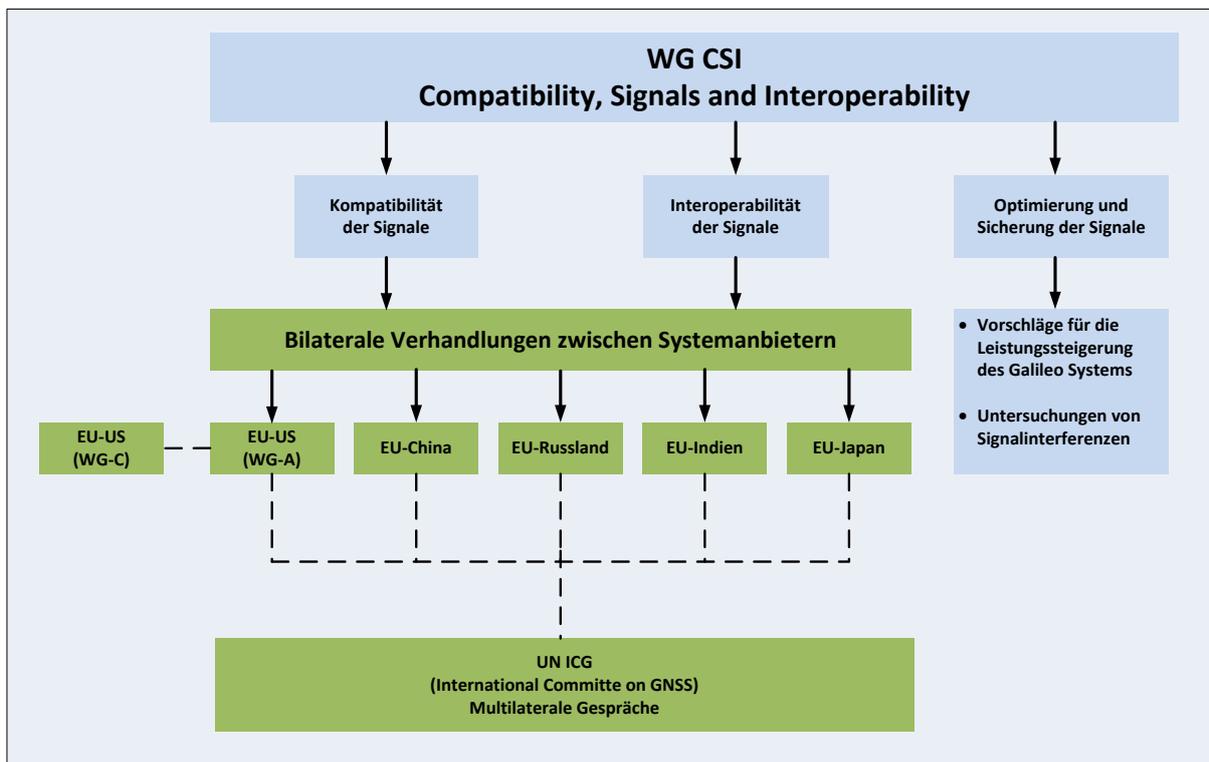


Abbildung 4-2: Aktivitätsfeld der WG-CSI

## **4.2 TEILNAHME ALS DEUTSCHER EXPERTE AN BILATERALEN VERHANDLUNGEN UND KONSULTATIONEN DER EUROPÄISCHEN KOMMISSION**

Um die Kompatibilität des Galileo-Systems mit den anderen Systemen zu gewährleisten, gab es im Jahr 2014 eine Reihe von bilateralen Koordinationstreffen. Im Jahr zuvor wurde ein neues RAD-Dokument verfasst und die Galileo ITU-Einträge wurden aktualisiert. Der Zweck dieser Änderungen war es, die abgestrahlte Signalleistung der Galileo-Satelliten an die Signalleistungen der anderen Systeme anzupassen, um so die Entwicklungsmöglichkeiten der zweiten Galileo-Generation nicht zu begrenzen.

Nachdem die Anpassung dieser Einträge durchgeführt wurde, hat die Europäische Kommission das erfolgreiche Abschließen der bilateralen Verhandlungen mit den anderen Systemanbietern vorangetrieben. Das Institut hat in diesen Verhandlungen mit Kompatibilität-Analysen geholfen und nahm an allen Koordinationstreffen teil.

Erfolgreiche Koordinationstreffen fanden mit den USA, China, Japan und Indien statt. In diesen Sitzungen wurden Abkommen unterzeichnet, die sicherstellen, dass die Galileo-Signale der ersten Generation im L-Frequenzbereich ungestört empfangen werden können. Aufgrund der unterschiedlichen Frequenzen wurden die Verhandlungen mit Russland in diesem Zeitraum nicht intensiviert. Jedoch ist für die Weiterentwicklung des Galileo-Systems eine erfolgreiche Koordinierung auch mit Russland in der Zukunft erforderlich.

## **4.3 TEILNAHME ALS DEUTSCHER EXPERTE AN MULTILATERALEN VERHANDLUNGEN UND KONSULTATIONEN DER EUROPÄISCHEN KOMMISSION**

Das Institut nahm an den Aktivitäten der ICG-Sitzungen (International Committee on Global Navigation Satellite Systems) teil. Die ICG-Sitzungen finden jedes Jahr unter der Ägide der Vereinten Nationen statt. Es handelt sich hierbei um Verhandlungen auf multilateraler Ebene, die dem gegenseitigen Informationsaustausch dienen sollen. Abschnitt 10 verschafft einen Überblick über alle stattgefundenen ICG-Sitzungen.

Hauptthema dieser Sitzungen war ein interoperables SSV (Space Service Volume). Dies dient dazu, dass Satellitennavigation auch auf höheren Satelliten-Umlaufbahnen genutzt werden kann. Um dies zu erreichen, müssen die Systemanbieter gemeinsame Anforderungen definieren (Abstrahlleistung, Antennendiagramme), so dass Empfänger eine ausreichende Anzahl von Satellitennavigationssignalen aus mehreren Konstellationen erhalten und daraus eine Positionsbestimmung berechnen können.

## **4.4 BERICHTERSTATTUNG AN DIE NATIONALEN ENTSCHEIDUNGSTRÄGER**

Ziel dieses Arbeitspaketes war der Informationsaustausch mit dem BMVI sowie dem DLR Raumfahrtmanagement hinsichtlich der Aktivitäten der Arbeitsgruppen WG-CSI und WG-CS. Durch die Teilnahme an den bilateralen und multilateralen Verhandlungen konnte das Institut den aktuellen Status der verschiedenen Koordinationstreffen übermitteln und deutsche Interessen wahren. Mit der Teilnahme an der Arbeitsgruppe WG-EE und der Weiterentwicklung von Galileo hat das Institut mit seiner langjährigen Expertise im Bereich Satellitennavigation die deutsche Seite unterstützt.

## **4.5 GESTALTUNG DES PRS IN PRÄSENZ NEUER GNSS SIGNALE UND DIE TEILNAHME AN DEN ENTSPRECHENDEN ARBEITSGRUPPEN**

Die technische Umsetzung des PRS-Dienstes wird in der Europäischen Kommission von den Arbeitsgruppen WG-NET und WG-PRS durchgeführt. Diese Arbeitsgruppen beschäftigen sich hauptsächlich mit operationellen und sicherheitsrelevanten Fragen sowie der zukünftigen Infrastruktur für den Betrieb von Galileo-PRS und der damit verbundenen Schlüsselverteilung.

Alle Entscheidungen, die in diesen Arbeitsgruppen getroffen werden, müssen vom Sicherheitsausschuss (Security Board, Abbildung 4-1) bestätigt werden. Mitglieder dieses Ausschusses sind die nationalen PRS-Behörden (für Deutschland: die PRS-Behörde in Berlin, BMVI). Das deutsche Mandat in diesen Arbeitsgruppen hat das BSI. Seit Ende 2011 wurde die Mitarbeit innerhalb Deutschlands durch die WTD-81 (Wehrtechnische Dienststelle für Informationstechnologie und Elektronik) in Greding ergänzt.

Das Institut hat neben den PRS Kompatibilitäts-Analysen mit den anderen Systemen auch PRS-Signale für die zweite Galileo-Generation analysiert. Da aber der Schwerpunkt der CSI-Arbeitsgruppe in den Jahren 2015 und 2016 auf den offenen Galileo-Signalen lag, wurde der PRS nicht detailliert betrachtet. Eine angedachte Untergruppe der WG-CSI, um die Sicherheitsstandard der vorgeschriebenen Klassifizierung einzuhalten, soll sich um die Ausgestaltung eines zukünftigen PRS-Signals (ab 2017) und den damit verbundenen Kompatibilitäts-Analysen befassen.

## **4.6 TEILNAHME AN DER EC EXPERT GROUP FÜR DEN GALILEO COMMERCIAL SERVICE**

Die Galileo Commercial Service Arbeitsgruppe existiert seit Februar 2012 und arbeitet seither mit der Europäischen Kommission an der Definition des CS. Wesentliche Fragestellungen in den drei Jahren des Vorhabens Galileo IV waren zum einen die Überprüfung der technischen Ausgestaltung der beiden Unterdienste des CS: CS-HA (High Accuracy) und CS-Auth (Authentication), Abbildung 4-3 und Abbildung 4-4. Hierbei einigte man sich auf einen separaten Zugang zu den Diensten mit dem CS-HA als ein Signal mit offenem Spreizcode und verschlüsseltem und authentifizierbaren Daten-Kanal zur PPP-basierten Positionierung auf Dezimeter-Niveau, sowie mit dem CS-Auth als ein Signal mit verschlüsseltem Spreizcode zur Pseudostrecken-Authentifizierung und einer verschlüsselten Teilkomponente des Daten-Kanals zum Management der Schlüssel des Dienstes selbst („Over The Air Re-Keying“). Über die Definition des CS-Dienstes hinaus beschäftigte sich die Arbeitsgruppe CS auch mit dem Entwurf des neuen offenen Dienstes OS-NMA (Navigation Message Authentication), der die Authentizität der Nachrichten des offenen Dienstes auf der Frequenz E1 gewährleisten soll. Dies ist insbesondere auch wichtig, wenn sich die vom „CS-Auth“-Dienst gesendeten Korrekturen auf die Ephemeriden der E1-OS Dienstes beziehen. Für die Entscheidung über die Implementierung der Dienste CA-Auth, CS-HA und OS-NMA war es aus technischer Sicht sehr wichtig, zu überprüfen, welche Robustheit und Genauigkeit mit den geplanten Lösungen erzielbar sind.

