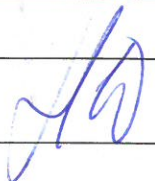
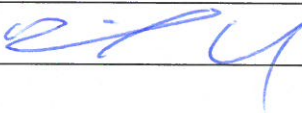
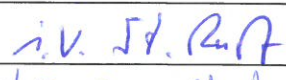
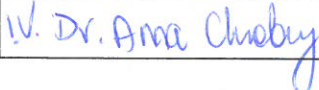


Missionsanalyse SatCom 2025 Phase 0 Schlussbericht

FKZ: 50YB1638



Dokumentnummer:	TC-SYS-OHB-RP-0008
Ausgabe:	01
Datum:	11.06.2017
CI Nr.:	0000000000

Name	Funktion	Unterschrift	Datum
Erstellt durch:			
Hartmut Claus Herbert Schuff	Projektingenieur		11.6.18
Geprüft durch:			
Dominik Lang	Marketing & Sales		11.6.18
Genehmigt durch:			
Frank Giese <i>für</i>	Produktsicherung		
Carsten Borowy	Projektleiter		11.6.18

Schutzvermerk ISO 16016

<p>The reproduction, distribution and utilization of this document as well as the communication of its contents to others is prohibited, as far as non-contractual rights to the document are entitled or these rights has been expressly granted. Offenders will be held liable for the payment of damages. All rights reserved in the event of the grant of a patent, utility model or design, unless contractual arrangements provide otherwise.</p>	<p>OHB System AG D-28359 Bremen Universitätsallee 27-29 Tel: 0421-2020-8 Fax: 0421-2020-700</p>	<p>Weitergabe sowie Vervielfältigung dieses Dokuments, Verwertung und Mitteilung seines Inhalts sind verboten, soweit nicht ausdrücklich gestattet. Zuwiderhandlungen verpflichten zu Schadenersatz. Alle Rechte für den Fall der Patent-, Gebrauchsmuster- oder Geschmacks-mustereintragung vorbehalten, es sei denn, vertragliche Regelungen sehen etwas anderes vor.</p>
---	--	---

Verteilungsliste

Name	Anzahl der Kopien	Organisation / Unternehmen
OHB DCC	1	OHB System AG
DLR DCC	1	DLR

Dokumentänderungsliste

Ausgabe	Datum	Betroffener Dokumententeil
01	11.06.2018	Initiale Version

Inhaltsverzeichnis

1	Kurzdarstellung.....	5
1.1	Aufgabenstellung.....	5
1.2	Voraussetzungen	5
1.3	Planung und Ablauf der Studie	6
1.4	Zusammenarbeit mit Partnern	6
1.5	Aufteilung der Arbeiten	7
2	Studie Missionsanalyse SatCom 2025	9
2.1	Einführung	9
2.2	Ergebnisse.....	9
2.3	Risikobetrachtung.....	14
3	Umsetzung Mission SatCom 2025	16
3.1	Finanzrahmen und Betrieb	16
3.2	Zeitplan.....	16
4	Bewertung und Empfehlung	18

Tabellenverzeichnis

Tabelle 2-1: Umsetzung von Zielen und Maßnahmen	11
---	----

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1-1: Organisationsstruktur.....	6
Abbildung 1-2: Arbeitsteilung.....	7
Abbildung 1-3: Studienlogik.....	8
Abbildung 2-1: Breitbandnutzlast - Blockschaltbild	13
Abbildung 2-2: Rundfunknutzlast - Blockschaltbild	13
Abbildung 2-3: W-Band Ausbreitungsexperiment - Blockschaltbild.....	14
Abbildung 3-1: SatCom 2025 – Top-Level Zeitplan (alternativ zu ECSS)	17

1 KURZDARSTELLUNG

AN: OHB System AG Universitätsallee 27-29 D-28359 Bremen	Förderkennzeichen: 50YB1638
Vorhabenbezeichnung: Missionsanalyse SatCom 2025 Phase 0	
Laufzeit des Vorhabens: 15.12.2016 bis 15.07.2017	

1.1 Aufgabenstellung

Das DLR-Raumfahrtmanagement plant, die nächste rein nationale oder eine in internationaler Kooperation zu entwickelnde Großmission in einem transparenten, mehrstufigen Wettbewerbsverfahren auszuwählen. In diesem Zuge sollten mehrere Missionsideen in parallelen Phase-0-Studien mit einer Missionsanalyse untersucht werden. SatCom 2025 ist ein möglicher Kandidat für diese zukünftige Großmission. OHB System AG bot dieses Vorhaben als Hauptauftragnehmer und System-Verantwortlicher mit weiteren Teilnehmern in einem Projektteam an. Das Team aus den herausragenden wissenschaftlichen Kapazitäten in Deutschland und den erfahrenen Raumfahrtfirmen möchte sein großes Interesse an der ausgeschriebenen Studie betonen. Diese Studie zeigt auf, wie die Erwartungen des DLR Raumfahrtmanagements an die Phase 0 des Projekts SatCom 2025 bestmöglich erfüllt werden können.

1.2 Voraussetzungen

Dieses Dokument enthält eine Zusammenfassung der Ergebnisse der Phase 0 Studie. Ein weiterer Schwerpunkt liegt in einem Ausblick auf die Möglichkeiten einer wirtschaftlichen und fristgerechten Umsetzung der SatCom 2025 Mission.

Die Raumfahrt Agentur wies in ihrer Ausschreibung darauf hin, dass insbesondere vier wissenschaftlich / technische Ziele mit der SatCom 2025 Missionsanalyse erreicht werden sollen:

1. Die Neu- und Weiterentwicklung von Schlüsseltechnologien zum Erhalt und Ausbau des Know-hows in der Satellitenkommunikation.

Dazu gehören im Detail die Steigerung der Kosteneffizienz, der Zuverlässigkeit, des Miniaturisierungsgrades, die Erhöhung der Flexibilität der Nutzlast-, Bus- und Bodentechnologien. Des Weiteren auch die Betrachtung von zukünftigen Trends, die konsequente Weiterentwicklung der LCT-Technologien und auch die nationale Selbstständigkeit kritischer Technologieverifikationen, sowie die Verringerung der Abhängigkeit von ITAR-Bauteilen.

2. Der Aufbau der Systemfähigkeit bei Nutzlast-, Bus- und Bodentechnologien.

Hierbei wird im Detail auf neue Schwerpunkte im Bodensegment gesetzt, sowie auch die Gestaltung von Standardisierungen für die Satellitenkommunikation. Es stehen die Stärkung und die Vielfalt von KMUs, Forschungsinstituten und Universitäten, sowie die Einbindung von Forschung und Industrie in Arbeitsgruppen und Projekte im Vordergrund.

3. Der Ausbau von Datenrelais- und Netzwerkfähigkeiten mit hohen Datenraten.

Dies bedeutet, dass Nachdruck auf die Entwicklung neuer Übertragungsverfahren und Protokolle, sowie Vernetzung und Standardisierung von Satelliten- und terrestrischen Kommunikationssystemen gelegt wird.

4. Die Entwicklung integrierter Anwendungen der nächsten Generation.

Im Detail bedeutet dies, die Erschließung integrierter Satellitendienste für neue Nutzergruppen, die Umsetzung einer interdisziplinären Satellitenmission, die Entwicklung von Technologien zum Schutz von Infrastrukturen und die Ermöglichung einer Übertragung von sehr hohen Datenmengen.

1.3 Planung und Ablauf der Studie

Die Studienlogik folgt dem üblichen Ablauf einer Phase 0 Studie und folgt dabei der ECSS-E-ST-10C. Dieser Standard sieht drei grundlegende Aufgaben vor:

- In einer Phase 0 sollte die technische Betrachtung aus dem System Engineering den Nutzer dabei unterstützen die Anforderungen zu identifizieren.
- Es sollen daraufhin Vorschläge für Systemkonzepte gefunden werden.
- In einem nächsten Schritt soll ein Mission Description Document erstellt werden.