Zum anderen war und ist eine fundamentale Frage des CS, wie das Betreibermodell für die CS-Dienste ausgestaltet werden soll und ob sich mehrere Betreiber die Dienste und deren Bandbreite teilen sollen.



## 4.7 BEITRÄGE ZUR SYSTEMDEFINITION ZUKÜNFTIGER INTEGRATIONSÜBERWACHUNGSARCHITEKTUREN

In diesem Arbeitspaket werden die Arbeiten zusammengefasst, die das Institut im Rahmen der Arbeitsgruppe EU-US WG-C durchgeführt hat. Die Untergruppe ATSG (ARAIM Technical Subgroup) der WG-C befasst sich mit der Entwicklung und Validierung der ARAIM-Architektur, welche sich für den Einsatz bei sicherheitsrelevanten Anwendungen eignet (wie zum Beispiel der Flugführung). Die ARAIM-Architektur soll Integritätsinformationen übermitteln. Die ersten Arbeiten hinsichtlich der ARAIM-Architektur wurden in [3] beschrieben und im Meilenstein-I Bericht zusammengefasst. Dabei wurden zwei Systemarchitekturen ausgearbeitet. Die erste Architektur (offline) sieht quasi-statische ISMs vor und ist ähnlich zum bereits bekannten RAIM-Konzept; im Gegensatz zum RAIM-Konzept bietet diese Architektur eine erhöhte Leistungsfähigkeit und vielfältigere Anwendungsmöglichkeiten. Die zweite ARAIM-Architektur (online) ermöglicht die echtzeit-nahe ISM-Dissemination. Mit Hilfe eines unabhängigen und „transparenten“ Bodensegments soll eine LPV-200 Leistungsfähigkeit gewährleistet werden. Diese ARAIM-Architektur hat Ähnlichkeiten mit der Architektur von SBAS.

Die UniBwM hat einen signifikanten Beitrag zum Simulations- und Analyseprogramm sowie zur Validierung des ARAIM-Verfahrens geleistet. Die Struktur und das Datenformat der ISM wurden im Meilenstein-II und Meilenstein-III Bericht definiert [8], [9], die in Zusammenarbeit mit der Europäischen Kommission und der FAA (Federal Aviation Administration) verfasst worden sind.

## 4.8 AKTIVITÄTEN BEZÜGLICH DER INTERFERENZEN

Die potentielle Bedrohung von GNSS-Diensten mit Interferenzen durch Funkfrequenzen (engl. Radio-Frequency Interference, RFI) wurden des Öfteren berichtet, welches in [10] gut aufgelistet wurde. Neben den beabsichtigten Störungen wie Jamming unterscheidet man zusätzlich noch von unbeabsichtigten Störungen, welche primär durch das Teilen des Frequenzbandes mit verschiedenen Systemen hervorgeht. Wohingegen das Frequenzband L1/E1 durch die alleinige Nutzung von GNSS weltweit geschützt sind, gilt das für die weiteren Frequenzbänder von Galileo (E5/E6) nicht. Das E5-Band muss sich unter anderen das Frequenzband mit DME-Signale aus der zivilen Luftfahrt teilen und das E6-Band leidet u.a. durch Dienste wie Radartechnik und Amateurfunk. Es wirft sich die Frage auf inwiefern die Koexistenz durch technische Maßnahmen in der Empfängertechnik bestehen kann oder ob bestimmte Frequenzabschnitte von den Störungen befreit werden müssen.

In diesem Arbeitspaket galt es, den RFI-Einfluss auf Galileo-CS/PRS durch theoretische Analysen und die Abschätzung des Aufwandes bezüglich Hardware und Software zu untersuchen. Die Unterdrückung von Interferenzen erfolgt überwiegend durch die digitale Signalverarbeitung und benötigt letztendlich eine robuste RF-Hardware mit hoher Linearität. Bei der digitalen Signalverarbeitung ist es wichtig, auf die Umsetzbarkeit in Echtzeit zu achten, da die meisten Anwendungen dies benötigen. „Post-Processing“-Verfahren mit „Snap-Shot“-Technik können auch auf sehr rechenaufwendige Methoden zurückgreifen. Diese Technik kann zum Beispiel bei einem „PRS light“ zum Einsatz kommen, da RF-Daten aufgezeichnet werden, welche in einer geschützten Serverstation zeitversetzt ausgewertet werden. Darüber hinaus gibt es die Unterscheidungen zwischen verlustbehafteten und verlustfreien Methoden. Die verlustbehafteten Methoden reduzieren bei der Interferenzunterdrückung auch automatisch Teile der GNSS-Energie. Dies kann dann auch oft zur sogenannten „Harmful Interference Mitigation“ führen (Erklärung siehe weiter unten). Es handelt sich hierbei um Filtermethoden wie FIR, IIR, FFT und Wavelet. Die verlustfreien Methoden - zumindest im theoretischen Verständnis – bedienen sich einer zweiten oder mehreren RF-Quellen, womit man die Interferenz vom GNSS-Signal isoliert. Dadurch wird es möglich die Interferenzen zu unterdrücken, ohne dabei das GNSS-Signal zu degradieren. Besonders elegant geschieht dies durch Ausnutzen der Polarisationseigenschaften der Signale, wobei hier die zweite RF-Quelle durch dieselbe GNSS-Antenne entsteht (siehe Anhang D.2).

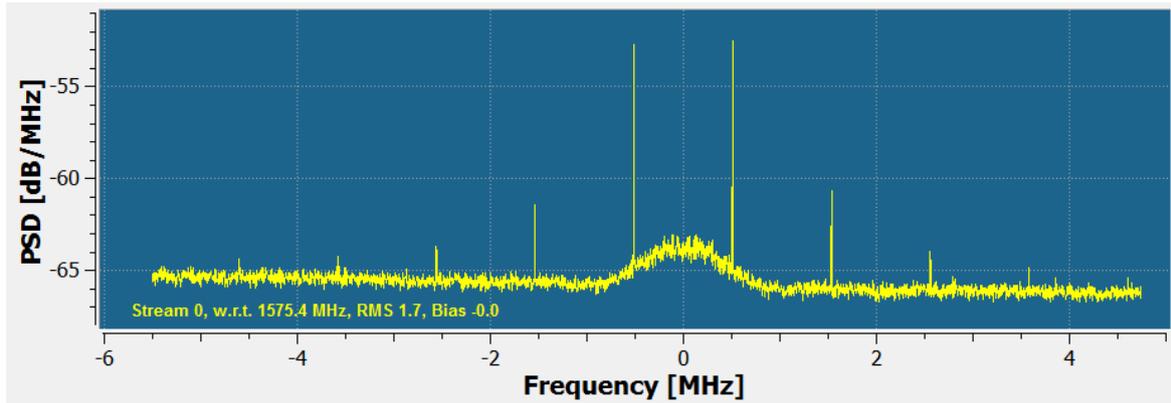
Neben der digitalen Signalverarbeitung wurden auch die notwendigen Anforderungen an die Hardware eines Empfängers untersucht. Schadhafte RFI kann zwar mit bestimmten Methoden unterdrückt werden, jedoch bedarf es dafür eines leichten bis großen Aufwands, welcher mit Kosten verbunden ist und darüber hinaus den Formfaktor und Energieverbrauch eines Empfängers verändert würde. Viele Anwendungsfälle würden nur begrenzte Unterdrückungsmaßnahmen dulden. Zum besseren Verständnis der Hardwareanforderung und den daraus resultierenden maximalen Unterdrückungsfähigkeit wurde im Labor von ISTA eine Unterdrückungseinheit von Interferenzen (engl. Interference Suppression Unit, ISU) aufgebaut. Die ISU wird zwischen Antenne und Empfänger verschaltet und erhält somit bestehende GNSS-Anlagen, wobei das GNSS-System mit einer hohen Robustheit gegenüber Störsignalen ausgestattet wird (siehe Abbildung 4-5).



**Abbildung 4-5: Interferenzunterdrückungseinheit ergänzt bestehende GNSS-Systeme mit einer höheren Interferenzrobustheit**

Die ISU besteht aus einem kommerziellen „Software Defined Radio“ (SDR) der Firma National Instruments und gewährleistet somit die Funktionalität nach Industriestandard. Die UniBwM konzentrierte sich im Falle der ISU bewusst auf eine Lösung mit Einzelelementantenne, um die Baugröße und Kosten klein zu halten. Array-Antennen können viele Interferenzszenarien einfach verarbeiten, jedoch sind der Formfaktor und die Kosten durch den hohen Hardwareaufwand groß und somit für viele Anwendungen ungeeignet. Array-Antennen waren nicht Bestandteil des Arbeitspaketes. Deren Fähigkeiten sind bekannt und auch als Produkte bereits vorhanden [11].