1.4 Zusammenarbeit mit Partnern

Unter der Leitung von OHB waren die folgenden Firmen eingebunden:



Abbildung 1-1: Organisationsstruktur

Für die Kerninhalte der Bedarfs- und Nutzenanalyse konnten die Partner Audens und die Universität der Bundeswehr in München mit Erfahrung und Kompetenz im Kommunikationsmarkt und Betreibermodellen gewonnen werden. Dazu zählen auch die erfahren Partner der DLR-Institute des GSOC und IKN und das Fraunhofer-Institut IIS. TESAT als Partner für Nutzlast und Missionsanalyse, trägt mit seiner Kompetenz dazu bei, den übrigen technischen Bereich des Raumsegments abzudecken. In dem Bereich Bodensegment und Konzeptvergleich konnte IABG gewonnen werden. Das Unternehmen Vialight war mit seinen Kompetenzen in der optischen Kommunikation, vor allem kleinerer Systeme, eine wertvolle Ergänzung.

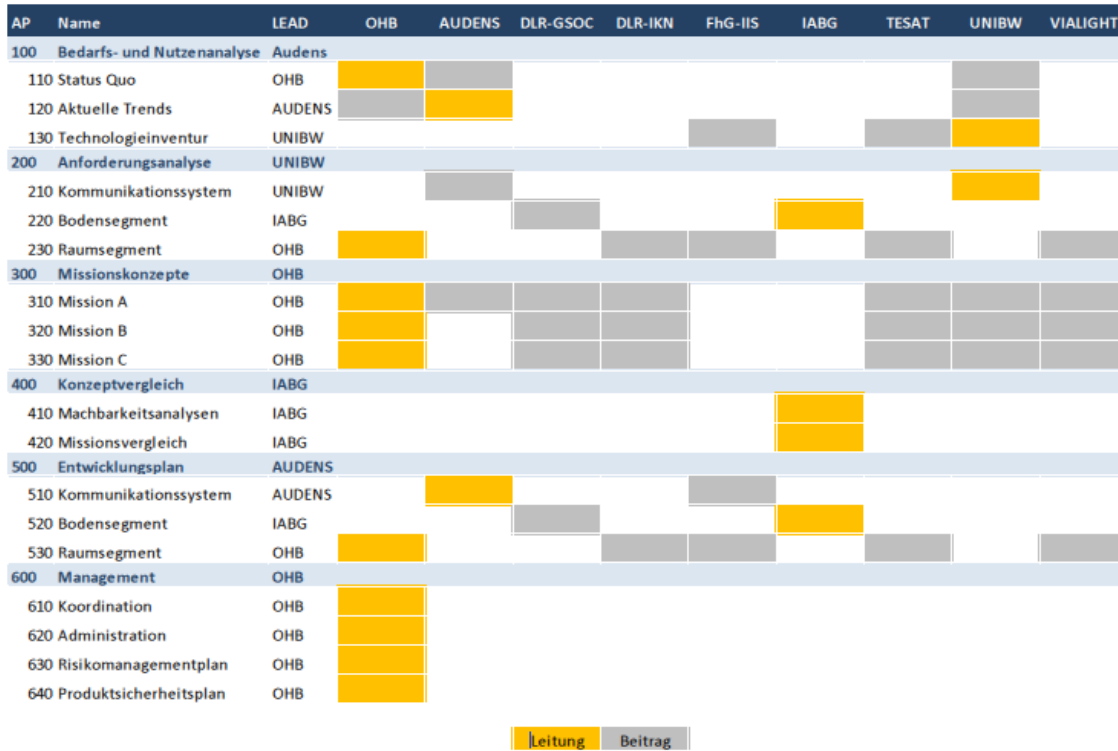


Abbildung 1-2: Arbeitsteilung

Während alle Beteiligten sich besonders in der Arbeitspaketgruppe 100 mit Ihren Kenntnissen einbringen werden, ist eine grundlegende Arbeitsteilung vereinbart worden. Es gibt hierbei ein Kernteam aus der OHB mit den Schwerpunkten auf der Studienleitung (AP600) und den Missionskonzepten (AP300), der Audens mit Schwerpunkt auf der Bedarfsanalyse (AP100) und dem Entwicklungsplan (AP500), der Universität der Bundeswehr mit Schwerpunkt auf der Anforderungsanalyse (AP200) sowie der IABG mit dem Schwerpunkt des Konzeptvergleiches (AP400). Diese werden durch Beiträge der weiteren Beteiligten ergänzt.

1.5 Aufteilung der Arbeiten