In dem Arbeitspaket entstand auch die Erkenntnis von schädlicher Störsignalunterdrückung (engl. Harmful Interference Mitigation). Ursprünglich ging man des Öfteren davon aus, dass sichtbare Spektralkomponenten immer zur Störung beitragen. Manchmal führt die Auslöschung auch zur Schwächung des GNSS-Signals, obwohl der GNSS-Dienst selbst wegen seiner natürlichen Robustheit gegenüber Störsignalen nicht beeinträchtigt war. Besonders sichtbar wird das beim Non-Standardcode von GPS, welcher von SVN49 zeitweise übertragen wird. Abbildung 4-6 zeigt eine Aufnahme des Signalspektrums mit einem Non-Standardcode. Im Jahr 2011 meldete die französische Luftfahrtbehörde DGAC an die GPS CGSIC (USA) das Signal als Interferenz an. Damals untersuchte die UniBwM im Rahmen der WG-CSI, um welches Signal es sich handelt. RFI-Detektoren melden einen „falschen Alarm“ und aktivieren (bzw. würden) eine Unterdrückung durch Filter. Deshalb gilt es bei einer Unterdrückungsmethode immer abzuwägen, wieviel RFI-Energie aus dem Signal entfernt wurde und muss diesem gegenüber den Energieverlusten des gewünschten GNSS-Signals verglichen werden.



**Abbildung 4-6: Non-Standardcode mit GNSS-L1/E1-Noisefloor gemessen an der UniBwM im Jahr 2011 und berichtet durch die CSI WG aufgrund einer RFI-Meldungen der französischen Luftfahrtbehörde DGAC an die GPS CGSIC (USA)**

## 5 BERICHTERSTATTUNG UND SACHSTANDAUSTAUSCH MIT DEM BMVI

Eine der Hauptaufgaben dieses Projektes bestand darin, den nationalen Entscheidungsträgern hinsichtlich der Galileo-Aktivitäten Bericht zu erstatten. Dies umfasst nicht nur die Ergebnisse der internen Berechnungen bezüglich der Kompatibilität zwischen dem Galileo-System und den anderen Satellitennavigationssystemen in der CSI-Arbeitsgruppe, sondern auch die Ergebnisse der Verhandlungen zwischen den verschiedenen Systemanbietern auf bilateraler und multilateraler Ebene. Die ausführliche Berichterstattung hat sich an das Bundesministerium für Verkehr und Digitale Infrastruktur und an das DLR Raumfahrtmanagement gerichtet. Folgende Absätze fassen diese Berichterstattung zusammen.

### 5.1 MEMOS

Nachfolgend sind alle MEMOs, die an das BMVI und an das DLR Raumfahrtmanagement gesendet wurden, aufgelistet. Alle MEMOs sind im Anhang A beigefügt. Da alle Informationen als „VS-Nur für den Dienstgebrauch“ eingestuft sind, befindet sich dieser Anhang nicht in der öffentlichen Bibliotheksversion.

	Inhalt
<b>MEMO (14.05.2014)</b>	Memo über die Aktivitäten im Zeitraum Januar bis März 2014 <ul style="list-style-type: none"> <li>• Koordinationstreffen mit USA (EU-US WG-A)</li> <li>• Koordinationstreffen mit USA (EU-US WG-C)</li> <li>• Interferenz von Amateurfunk auf E6</li> </ul>
<b>MEMO (28.02.2014)</b>	Memo bezüglich der Interferenz von Amateurfunk auf E6
<b>MEMO (30.08.2014)</b>	Memo über die Aktivitäten im Zeitraum April bis Juni 2014 <ul style="list-style-type: none"> <li>• Koordinationstreffen mit Japan</li> <li>• Koordinationstreffen mit Indien</li> <li>• Koordinationstreffen mit USA (EU-US WG-C)</li> </ul>
<b>MEMO (30.01.2015)</b>	Memo über die Aktivitäten im Zeitraum September bis Dezember 2014 <ul style="list-style-type: none"> <li>• Koordinationstreffen mit USA (EU-US WG-A)</li> <li>• Koordinationstreffen mit USA (EU-US WG-C)</li> <li>• Koordinationstreffen mit Japan</li> <li>• ICG-Meeting in Prag</li> </ul>
<b>Sachstandbesprechung (13.05.2015)</b>	Sachstandbesprechung beim BMVI <ul style="list-style-type: none"> <li>• Überblick der Aktivitäten der WG-CS</li> <li>• Überblick der Aktivitäten der WG-CSI</li> <li>• Zweite Galileo-Generation</li> </ul>
<b>MEMO (29.01.2016)</b>	Memo über die Aktivitäten im Zeitraum Januar bis Dezember 2015 <ul style="list-style-type: none"> <li>• Koordinationstreffen mit China</li> <li>• Koordinationstreffen mit USA (EU-US WG-C)</li> <li>• ICG-Meeting in Boulder, USA</li> </ul>

	Inhalt
<b>MEMO (29.07.2016)</b>	Memo über die Aktivitäten im Zeitraum Januar bis Juni 2016 <ul style="list-style-type: none"><li>• Koordinationstreffen mit USA (EU-US WG-C)</li><li>• Überblick der Aktivitäten der WG-CSI</li></ul>

**Tabelle 5-1: MEMOs an das BMVI und DLR Raumfahrtmanagement**

## 6 VERTRETUNG IN DER ARBEITSGRUPPE WG-CSI

Die Arbeitsgruppe „Compatibility, Signal and Interoperability Working Group“ stellt die bestimmende europäische Autorität bei der Galileo Frequenz- und Signalstruktur dar. Sie wurde am 12. November 2009 vom europäischen „Programme Committee“ (PC) gegründet, mit Hauptsitz in Brüssel, Belgien. Die Arbeitsgruppe ist verantwortlich für die Koordinierungsgespräche hinsichtlich der Frequenzen mit den anderen Systemanbietern. In den Jahren 2015 und 2016 wurden außerdem Konzepte für die zweite Galileo-Generation erarbeitet. Folgende Absätze fassen die Diskussionsthemen und Entscheidungen, die getroffen wurden, zusammen.

### 6.1 SITZUNGEN IM JAHR 2014

#### 6.1.1 CSI-Meeting in Brüssel (20.01.2014)

- Diskussion über die Aktualisierung des Galileo RAD-Dokuments in Bezug auf die abgestrahlte Leistung
- Vorbereitung auf das Koordinationstreffen mit den USA
- Amateurfunk-Interferenz auf E6
  - Präsentation der UniBwM mit dem Titel „Amateur Television and Galileo Commercial Service: An Interference Assessment“ (Anlage C.1)

#### 6.1.2 CSI-Meeting in Brüssel (05.02.2014)

- Präsentation der ESA hinsichtlich der Aktualisierung des Galileo RAD und der Galileo ITU-Einträge

#### 6.1.3 CSI-Meeting in Brüssel (17.03.2014)

- ESA hat das Konzept der Inter-Satelliten-Verbindungen für die zweite Galileo-Generation präsentiert
- Nachbesprechung der Koordinationssitzung mit den USA (EU-US WG-A)
- Vorbereitung auf die Koordinationssitzungen mit Japan und Indien

#### 6.1.4 CSI-Meeting in Ispra (16.04.2014)

- Vorbereitung auf die Koordinationssitzung mit Japan
  - Kompatibilitätsanalysen wurden durchgeführt
- Vorbereitung auf die Koordinationssitzung mit Indien
  - Kompatibilitätsanalysen wurden durchgeführt
- Amateurfunk-Interferenz auf E6

#### 6.1.5 CSI-Meeting in Brüssel (19.06.2014)

- Vertreter des IARU (International Amateur Radio Union) haben an der Sitzung teilgenommen
  - Alternativen zum E6-Frequenzband für den Amateurfunk wurden aufgelistet (1300-1325 MHz)

#### 6.1.6 CSI-Meeting in Brüssel (04.09.2014)

- Diskussion bezüglich der Satelliten, die nicht die richtige Umlaufbahn erreicht haben, und die Konsequenzen

- Pseudolit-Thematik und die daraus resultierende Interferenz auf GNSS-Signale
- Besprechung der Test-Kampagne, die das JRC durchgeführt hat, um den Einfluss des Amateurfunks auf E6 zu evaluieren

### **6.1.7 CSI-Meeting in Brüssel (16.10.2014)**

- Diskussion über die Verfahrensregeln („Rules of Procedure“) der WG-CSI
- ESA-Update über die Satelliten mit der inkorrekten Umlaufbahn
- Nachbesprechung des Koordinationstreffens mit Japan
- Nachbesprechung des Koordinationstreffens mit den USA
- Präsentation des JRC-Dokuments bezüglich der Kompatibilität von Galileo-E6 und Amateurfunk

### **6.1.8 CSI-Meeting in Brüssel (26.11.2014)**

- Die Aktivitäten der MEAG (Mission Evolution Advisory Group) Arbeitsgruppe wurden besprochen
- Vorbereitung auf das Koordinationstreffen mit China
  - Kompatibilitätsanalysen wurden durchgeführt

## **6.2 SITZUNGEN IM JAHR 2015**

### **6.2.1 CSI-Meeting in Brüssel (21.01.2015)**

- ESA Präsentation hinsichtlich der Satelliten mit der falschen Umlaufbahn
- Nachbesprechung des EU-China Koordinationstreffens (13-15.01.2015)

### **6.2.2 CSI-Meeting in Brüssel (21.04.2015)**

- Präsentation der ESA bezüglich der Galileo-Konstellation
- Diskussion über die I/NAV Optimierung
- Diskussion über ein mögliches Koordinationstreffen mit Russland

### **6.2.3 CSI-Meeting in Brüssel (08.06.2015)**

- ESA und Airbus haben den Status der I/NAV-Implementierung präsentiert
- Diskussion über die OS-Authentifizierung (NMA) auf E1-B
- Diskussion über die Zusammenhänge zwischen der neu gegründeten Arbeitsgruppe WG-EE und der WG-CSI

### **6.2.4 CSI-Meeting in Brüssel (23.09.2015)**

- Diskussion über die Vor- und Nachteile der NMA-Implementierung auf E1-B
- Vorbereitung auf das Koordinationstreffen mit China am 20.-22.10.2015 in Kunming
  - BeiDou-III Satelliten strahlen simultan auch BeiDou-II Signale aus

### **6.2.5 CSI-Meeting in Brüssel (14.10.2015)**

- Anfrage der Arbeitsgruppe WG-EE an die WG-CSI bezüglich Signal-Empfehlungen für die zweite Galileo-Generation
- Präsentation der ESA über die Aktivitäten für die zweite Galileo-Generation
- Diskussion über Signalaspekte für G2G

- Mitgliedstaaten wurden aufgefordert das EGMER-und EGSER-Dokument [12], [13] durchzugehen und zusätzliche Signalaspekte vorzuschlagen

### **6.2.6 CSI-Meeting in Brüssel (01.12.2015)**

- Diskussion über die NMA-Implementierung auf E1-B
- Zusammenfassung der ICG-Sitzung in Boulder, USA
- Nachbesprechung des Koordinationstreffens mit China
- Mitgliedstaaten haben Signalvorschläge für die zweite Galileo-Generation präsentiert (Deutschland, Italien)
  - Präsentation der UniBwM mit dem Titel „Thoughts about Galileo Second Generation“ (Anlage C.11)

## **6.3 SITZUNGEN IM JAHR 2016**

### **6.3.1 CSI-Meeting in Brüssel (12.01.2016)**

- ESA hat das EGSER-Dokument präsentiert
- Präsentation von Signalvorschlägen für G2G (Norwegen, Frankreich)
- Verfassung des CSI-Berichts bezüglich der potentiellen Entwicklungen für die zweite Galileo-Generation
  - Deutschland (UniBwM) in Kooperation mit Frankreich (CNES)

### **6.3.2 CSI-Meeting in Brüssel (02.02.2016)**

- Präsentation der EC über das EGMER-x (Entwicklungsoptionen für den zukünftigen PRS)
- Diskussion über die NMA-Implementierung auf E1-B
  - Offene Fragen der Mitgliedsstaaten wurden durch die EC beantwortet
- Präsentation des Inhaltverzeichnis für den CSI-Report hinsichtlich der zweiten Galileo-Generation
  - UniBwM Präsentation (Anlage B1)

### **6.3.3 CSI-Meeting in Brüssel (23.02.2016)**

- Zusammenfassung der Arbeiten in den anderen Arbeitsgruppen (WG-CS, WG-NET, WG-EE) bezüglich der Entwicklung für die zweite Galileo-Generation
- ESA Präsentation über die aktuellen Arbeiten hinsichtlich der I/NAV-Optimierung und Implementierung
- Präsentation der UniBwM bezüglich des WG-CSI Berichts (Anlage B1)
  - Teilarbeiten wurden präsentiert

### **6.3.4 CSI-Meeting in Brüssel (21.03.2016)**

- ESA Präsentation über die potentiellen Entwicklungen für G2G
  - Drei Entwicklungslinien wurden für die E1-Frequenz vorgestellt
  - Das ARAIM-Konzept soll in die I/NAV-Nachricht integriert werden
- Diskussion über eine Verbesserung des TTFB durch ein neues E1-D Signal
- Präsentation der UniBwM über den Status des WG-CSI Berichts (Anlage B1)

### **6.3.5 CSI-Meeting in Ispra (20.04.2016)**

- Präsentation der ESA über die Galileo-Konstellation

- Präsentation der UniBwM über den Status des WG-CSI Berichts (Anlage B1)
  - Interoperabilität mit den anderen Systemen wurde besprochen
  - Bedeutung eines kürzeren TTFF für die OS-Nutzer
  - Vor- und Nachteile der CSK-Modulation
  - Satelliten auf IGSO-Bahnen und ihre Vorteile

### **6.3.6 CSI-Meeting in Brüssel (02.05.2016)**

- Diskussion über die Änderungsvorschläge CR 18/19 (I/NAV-Optimierung, OS-NMA und Commercial Service Definition)
- Präsentation der UniBwM über den Status des WG-CSI Berichts (Anlage B1)
- Die Verfassung einer Kurzfassung des WG-CSI Berichts (Executive Summary) wurde beschlossen (Anlage B2)

### **6.3.7 CSI-Meeting in Brüssel (14.06.2016)**

- Status der I/NAV-Implementierung auf E1-B, Update der EC und ESA
  - Diskussion über die Vorteile einer zusätzlichen Kanalkodierung mit LDPC für die Ephemeriden und die Uhrfehler-Korrekturen
  - Der Kanalgewinn mit LDPC beträgt nur 1 dB
  - „Synchronisation Pattern“ und die „ReducedCED“ (Ephemeriden mit geringer Genauigkeit) werden implementiert (UniBwM und CNES Vorschlag [4])
- Mindestens drei „nominal Pages“ der I/NAV-Nachricht müssen für zukünftige Anwendungen (wie z. B. ARAIM) frei zur Verfügung stehen

### **6.3.8 CSI-Meeting in Brüssel (23.06.2016)**

- Die Kurzfassung des CSI-Berichts wurde von der UniBwM präsentiert (Anlage B2)
  - Kommentare und Erläuterungen wurden hinzugefügt
- Der Leiter der WG-CSI wird die Kurzfassung des CSI-Berichts in der nächsten Sitzung der WG-EE (28.06.2016) vorstellen
- Diskussion über die OS-Authentifizierung auf E1-B

### **6.3.9 CSI-Meeting in Brüssel (05.10.2016)**

- Präsentation des CSI-Berichtes von der UniBwM (Anlage B1)
- Diskussion über das ESA-PRR (Preliminary Requirements Review) hinsichtlich der Signalelemente für G2G

### **6.3.10 CSI-Meeting in Brüssel (03.11.2016)**

- Diskussion über die Rolle der WG-CSI in der Entwicklung des G2G PRS-Signals
- ESA präsentierte die potentiellen Entwicklungen für die offenen Signale (PRR SIS)
  - Übereinstimmungen und Unterschiede des CSI-Berichtes mit den Entwicklungen, die im PRR veröffentlicht wurden, wurden erläutert
  - Eine deutliche Konvergenz der Entwicklungen für die OS-Signale wurde erkannt
  - G2G-PRS wurde nicht betrachtet

### **6.3.11 CSI-Meeting in München (29.11.2016)**

- ESA-Präsentation über den Galileo-Status
- I/NAV-Optimierung

- **Vorschlag von Airbus (Auftragnehmer der ESA) hinsichtlich der Kanalkodierung auf E1-B**
  - TTFF wird verbessert, wenn eine Reed-Solomon (RS) Kodierung anstatt einer mit LDPC (Vorschlag von UniBwM und CNES, 2012 [4]) verwendet wird
  - Präsentation der Vor- und Nachteile einer RS-Implementierung

## 7 VERTRETUNG IN DER ARBEITSGRUPPE WG-CS

Die Galileo Commercial Service Working Group wurde 2012 gegründet. Die ersten drei Sitzungen fanden im Jahr 2013 statt [3]. In den Jahren 2014 bis 2016 gab es sechs weitere Sitzungen dieser Gruppe in Brüssel. Folgende Absätze fassen die Geschehnisse und Ergebnisse dieser Sitzungen zusammen.

### 7.1 SITZUNGEN IM JAHR 2014

#### 7.1.1 WG-CS Sitzung (4.) in Brüssel (12.05.2014)

- Ein Änderungsantrag bezüglich der notwendigen Änderungen zu Einführung des CS-Dienstes (Change Request) wird ausgearbeitet und soll von der ESA bearbeitet werden
- Präsentation der UniBwM mit dem Titel „Amateur Television and Galileo Commercial Service: An Interference Assessment“ (Anlage C.1)
- Ein „CS Call for Interest“ wird diskutiert; die Industrie soll Zugang zum CS-Demonstrator bekommen
- Man stimmt in der Gruppe überein, dass die Sicherheit des CS durch das GCS gewährleistet werden muss. Laut Regulation 212 müssen externe Schnittstellen akkreditiert werden
- CS-Implementierungsaspekte werden präsentiert: Erhöhung der Uplink-Fähigkeiten, separater Zugang zu E6-B und C, Nutzung des EDBS-Kanal für Authentifizierung. Für einen robusten Dienst mit voller Verfügbarkeit sind 20 Uplink-Antennen notwendig

#### 7.1.2 WG-CS Sitzung (5.) in Brüssel (05.06.2014)

- Übereinstimmung in der Gruppe, dass eine „Information Note“ das alte Positionspapier ablösen soll, mit Erweiterungen bezüglich: Marktanalyse, Kosten-Nutzen Rechnung
- Das erwartete „Preliminary Change Implementation Proposal“ der ESA steht noch aus, insbesondere mit einer Bestätigung der Notwendigkeit von weiteren Uplink-Antennen
- Ein Update über den Stand des CS wird durch die EC gegeben; Satelliten-Hardware muss zur Implementierung des CS nicht verändert werden
- Die E6-Performanz-Analyse innerhalb des Caesar Projekts wird von Trimble-Terrasat vorgestellt
- Die GSA präsentiert die Marktmöglichkeiten des Dienstes „OS-Authentication“
- Die Unterschiede der Authentifizierung durch OS- und CS-Dienst werden erklärt, Daten- versus Signal-Authentifizierung
- Die meisten Mitgliedstaaten halten die OS-Authentifizierung für einen klares Unterscheidungsmerkmal gegenüber den anderen GNSS-Anbietern
- Der „Draft Technical Annex“ wird von der Gruppe ergänzt. Er soll dem Programm Komitee (PC) zur Verfügung gestellt werden

#### 7.1.3 WG-CS Sitzung (6.) in Brüssel (02.12.2014)

- Es wird erklärt, dass der „OS-Auth“-Dienst nicht mit den E1-Signalen von operationellen Satelliten getestet werden kann, sondern nur in einem simulierten Modus und nur eventuell über den EDBS-Kanal
- Es ist vorgesehen, dass das GCS parallel zu den Änderungen des Kern-Systems die EDB-Funktionalität entwickelt
- Es wurde beschlossen eine „Executive Summary“ zu CS Information Note hinzuzufügen [7]