OHB System AG bot dem Auftraggeber DLR und den Nutzern wie DLR RfM, den Instituten, Bundeswehr, Universitäten, Fraunhofer Gesellschaft und vielen Experimentatoren aus Forschung und Industrie eine Gesamtsystemlösung mit folgenden Schwerpunkten:

- Erfüllung aller Kundenanforderungen
- Anbieten einer innovativen, leistungsstarken und kostengünstigen Lösung
- Realisierung des Systems im Zeit- und Kostenrahmen

Für die Firma OHB wäre die SatCom 2025 Missionsanalyse (Phase 0) ein weiterer wichtiger Baustein, um an der Entwicklung und Planung von zukünftigen Telekommunikationsmissionen mitzuwirken und diese dann erfolgreich am Markt zu platzieren.

Ein wesentliches Hauptziel, dass mit dieser Studie erreicht werden sollte, war die mögliche Entwicklung neuartiger Kommunikationsinfrastrukturen. Dazu zählen leistungsfähigere Übertragungsverfahren und die Erschließung höherer Frequenzen (bis hin zum W-Band) und die quantitativere Nutzung optischer Übertragungsverfahren. Mit dieser Analyse soll der Bedarf untersucht werden und ein machbares Konzept entwickelt werden.

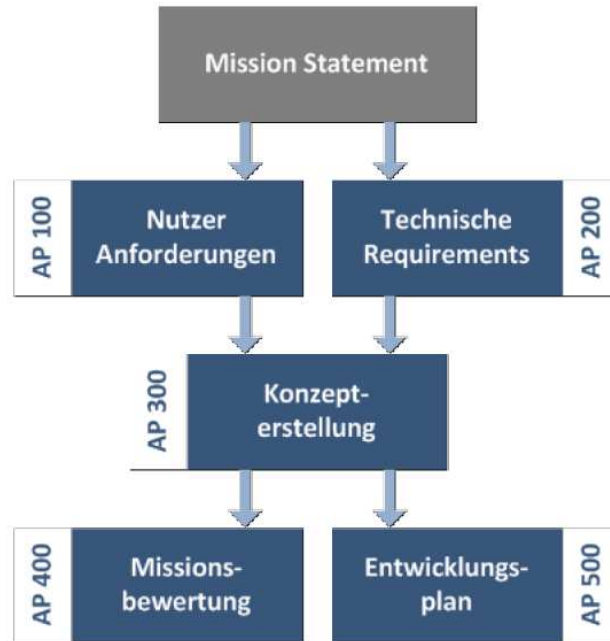


Abbildung 1-3: Studienlogik

2 STUDIE MISSIONSANALYSE SATCOM 2025

2.1 Einführung

Das DLR-Raumfahrtmanagement plant, die nächste rein nationale oder eine in internationaler Kooperation zu entwickelnde Großmission in einem transparenten, mehrstufigen Wettbewerbsverfahren auszuwählen. In diesem Zuge sollen mehrere Missionsideen in parallelen Phase-0-Studien mit einer Missionsanalyse untersucht werden. SatCom 2025 ist ein möglicher Kandidat für diese zukünftige Großmission.