- Das Dokument „Authentication on Galileo Open Service“ wurde besprochen. Es wurde erklärt, dass der „OS-Auth“-Dienst rückwärtskompatibel ist. Zudem erlaubt er auch die Authentifizierung von Nachrichten anderer GNSS, wie GPS und SBAS
- Das Dokument „Assessment of Expected Impact of Delaying the Implementation of the Open Service Authentication“ der GSA wurde diskutiert. EC und GSA nahmen an, dass der Dienst möglichst schnell implementiert werden soll, um nicht durch andere Lösungen obsolete zu werden. Alle Mitgliedstaaten stimmten dem Vorgehen im Dokument zu

## 7.2 SITZUNGEN IM JAHR 2015

### 7.2.1 WG-CS Sitzung (7.) in Brüssel (16.11.2015)

- Das Hauptthema dieser Sitzung war die „Info Note, Version v1.0“. Sie beinhaltete bereits die Kommentare der ersten Konsultation mit den Mitgliedstaaten [7]
- Bezüglich der Uplink-Antennen wurde festgehalten, dass bereits zur vollen Funktionalität der Kerndienste eine Aufstockung der Uplink-Antennen notwendig sei
- Die GSA bestätigte, dass für die privaten Schlüssel der Dienste OS-Auth und CS-Auth eine Klassifizierung auf „EU Restricted“ erforderlich ist
- Die EC erklärte das Vorgehen zum „Implementation Act“, der parallel zum SdCDR (System delta Critical Design Review) stattfinden soll

## 7.3 SITZUNGEN IM JAHR 2016

### 7.3.1 WG-CS Sitzung (8.) in Brüssel (11.07.2016)

- Beim SdCDR wurde bezüglich des CS-Dienstes hauptsächlich über die separate Verschlüsselung der Dienste HA und Authentication diskutiert. Die CS-Arbeitsgruppe formulierte folgende Punkte an den SdCDR:
  - Empfehlung des CS-Auth, CS-HA und OS-NMA als Teil von G1G
  - Empfehlung der Vorgehensweise wie in „Draft CS Implementing Act - Technical Annex“
  - Befürwortung einer Implementierung der separaten Verschlüsselung bis spätestens 2020
  - Befürwortung einer Zeitplanung für den CS-Auth unter anderem mit Tests und Validierungen des Dienstes
- Zum Test von OS-NMA soll ein OS-NMA-Modul über die GSA beschafft werden
- Der technische Anhang des „CS Implementing Act“ wurde diskutiert und finalisiert
- Die finale Version des CS-Berichts an die WG-EE wurde abgeschickt

### 7.3.2 WG-CS Sitzung (9.) in Brüssel (29.11.2016)

- Eine Version des „CS Implementing Act“ wurde durch die Mitgliedstaaten bei einem ad hoc Programm Komitee Treffen verabschiedet. Das HLD (High Level Document), welches die Beschreibung des CS enthält, wurde gebilligt
- Die Gruppe stimmt darin überein, dass vorerst keine Phase B Studien für die Authentifizierung durchgeführt werden sollen, bevor nicht endgültig über G1G entschieden wurde. OS-NMA soll ab 2018 abgestrahlt werden, ohne jetzt schon alle Implementierungsdetails festlegen zu müssen.
- Die EC arbeitet an der Einbindung von OS-NMA in den digitalen Tachographen
- 2020 soll der volle CS-Dienst mit FOC-Systemversion 2.0 in Betrieb gehen. Das GSC-GMS Interface muss dazu noch um die OS-NMA Funktionalität erweitert werden

- Die EC informiert, dass ein OS-NMA-Empfänger sowie eine Simulator-Plattform für öffentliche Tests zur Verfügung stehen
- Für OS-NMA und CS wurde durch EC, ESA und GSA ein Arbeitsplan erstellt
- Die EC präsentiert den Status des CS-Demo-Projekts, dessen Plattform für Tests mit OS-NMA, CS-Auth und CS-HA in 2017 verwendet werden soll
- Es wird diskutiert, dass für CS-HA Nutzer ein Nachteil durch die Abwesenheit eines offenen Pilotsignals besteht, welche das Phasen-Tracking des Daten-Kanals mit seiner sehr hohen Symbolrate robuster machen könnte. Dadurch sinkt die Verfügbarkeit des CS-HA unter bestimmten Bedingungen
- Bezüglich OS-NMA zeigte sich, dass 80-Bit-Schlüssel anstatt der ursprünglich verwendeten 128-Bit keinen Nachteil in der Performanz für den Nutzer ergeben.
- Bis Ende 2018 soll ein CS-Anbieter gefunden sein

## 8 VERTRETUNG IN DER ARBEITSGRUPPE WG-EE

Die Arbeitsgruppe WG-EE wurde 2015 gegründet. Ziel der Arbeitsgruppe ist die Koordinierung der Optionen zur Entwicklung der zweiten Galileo-Generation. Hierfür ist die Mitarbeit der Mitgliedstaaten erforderlich um die Anforderungen und Prioritäten zu identifizieren. Deutschland wird in dieser Arbeitsgruppe durch das BMVI, das DLR Raumfahrtmanagement (Bonn) und die UniBwM (Prof. Eissfeller) vertreten. In den Jahren 2015 und 2016 fanden zehn Sitzungen statt (Brüssel), die hier zusammengefasst wurden.

### 8.1 SITZUNGEN IM JAHR 2015

#### 8.1.1 WG-EE Sitzung (1.) in Brüssel (26.06.2015)

- Aufgabenstellung der neu gegründeten Arbeitsgruppe
  - Konsultation mit den Mitgliedsstaaten, um die nächste Phase von Galileo (G2G) vorzubereiten
  - Ziel ist es die G2G-Anforderungen zu definieren
- Diskussion über die Verfahrensregeln der Arbeitsgruppe („Rules of Procedure“)
- Präsentation des Strategieplans für G2G („Decision Roadmap“)
  - Zusammenarbeit der ESA, GSA und Mitgliedsstaaten
- Potentielle Entwicklungsrichtungen für G2G
  - Erweiterung der Interoperabilität
  - Verbesserung der Leistung für die End-Nutzer
  - Aufbau eines regionalen Dienstes
  - Einfügung zusätzlicher Dienste (wie zum Beispiel Authentifizierung)

#### 8.1.2 WG-EE Sitzung (2.) in Brüssel (06.10.2015)

- Präsentation der EC und GSA über die Nutzerbedürfnisse der offenen und sicherheitsrelevanten Dienste
- Präsentation der EC über Technologietrends für die Satellitennavigation
- Diskussion über einen zukünftigen verbesserten PRS
  - Nutzergruppen
  - Vor- und Nachteile

#### 8.1.3 WG-EE Sitzung (3.) in Brüssel (11.11.2015)

- Präsentation der Mitgliedsstaaten hinsichtlich ihrer Entwicklungsansichten für das zukünftige Galileo-System
  - Die EC hat dafür einen Fragebogen entwickelt, um etwaige Entwicklungsrichtungen zu erkennen
  - DE, GBR, POR, ROM und FR haben ihre Antworten zum EC-Fragebogen über die Galileo-Weiterentwicklungsprioritäten vorgestellt
    - Eine höhere Robustheit und Zuverlässigkeit des Systems wurde betont
    - Die Notwendigkeit der Rückwärtskompatibilität wurde erwähnt
- Zusammenfassung der EC-Tätigkeiten bezüglich der Entwicklungsstrategien für G2G

#### 8.1.4 WG-EE Sitzung (4.) in Brüssel (17.12.2015)

- Präsentation der Mitgliedsstaaten hinsichtlich ihrer Entwicklungsansichten für das zukünftige Galileo-System

- IT, NDR und SVK haben ihre Antworten zum EC-Fragebogen über die Galileo-Weiterentwicklungsprioritäten vorgestellt
- Update der Arbeitsgruppen (WG-CSI, WG-CS, WG-GCS, WG-NET und WG-PRS) über die Aktivitäten für G2G

## 8.2 SITZUNGEN IM JAHR 2016

### 8.2.1 WG-EE Sitzung (5.) in Brüssel (04.02.2016)

- ESA präsentiert ihren Zeitplan für die nächsten Jahre bis 2030 und stellt den Zeitplan des Ersatzes der Galileo-Satelliten vor
- ESA erläutert das EGSER-Dokument
  - Es besteht aus drei Teilen (Executive Summary, Hauptdokument und der PRS-Teil)
- Die EU-Mitgliedstaaten FIN, SWE, NOR, AUT und GBR präsentieren ihre nationale Sicht für G2G

### 8.2.2 WG-EE Sitzung (6.) in Brüssel (16-17.03.2016)

- ESA präsentiert das EGSER-Dokument [13]
  - Drei Entwicklungsszenarien wurden vorgestellt
- ESA hat den Prozess für das „Preliminary Requirements Review“ (PRR) erläutert (Sept-Dez 2016)
- Mitgliedsstaaten wurden aufgefordert, das EGSER-Dokument zu evaluieren
- Mitgliedsstaaten haben ihre Ansichten über die Anforderungen für G2G vorgestellt

### 8.2.3 WG-EE Sitzung (7.) in Brüssel (26-27.05.2016)

- Diskussion über das EGSER-Dokument
- Präsentation des Berichts der WG-CS über die potentiellen Entwicklungsrichtungen des CS für G2G
- GSA hat eine Analyse der Nutzeranforderungen für G2G vorgestellt
- DE und ESP haben ihre Antworten zum PRS-Fragebogen der EC vorgestellt
- WG-NET gab eine Zusammenfassung ihrer Position zu G2G

### 8.2.4 WG-EE Sitzung (8.) in Brüssel (28-29.06.2016)

- Präsentation des CSI-Berichtes hinsichtlich der OS-Signale für G2G
- JRC hat den Entwicklungsstand der anderen GNSS-Systeme vorgestellt
- Die drei Entwicklungsszenarien für G2G wurden von der EC detaillierter präsentiert

### 8.2.5 WG-EE Sitzung (9.) in Brüssel (08.09.2016)

- Begutachtung des eHDL-Dokuments („evolution High Level Definition“)
- Diskussion über die Entwicklungsszenarien für G2G
- Diskussion über die Weiterentwicklung des PRS-Signals

### 8.2.6 WG-EE Sitzung (10.) in Brüssel (30.11.2016)

- Diskussion über das laufende ESA-PRR
- ESA wird die G2G-Aktivitäten für Phase B1 auf 18 Monate verlängern (Start Mitte 2017)

- Während der 18 Monate werden alle drei Entwicklungsszenarien evaluiert, um dann Ende 2018 auf ein einzelnes Szenario zu konvergieren (Phase B2)
- ESP hat Vorschläge für die Weiterentwicklung von Galileo (OS und PRS) präsentiert

## 9 BILATERALE VERHANDLUNGEN

### 9.1 EU-USA KOORDINATIONSTREFFEN

Mit den USA erfolgte die Mitarbeit in den Arbeitsgruppen EU-US WG-A (Compatibility & Interoperability) und EU-US WG-C (Design of Next Generation GNSS) gemäß dem Vertrag aus dem Jahr 2004. Die WG-A untersucht die Kompatibilität und Interoperabilität des Galileo und GPS-III Systems. Die WG-C Arbeitsgruppe befasst sich mit der Weiterentwicklung der GNSS-Systeme (Next Generation GNSS). Das Hauptziel der Gruppe ist es integrierte GPS-Galileo Anwendungen zu entwickeln. Um dieses zu erreichen, wurde am 1. Juli 2010 die technische Untergruppe der WG-C mit dem Thema ARAIM gegründet. Das Ziel dieser Untergruppe ist es, die „Advanced“-RAIM-Entwicklung auf bilateraler Basis voranzutreiben.

#### 9.1.1 Working Group A

##### 9.1.1.1 Sitzung am 5-6.03.2014 in Brüssel

Hauptziel dieser Sitzung war es, das aktualisierte Galileo RAD-Dokument zu präsentieren, um so die Entwicklungen für die zweite Galileo-Generation voranzutreiben. Das aktualisierte RAD hat eine definierte abgestrahlte Signalleistung vergleichbar mit GPS-III. Während des Treffens wurden folgende Punkte angesprochen:

- Entwicklungsstand der zwei Systeme (System-Status)
- Erläuterungen zum Galileo SAR-Dienst (Search and Rescue)
- ITU-Koordinierung basierend auf dem neuen RAD-Dokument (Anhand E.2)
  - EU hat Kompatibilitäts-Analysen basierend auf der M.1831-Regulierung vorgezeigt
- Amateur-Interferenz im E6-Frequenzband und Möglichkeiten das Spektrum in den USA zu schützen

##### 9.1.1.2 Sitzung am 15-16.09.2014 in Boston

- Architekturbeschreibung des Galileo SAR-Dienstes
  - Die USA haben Bedenken gezeigt hinsichtlich einer potentiellen Kommerzialisierung des Dienstes
- Präsentation der USA hinsichtlich des GGTO (GPS-Galileo Time System Offset). Die GPS-Seite hat gezeigt, dass eine Abstrahlung des Time-Offsets der zwei Systeme keine nennenswerten Vorteile mit sich bringt
  - Der Time-Offset (GPS und Galileo) kann anhand einer zusätzlichen Messungen auf Empfängerebene bestimmt werden, so dass keine Kosten für das Bodensegment bei der Bestimmung des Time-Offsets entstehen müssen
- Pseudolit-Thematik
  - Hauptsorge der USA war die Tatsache, dass einige EU-Mitgliedsstaaten (u.a. Finnland) In-Band-Signale (L1/E1) für Pseudolit-Anwendungen erlaubt haben

## 9.1.2 Working Group C

### 9.1.2.1 Sitzung am 24-25.03.2014 in München, EU (ATSG)

- Diskussion über die „online“ und „offline“ ARAIM-Architektur
- Zwei Gruppen wurden gebildet, um die zwei ARAIM-Architekturen auszuarbeiten

### 9.1.2.2 Sitzung am 17-19.06.2014 in Prag, EU(ATSG)

- Gegenüberstellung der „offline“ und „online“ Architektur. Dabei soll die „online“ als eine Erweiterung der „offline“ ARAIM-Architektur betrachtet werden
- Präsentation der Empfehlungen der Arbeitsgruppe für die „online“ und „offline“ ARAIM-Architektur
- Aufbereitung neuer Szenarien für parametrische Studien
- Verfassung des Milestone-II Berichtes mit der Zusammenfassung aller ARAIM-Ergebnisse
- Präsentation der UniBwM mit dem Titel „ARAIM Availability“ (Anlage C.2)

### 9.1.2.3 Sitzung am 03-05.12.2014 in Stanford, USA (ATSG)

- Review des Milestone-II Berichtes
- Erstellung eines Zeitplans für der Meilenstein-III Bericht hinsichtlich des ARAIM-Systems
- Präsentation der UniBwM mit dem Titel „ARAIM Simulations Results for Milestone Iib“ (Anlage C.4)
- Präsentation der UniBwM mit dem Titel „Horizontal ARAIM Simulation Results for Milestone Iib“ (Anlage C.5)

### 9.1.2.4 Sitzung am 16-18.06.2015 in Ispra, EU(ATSG)

- Verfassung des Meilenstein-III Berichtes für das ARAIM-Integritätskonzept
- Weitere Anwendungsgebiete und potentielle Nutzer des ARAIM-Systems wurden aufgezeigt
- Verfügbarkeitsanalysen des ARAIM-Nutzeralgorithmus
- Diskussion über die Möglichkeiten das ARAIM-System in die nächste Generation der MOPS (Minimum Operational Performance Standards) zu integrieren
- Empfehlungen für die Implementierung des H-ARAIM (horizontales ARAIM)
- Präsentation der UniBwM mit dem Titel „Milestone III Report: Availability Results Updates“ (Anlage C.8)
- Präsentation der UniBwM mit dem Titel „Minimum Requirements to support H-ARAIM“ (Anlage C.9)

### 9.1.2.5 Sitzung am 27-29.10.2015 in El Segundo, USA (ATSG)

- Hauptziel der Sitzung war die Fertigstellung des Meilenstein-III Berichtes
  - Der endgültige Entwurf des Berichts wurde am 15. Dezember der EC und der FAA vorgelegt
- Themen betrafen hauptsächlich die ISM für das ARAIM-Konzept
- Vorbereitung auf zukünftige Arbeiten und Tätigkeiten der WG-C

### 9.1.2.6 Sitzung am 26-28.04.2016 in Madrid, EU (ATSG)

- Fertigstellung der drei Meilenstein-Berichte, die detailliert den Status und die Fortschritte der ARAIM-Systems beschreiben
- Neue Untergruppen wurden gebildet (nach Priorität und Herausforderung)
  - Service Provision Coordination Subgroup
  - Service Evolution Subgroup
  - Service Resiliensce Subgroup

- Programme Level Coordination
- Präsentation der UniBwM mit dem Titel „ARAIM Performance with a predefined number of satellites“ (Anlage C.13)

#### **9.1.2.7 Sitzung am 25-27.10.2016 in Stanford, USA**

- Potentielle Erweiterungen der ARAIM-Algorithmen
- ISM-Definition für das H-ARAIM
- Zusammenfassung der R&D Projekte bezüglich des ARAIM-Demonstrators
- Forschungsaktivitäten für das nächste Jahr wurden erläutert

## **9.2 EU-CHINA KOORDINATIONSTREFFEN**

### **9.2.1 Sitzung am 13-15.01.2015 in Prag**

- Erfolgreiche Koordinierung der Signale im L-Frequenzbereich nachdem das Galileo RAD-Dokument und die ITU-Einträge im Jahr 2014 aktualisiert wurden (Anhand E.4)

### **9.2.2 Sitzung am 20-22.10.2015 in Kunming, China**

- Bevor die Sitzung stattfand, haben Untersuchungen, die am JRC in Ispra durchgeführt wurden, gezeigt, dass Satelliten der BeiDou-III Konstellation (globales System) zeitweise auch Signale der BeiDou-II Konstellation (regionales System) abstrahlen
  - Abkommen, das im Januar 2015 unterzeichnet worden ist, wurde nicht eingehalten (im Abkommen wurde betont, dass BeiDou-III Satelliten nur BeiDou-III Signale abstrahlen werden)
- Um eine Aufklärung der Situation zu erleichtern, wurde die Koordinierung der Signale im S- und C-Frequenzband vertagt

## **9.3 EU-JAPAN KOORDINATIONSTREFFEN**

### **9.3.1 Sitzung am 13-15.05.2014 in Tokio, Japan**

- Präsentation des neuen Galileo RAD-Dokuments

### **9.3.2 Sitzung am 29-30.09.2014 in Tokio, Japan**

- Erfolgreiche Koordinierung der Signale im L-Frequenzband (Anhand E.3)
- Einführung einer vorteilhaften Leistungs-Einhüllenden (power envelope) für C-Band Signale (G2G)

## **9.4 EU-INDIEN KOORDINATIONSTREFFEN**

- Präsentation des neuen Galileo RAD-Dokuments
- Erfolgreiche Koordinierung der Signale im L-Frequenzband (Anhand E.1)
- Der „Restricted Service“ des IRNSS-Systems hat die Modulation BOC(12,2)
- Offen ist noch die Koordinierung von EGNOS und GAGAN

## 10 ICG-TREFFEN DER VEREINTE NATIONEN

Das Gremium „International Committee on Global Navigation Satellite Systems“ (ICG) existiert seit 2005 unter der Ägide des „United Nations Office for Outer Space Affairs“ (UNOOSA). Alle Systemanbieter treffen sich jährlich bei den ICG-Meetings zum gegenseitigen Austausch. Die ICG ist in insgesamt vier Arbeitsgruppen untergliedert. Die erste Arbeitsgruppe (WG-A) beschäftigt sich mit Themen der Kompatibilität und Interoperabilität. Die zweite Arbeitsgruppe (WG-B) beschäftigt sich mit der Leistungsverbesserung der GNSS-Dienste. Der Informationsaustausch zwischen den verschiedenen Systemanbietern ist ein Thema, das in der dritten Arbeitsgruppe (WG-C) besprochen wird. Die vierte und letzte Arbeitsgruppe (WG-D) bezieht sich auf die Bezugssysteme, das Timing und die Anwendungen. Die ICG Sitzungen finden jeden November statt. Zusätzlich gibt es Interimssitzungen, wo die verschiedenen Arbeitsgruppen einzeln tagen. Das Institut nahm in den Arbeitsgruppen WG-A und WG-B aktiv teil. Im Jahr 2015 wurden die vier Arbeitsgruppen umbenannt (Tabelle 10-1).