Das Ziel der SatCom 2025 Mission ist einen Beitrag für die Entwicklung leistungsfähigerer Lösungen für die Satellitenkommunikation zu leisten. Dabei stehen verbesserte Übertragungsverfahren und Technologien oder auch die Erschließung neuer Funkfrequenzbereiche und die optische Kommunikation im Fokus.

Dabei ist herauszustellen, dass die zu realisierende Mission kein Selbstzweck ist. Sie muss Resultate erzeugen, welche übergeordnete gesellschaftliche Belange zufrieden stellt. Hierbei ist ein unmittelbarer Nutzen für die Menschen in Deutschland von oberster Priorität. Die Satellitenkommunikation ist zudem durch ihre Kommerzialisierung geprägt, die durch unterschiedlichste Anwendungen geschieht; diese in Deutschland voranzutreiben ist ein weiteres Ziel der Mission. Dem nachgeordnet sind die Belange der unmittelbar betroffenen Wissenschaft, Industrie und Programmatik. Weiterhin soll sie der Stärkung der Fähigkeiten und Produkte der Industrie dienen. Auf diese Weise werden wesentliche Punkte der deutschen Raumfahrtstrategie umgesetzt.

Das Ergebnis der Studie berücksichtigt dabei die Zielsetzungen im Rahmen des nationalen Programmes und der Raumfahrtstrategie und wird einen Beitrag zur kontinuierlichen Weiterentwicklung des Fachprogrammes Satellitenkommunikation leisten.

Die Studienlogik ergibt sich aus folgender Abfolge:

- Ermittlung des Status Quo“, der Trends in der Satellitenkommunikation und der Trends in der Technologieentwicklung
- Ermittlung des Bedarfs
 - Bedarfe an Technologieentwicklungen bei einer Erprobungsmission und/oder
 - Geschäftsfälle (Business Cases) bei einer kommerziellen Mission
- Daraus ergeben sich funktionale Forderungen, um die Bedarfe zu befriedigen
- Aus den funktionalen Forderungen werden technische Forderungen abgeleitet und begründet
- Aus den technischen Forderungen ergeben sich eine oder mehrere technische Lösungen z.B. eine GEO Mission mit einem oder mehreren Nutzlastansätzen

Nach Abschluss der Auswertung wurde dann eine Mission ausgewählt.

Die Missionsdefinition (mit Abschluss MDR) wurde im Rahmen der technischen Möglichkeiten sehr flexibel und weit gefasst, um einem potenziellen Betreiber/Investor den Einstieg und die Mitgestaltung des Systems in den Folgephasen zu erleichtern.

2.2 Ergebnisse

Die identifizierten Missionskonzepte sind darauf ausgerichtet, die Realisierung und den Start der Mission im Zeitrahmen von vier Jahren ab Ende einer Phase B2 zu ermöglichen. Dabei wurden die einzusetzenden Technologien auf das Erreichen eines Technologiereifegrades von TRL-6 gemäß der ISO 16920 geprüft und entsprechend ausgewählt.

Im „Mission Statement“ für die SatCom 2025 Missionsanalyse wurden Ziele und Maßnahmen definiert, die in der Missionsanalyse zu berücksichtigen sind. Tabelle 2-1 beschreibt die Umsetzung dieser Ziele und Maßnahmen.