ICG-Arbeitsgruppen bis 2014	ICG-Arbeitsgruppen ab 2015
WG-A: Compatibility & Interoperability	WG “Systems, Signals and Services“
WG-B: Enhancement of GNSS Service Performance	WG “Enhancement of GNSS Performance, New Services and Capabilities“
WG-C: Information Dissemination and Capacity Building	WG “Information Dissemination and Capacity Building“
WG-D: Reference Frames, Timing and Applications	WG “Reference Frames, Timing and Applications“

**Tabelle 10-1: ICG-Arbeitsgruppen**

In den folgenden Absätzen wird eine Zusammenfassung der Diskussionen und der Ergebnisse dieser Sitzungen aufgeführt.

### 10.1 ICG-9 IN PRAG, EU (10-14.11.2014)

#### 10.1.1 WG A: Compatibility and Interoperability

- China präsentierte den Zusammenhang zwischen der Anzahl der Satelliten und dem Rauschleistungspegel
- „Crowd Sourcing Interference Detection“

#### 10.1.2 WG B: Enhancement of GNSS Service Performance

- Die Teilnehmer der Arbeitsgruppe B beabsichtigten die Erstellung eines Booklets über “Interoperable GNSS SSV”.
- Die Diskussion über die TTFF-Methodologie führte zu weiteren Prüfkriterien; Interferenz-Unterdrückungstechniken auf Antennen und auf Signalverarbeitungsebene wurden diskutiert.
- Italien präsentierte über den Bedarf an Integrität für GNSS, speziell für den Schienenverkehr.
- Präsentation der UniBwM mit dem Titel „GNSS Enhancement in hazardous Environments“ (Anhang C.3)

## 10.2 ICG-10 IN BOULDER, USA (01-06.11.2015)

### 10.2.1 WG: Systems, Signals and Services

- Die existierende Untergruppe “Compatibility and Performance Standards” wurde umbenannt in “Compatibility and Spectrum” Untergruppe, welche auch für die IDM Task Force zuständig ist.
- Der bestätigte Arbeitsplan umfasst einen weiteren Arbeitsbereich, “System-of-Systems Operations”

### 10.2.2 WG: Enhancement of GNSS Service Performance, New Services and Capabilities

- Charakteristiken zur Etablierung eines interoperablen GNSS-SSV wurden von allen sechs Betreibern gegeben
- Fortschritt in der Analyse der Vorteile des NeQuick-Galileo-Ionosphenmodells für Ein-Frequenz-Nutzer wurde anhand von Untersuchungen mehrerer Anbieter präsentiert mit vielversprechenden Ergebnissen
- Die Arbeitsgruppe betonte die möglichen Vorteile der potentiellen Signale der beiden exzentrischen Galileo-Satelliten für Positionierungsanwendungen und wissenschaftliche Demonstrationen
- Fortschritt bei der Verwendung von GLONASS für geodätische Anwendungen wurde mit ähnlicher Genauigkeit wie andere GNSS präsentiert. Es wurde festgestellt, dass hochgenaue Anwendungen von der Nutzung von SBAS Satelliten-Signalen profitieren können, wenn die Genauigkeit der ausgesendeten Ephemeriden dies erlauben würde. Dies war für EGNOS jedoch noch nicht der Fall

## 10.3 ICG-11 IN SOTSCHI, RUSSLAND (06-11.11.2016)

### 10.3.1 WG: Systems, Signals, and Services

- Die EU präsentierte die neue Regulierung RED (Radio Equipment Directive), die am 13. Juni 2016 in Kraft trat. Danach müssen alle Hersteller für den Verkauf von Geräten bestimmte Kriterien hinsichtlich der Interferenz-Unterdrückung beim Senden und Empfangen erfüllen, damit das Spektrum möglichst effizient genutzt werden kann und sowohl GNSS als auch Kommunikationssysteme in benachbarten Bändern keine gegenseitige Störungen bewirken. Die ETSI entwickelt dazu eine Norm mit den technischen Anforderungen

### 10.3.2 WG: Enhancement of GNSS Service Performance, New Services and Capabilities

- Gemeinsame Simulationen der Gruppe lieferten den klaren Beweis dafür, dass auf Ebene des Geostationären Orbits oder höher kein GNSS für sich ausreichend Signalverfügbarkeit erreichen kann
- Die Arbeit über SSV der Gruppe wurde fortgesetzt mit dem Ziel der Veröffentlichung eines Booklets über ein interoperables GNSS-SSV
- „Search and Rescue” (SAR) Dienste werden von Galileo, GLONASS und GPS implementiert werden. Hinsichtlich einer Erweiterung des BeiDou Systems um eine „Search and Rescue“ (COSPAS SARSAT)-Funktionalität wurden Untersuchungen angestellt

## A. BERICHTERSTATTUNG AN DAS BMVI UND DLR: MEMOS

Der Anhang A enthält die Berichterstattungen, die im Projektzeitraum direkt an das Verkehrsministerium (BMVI) und DLR Bonn gesendet wurden. Da die Informationen als „VS-Nur für den Dienstgebrauch“ eingestuft sind, befindet sich dieser Anhang nicht in der öffentlichen Bibliotheksversion.

Referenz	Titel	Seite
<b>ANLAGE A.1</b>	Memo über die Aktivitäten im Zeitraum Januar bis März 2014 (14.05.2014)	
<b>ANLAGE A.2</b>	Memo bezüglich der Interferenz von Amateurfunk auf E6 (28.02.2014)	
<b>ANLAGE A.3</b>	Memo über die Aktivitäten im Zeitraum April bis Juli 2014 (30.08.2014)	
<b>ANLAGE A.4</b>	Memo über die Aktivitäten im Zeitraum September bis Dezember 2014 (30.01.2015)	
<b>ANLAGE A.5</b>	Sachstandbesprechung beim BMVI (13.05.2015)	
<b>ANLAGE A.6</b>	Memo über die Aktivitäten im Zeitraum Januar bis Dezember 2015 (29.01.2016)	
<b>ANLAGE A.7</b>	Memo über die Aktivitäten im Zeitraum Januar bis Juni 2016 (29.07.2016)	



## B. CSI-BERICHTE

Der Anhang B enthält die CSI-Berichte mit den potentiellen Signaldefinitionen für die Entwicklung der zweiten Galileo Generation, die in Kooperation mit CNES und dem DLR KN verfasst wurden. Da die Informationen als „VS-Nur für den Dienstgebrauch“ eingestuft sind, befindet sich dieser Anhang nicht in der öffentlichen Bibliotheksversion.

Referenz	Titel	Seite
<b>ANLAGE B.1</b>	CSI-Report: Second Galileo Generation (G2G)	
<b>ANLAGE B.2</b>	CSI-Executive Summary: Second Galileo Generation (G2G)	



## C. PRÄSENTATIONEN

Der Anhang C enthält alle Präsentationen, die im Rahmen des Vorhabens vorgetragen wurden. Da die Informationen als „VS-Nur für den Dienstgebrauch“ eingestuft sind, befindet sich dieser Anhang nicht in der öffentlichen Bibliotheksversion.

Referenz	Titel	Seite
<b>ANLAGE C.1</b>	Amateur Television and Galileo Commercial Service: An Interference Assessment  Präsentation in der WG-CSI (20.01.2014) und WG-CS (12.02.2014)	
<b>ANLAGE C.2</b>	ARAIM Availability  Präsentation in der Arbeitsgruppe EU-US WG-C/ATSG (17.06.2014)	
<b>ANLAGE C.3</b>	GNSS Enhancement in hazardous Environments  Präsentation in der Arbeitsgruppe ICG WG-B (12.11.2014)	
<b>ANLAGE C.4</b>	ARAIM Simulation Results for Milestone IIB  Präsentation in der Arbeitsgruppe EU-US WG-C/ATSG (02.12.2014)	
<b>ANLAGE C.5</b>	Horizontal ARAIM Simulation Results for Milestone IIB  Präsentation in der Arbeitsgruppe EU-US WG-C/ATSG (03.12.2014)	
<b>ANLAGE C.6</b>	Updates on Simulation Results  Präsentation in der Arbeitsgruppe EU-US WG-C/ATSG (20.03.2015)	
<b>ANLAGE C.7</b>	RAIM vs. H-ARAIM  Präsentation in der Arbeitsgruppe EU-US WG-C/ATSG (12.05.2015)	
<b>ANLAGE C.8</b>	Milestone III Report: Availability Results Updated  Präsentation in der Arbeitsgruppe EU-US WG-C/ATSG (16.06.2015)	
<b>ANLAGE C.9</b>	Minimum Requirements to support H-ARAIM	

Präsentation in der Arbeitsgruppe EU-US WG-C/ATSG (17.06.2015)

**ANLAGE C.10** Availability of H-ARAIM

Präsentation in der Arbeitsgruppe EU-US WG-C/ATSG (04.08.2015)

**ANLAGE C.11** Thoughts about Galileo Second Generation

Präsentation in der Arbeitsgruppe WG-CSI (01.12.2015)

**ANLAGE C.12** Availability Results for ARAIM (Outreach Event)

Präsentation in der Arbeitsgruppe EU-US WG-C/ATSG (01.03.2016)

**ANLAGE C.13** ARAIM Performance with a predefined number of satellites

Präsentation in der Arbeitsgruppe EU-US WG-C/ATSG (26.04.2016)

## D. VERÖFFENTLICHUNGEN

Der Anhang D enthält alle Veröffentlichungen, die im Rahmen des Vorhabens verfasst wurden. Um die Urheberrechte nicht zu verletzen, sind die Veröffentlichungen nicht in der öffentlichen Bibliotheksversion enthalten.

Referenz	Titel	Seite
<b>ANLAGE D.1</b>	Amateur Television and Galileo Commercial Service: An Interference Assessment  Technisches Paper für EC, Januar 2014	
<b>ANLAGE D.2</b>	Use of the Signal Polarization for Anti-jamming and Anti-spoofing with a Single Antenna  ION GNSS+ 2014, Tampa (Florida), USA, September 2014	
<b>ANLAGE D.3</b>	Architectures for Advanced RAIM: Offline and Online  ION GNSS+ 2014, Tampa (Florida), USA, September 2014	
<b>ANLAGE D.4</b>	Baseline advanced RAIM user algorithm and possible improvements  IEEE Transactions on Aerospace and Electronic Systems, Vol. 51, Issue 1, Januar 2015	
<b>ANLAGE D.5</b>	NI RF Hardware as GNSS-FrontEnd and DSP-Interferemce suppression with Kintex7 FPGA  NI Workshop in Warschau, 12.03.2015	
<b>ANLAGE D.6</b>	A simple position estimator that improves advanced RAIM performance  IEEE Transactions on Aerospace and Electronic Systems, Vol. 51, Issue 3, Juli 2015	
<b>ANLAGE D.7</b>	A Dual-Frequency Interference Suppression Unit for E1/E5a designed with National Instruments Software Defined Radios	

ION GNSS+ 2015, Tampa (Florida), USA, September 2015

**ANLAGE D.8** Modul zur Unterdrückung von Störsignalen für globale Navigationssysteme mit NI SDR

NI VIP in Fürstenfeldbruck, 21.10.2015

**ANLAGE D.9** Satellite Selection for Multi-Constellation SBAS

ION GNSS+ 2016, Portland (Oregon), USA, September 2016

**ANLAGE D.10** Satellite Selection for Aviation Users of Multi-Constellation SBAS

InsideGNSS, November/Dezember 2016

## E. KOORDINATIONSTREFFEN

Der Anhang E enthält die Protokolle der Koordinationstreffen mit den anderen Systemanbietern. Da die Informationen als „VS-Nur für den Dienstgebrauch“ eingestuft sind, befindet sich dieser Anhang nicht in der öffentlichen Bibliotheksversion.

Referenz	Titel	Seite
<b>ANLAGE E.1</b>	EU-Indien Koordinationstreffen (21-23.05.2014)	
<b>ANLAGE E.2</b>	EU-US Koordinationstreffen (16.07.2014)	
<b>ANLAGE E.3</b>	EU-Japan Koordinationstreffen (29-30.09.2014)	
<b>ANLAGE E.4</b>	EU-China Koordinationstreffen (14-15.01.2015)	



## F. KURZFASSUNG DES SCHLUSSBERICHTS

Referenz	Titel	Seite
ANLAGE F.1	Berichtsblatt	517
ANLAGE F.2	Document Control Sheet	519



## F.1 BERICHTSBLATT

<b>1. ISBN oder ISSN</b> - entfällt -	<b>2. Berichtsart</b> Schlussbericht
<b>3a. Titel des Berichts</b> Entwicklungsbeiträge zum europäischen Satellitennavigationssystem Galileo IV	
<b>3b. Titel der Publikation</b> - nicht geplant -	
<b>4a. Autoren des Berichts (Name, Vorname(n))</b>  Gkougkas, Elias /Dominik Dötterböck/Thomas Kraus/ Prof. Dr. Eissfeller, Bernd	<b>5. Abschlussdatum des Vorhabens</b> 31.12.2016
	<b>6. Veröffentlichungsdatum</b> - entfällt -
<b>4b. Autoren der Publikation (Name, Vorname(n))</b> - entfällt -	<b>7. Form der Publikation</b> - entfällt -
<b>8. Durchführende Institution(en) (Name, Adresse)</b> Institut für Raumfahrttechnik und Weltraumnutzung Universität der Bundeswehr München 85577 Neubiberg	<b>9. Ber.Nr. Durchführende Institution</b> - entfällt -
	<b>10. Förderkennzeichen</b> 50 NA 1401
	<b>11a. Seitenzahl Bericht</b> - 520 -
	<b>11b. Seitenzahl Publikation</b> - entfällt -
<b>13. Fördernde Institution (Name, Adresse)</b> Raumfahrt-Agentur des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt e.V. Königswinterer Str. 522-524 53227 Bonn	<b>12. Literaturangaben</b> - 13 -
	<b>14. Tabellen</b> - 04 -
	<b>15. Abbildungen</b> - 06 -
<b>16. Zusätzliche Angaben</b> - keine -	
<b>17. Vorgelegt bei (Titel, Ort, Datum)</b> Raumfahrt-Agentur des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt e.V., 53227 Bonn, 30.06.2014	
<b>18. Kurzfassung</b> Ziel dieses Projektes sind Beiträge zur Optimierung, Kompatibilität und Interoperabilität des europäischen Satellitennavigationssystem Galileo zu leisten. Im Rahmen des Vorhabens hatte das Institut für Raumfahrttechnik und Weltraumnutzung (ISTA) der Universität der Bundeswehr München (UniBwM) den Auftrag, Entwicklungsbeiträge zum europäischen Satellitennavigationssystem Galileo zu leisten. Der Antragsteller erhielt vom BMVI, das verantwortlich für das Galileo-System	

ist, das Mandat Deutschland in den Arbeitsgruppen der EC WG-CSI und WG-CS zu vertreten (ab 2015 auch in der Arbeitsgruppe WG-EE). Die Hauptaufgabe bestand darin, die EC in der Entwicklung und Umsetzung des Galileo-Projektes zu unterstützen und die deutschen Interessen zu wahren.

Das Institut für Raumfahrttechnik und Weltraumnutzung hatte in diesem Vorhaben zur Aufgabe, beratend für Frequenz- und Signalaspekte im Hinblick auf die aktuelle und zweite Generation von Galileo (G2G) tätig zu sein. Die Hauptaufgaben waren Beiträge zur Optimierung, Kompatibilität und Interoperabilität des europäischen Satellitennavigationssystem Galileo zu leisten. Diese Beiträge sind enorm wichtig für die Sicherung der aktuellen Galileo-Signale gegenüber anderen GNSS-Systemanbietern.

Hinsichtlich des kommerziellen Dienstes auf E6 (Commercial Service, CS) hatte die UniBwM die Aufgabe, die technische Ausgestaltung des Dienstes zu überprüfen. Desweiteren hat das Institut die Konzepte einer technischen Weiterentwicklung des Galileo-Systems, die von der ESA (Europäische Weltraumorganisation) vorgeschlagen wurden, evaluiert.

**19. Schlagwörter**

Satellitennavigation, Galileo, GNSS, Kompatibilität, Interoperabilität, Interferenz, EC WG-CSI, EC WG-CS, EC WG-EE, Zweite Galileo Generation

**20. Verlag**

- entfällt -

**21. Preis**

- entfällt -

## F.2 DOCUMENT CONTROL SHEET

<b>1. ISBN or ISSN</b> - n/a -	<b>2. Type of Report</b> Final Report
<b>3a. Report Title</b> Contributions to the development of the European satellite navigation system Galileo	
<b>3b. Title of Publication</b> - n/a -	
<b>4a. Author(s) of the Report (Family Name, First Name(s))</b> Gkougkas, Elias /Dominik Dötterböck/Thomas Kraus/ Prof. Dr. Eissfeller, Bernd	<b>5. End of Project</b> 31.12.2016
	<b>6. Publication Date</b> - n/a -
<b>4b. Authors of the Publication (Family Name, First Name(s))</b> - n/a -	<b>7. Form of Publication</b> - n/a -
<b>8. Performing Organization(s) (Name, Address)</b> Institute Space Technology and Space Applications University of Federal Armed Forces Munich 85577 Neubiberg	<b>9. Originator's Report No.</b> - n/a -
	<b>10. Reference No.</b> 50 NA 1101
	<b>11a. No. of Pages Report</b> - 520 -
	<b>11b. No. of Pages Publication</b> - n/a -
<b>13. Sponsoring Agency (Name, Address)</b> Raumfahrt-Agentur des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt e.V. Königswinterer Str. 522-524 53227 Bonn	<b>12. No. of References</b> - 13 -
	<b>14. No. of Tables</b> - 04 -
	<b>15. No. of Figures</b> - 06 -
<b>16. Supplementary Notes</b> - none -	
<b>17. Presented at (Title, Place, Date)</b> Raumfahrt-Agentur des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt e.V., 53227 Bonn, 30.06.2013	
<b>18. Abstract</b> The scope of this project was to contribute to the development of the European satellite navigation system Galileo. In Germany, the responsibility of the Galileo system and its development relies entirely on the Federal Ministry of Transport and Digital Infrastructure (BMVI). The Institute of Space Technology and Space Applications (ISTA) of the Federal Armed Forces, received the mandate from the BMVI to represent Germany at the European Working Groups related to the development of Galileo. These groups are the EC WG Compatibility, Signals and Interoperability (CSI), WG Commercial Service (CS) and the WG-EGNSS Evolution (established 2015). The main responsibility is to support the European Commission during the development phase of the Galileo first generation and moreover to develop and present technical elements that could be considered for use in the second Galileo Generation.	

**19. Keywords**

Satellite Navigation, Galileo, GNSS, Compatibility, Interoperability, Interference, EC CSI WG, EC WG-CS, EC WG-EE, Second Galileo Generation

**20. Publisher**

- n/a -

**21. Price**

- n/a -