Geforderte Ziele und Maßnahmen aus DLR Mission Statement	→ Umsetzung in Missionsanalyse
Neu- und Weiterentwicklungen von Schlüsseltechnologien zum Erhalt und Ausbau des Know-hows in der Satellitenkommunikation	
Steigerung der Kosteneffizienz, der Zuverlässigkeit und des Miniaturisierungsgrades	Nutzung eines Payload Prozessors mit modernsten Bauteilen in <20 nm Lithographieverfahren; Nutzung von ultra-kompakten Frequenzumsetzern
Erhöhung der Flexibilität in den Nutzlast-, Bus- und Bodentechnologien	Flexibilität der Nutzlast durch Kombination der Funktionalitäten von Payload Prozessor (Frequenzflexibilität, Ausleuchtungsflexibilität), von Multi-Port Amplifier (Leistungsflexibilität) und von Phased Array fed Reflector Antenna (Ausleuchtungsflexibilität)
Beachtung von Trends	HTS, Payload Prozessoren, UHD, höhere Frequenzbänder wie Q/V Band, W-Band
Weiterentwicklung der LCT-Technologie	GEO – Boden Link per LCT: TRL 6 für Ende Phase B2 möglicherweise nicht erreichbar
Durchführung von kritischen nationalen Technologieverifikationen	MIMO, aggressive frequency Reuse, Q/V Band, W-Band, payload processor
Verringerung der Abhängigkeit von ITAR-Bauteilen	Kein Schwerpunkt im Rahmen dieser Studie. Allerdings wird Entwicklung eines Digitalen Prozessors mit Europäischen Partnern angestrebt.
Aufbau der Systemfähigkeit bei Nutzlast-, Bus- und Bodentechnologien	
Setzung neuer Schwerpunkte im Bodensegment	Q/V Band Gateways mit MIMO Funktionalität, optische Vernetzung V-Band Feederlink für DTH W-Band Station für Ausbreitungsexperiment
Mitgestaltung von Standardisierung für die Satellitenkommunikation	Anwendung/Interpretation DVB-S2X, Multi-user detection Standard, MIMO Grundlagen, DTH für Ka-band
Stärkung von KMUs, Forschungsinstituten und Universitäten	Einbindung von <ul style="list-style-type: none"> - UniBW (MIMO, aggressive frequency reuse) - Uni Stuttgart (W-Band Ausbreitungsexperiment) - Fraunhofer IIS: Architectural Design Payload Processor - DLR-GSOC: Bodenkontrollsegment - Sowie einer Vielzahl von KMUs
Einbindung von Industrie und Forschung in gemeinsame Arbeitsgruppen und Projekte	Siehe Projektstruktur im Dokument Entwicklungsplan
Ausbau von Datenrelais- und Netzwerkfähigkeiten mit hohen Datenraten	
Entwicklung von neuen Übertragungsverfahren und Protokollen	s. MIMO, aggressive frequency reuse, Ka-band DTH

Geforderte Ziele und Maßnahmen aus DLR Mission Statement	→ Umsetzung in Missionsanalyse
Vernetzung und Standardisierung von Satelliten- und terrestrischen Kommunikationssystemen	Netzwerkmanagement Netzwerkinterface zu großen Internetknotenpunkten DECIX, ECIX Standardisierung durch Anwendung/Interpretation DVB-S2X Standard
Entwicklung integrierter Anwendungen der nächsten Generation	
Erschließung von integrierten Satellitendiensten für neue Nutzergruppen	Breitbanddienste zur Schließung der Versorgungslücke in D Ausbau DTH im Ka-Band für UHD / 4K
Umsetzung einer interdisziplinären Satellitenmission	W-Band Ausbreitungsexperiment Breitbanddienste einsetzbar für Dienste im Bereich Medizin, Ausbildung/Schulung, etc.
Entwicklung von Technologien zum Schutz von Infrastrukturen	Back-up Telekommunikation für behördliche Dienste in Notfällen
Ermöglichung von Übertragungen sehr hoher Datenmengen	Durch Nutzung MIMO / Q/V Band

Tabelle 2-1: Umsetzung von Zielen und Maßnahmen

Das ausgewählte Missionskonzept basiert auf einem geostationären Satelliten mit einer technologisch anspruchsvollen Nutzlast, womit die Fähigkeiten bei Entwicklung und Bau komplexer Raumfahrtkommunikationssysteme in Deutschland konsequent gefestigt und vertieft werden können. Die vorgesehenen Technologien erlauben die Beteiligung eines weiten Spektrums von deutschen Industriepartnern, Instituten und universitären Forschungseinrichtungen.

Wesentliche zukunftsweisende Systemfähigkeiten umfassen:

- Übertragung sehr hoher Datenraten für Anwendungen im privaten und geschäftlichen Sektor im Sinne eines High-Throughput-Satelliten (HTS) um den stetig wachsenden Bandbreitebedarf zu befriedigen
- Äußerst hoher Grad an Flexibilität, um sich auf über die Betriebslebensdauer ändernde Anforderungen einzustellen,
- Signalregeneration und digitale Signalverarbeitung an Bord des Satelliten zur Effizienzsteigerung, Erhöhung der Flexibilität und Unterstützung möglichst vieler Netztopologien.

Abhängig vom jeweiligen Nutzungsszenario werden für das Missionskonzept insgesamt drei unterschiedliche Nutzlasten vorgeschlagen:

- 1. Breitbandnutzlast für Nutzer im Ka-Band¹, Gateways in Q/V-Band² und optionalem optischem Gateway**
- 2. Rundfunknutzlast für Fernsehverteildienste im Ka-Band³ mit Feeder Link im V-Band⁴**
- 3. W-Band⁵ Ausbreitungsexperiment**

¹ Ka-Band FSS: Aufwärtsstrecke: 27.5 - 30.0 GHz, Abwärtsstrecke: 17.3 - 20.2 GHz

² Aufwärtsstrecke V-Band: 47.2 – 49.2 GHz, Abwärtsstrecke Q-Band: 37.5 - 39.5 GHz

³ Ka-Band BSS: Abwärtsstrecke: 21.4 – 22.0 GHz

⁴ V-Band Feeder Link: Aufwärtsstrecke: 50.4 - 51.0 GHz

⁵ W-Band: Aufwärtsstrecke: 81 - 86 GHz, Abwärtsstrecke: 71 - 76 GHz

Die **Breitbandnutzlast** dient vornehmlich der Versorgung von privaten, behördlichen und geschäftlichen Nutzern in Deutschland mit sehr hohen Datenraten. Hierbei sollten vor allem benachteiligte Nutzergruppen profitieren. Dabei wird ein preislich wettbewerbsfähiger Durchsatz durch Einsatz von innovativen aber robusten Technologien angestrebt.

Weitere spezielle Anwendungen umfassen z.B.:

- Video-On-Demand (nichtlineares Fernsehen)
- Katastrophen- und Notfallkommunikation
- Telemedizin
- Mobile Kommunikation (am Boden, auf See, in der Luft)
- Back-bone für Mobilfunk (4G/5G)
- Back-bone für Internet of Things (IoT)
- Direkte Anbindung von IoT Nutzern (über Spread-Spectrum Verfahren wie DS-CDMA⁶ o. ä.)
- Geschlossene und sichere Netzverbindungen (z. B. für Firmen und Behörden)

Für alle Nutzungen sind die Wirtschaftlichkeit in Bezug auf Nutzerterminals und Anzahl der Gateway-Stationen wesentliche Treiber bei der Systemauslegung.

Zur Umsetzung der Anforderungen sind im Missionskonzept etliche fortschrittliche Technologien vorgesehen:

- Moderne Payload Prozessoren (Regenerativer Prozessor, mit Beam Forming Funktionalität)
- MIMO⁷ Konzept für Gateway Links für optimalen Datendurchsatz und Verfügbarkeit
- Moderner Antennenkonzepte (Array Fed Reflector)
- Aggressive frequency Re-use für User Links
- Q/V-Band Anwendung für RF Gateways
- Nutzung von Gateway Diversity für optimale Verfügbarkeit
- Optionale optische Verbindung für Gateway

Sämtliche vorgeschlagenen Technologien wurden auf ihren Reifegrad hin überprüft und sind bei entsprechender Vorentwicklung auch im vorgesehenen Zeithorizont einsetzbar.

⁶ Direct Sequence – Code Division Multiple Access

⁷ Multiple Input Multiple Output

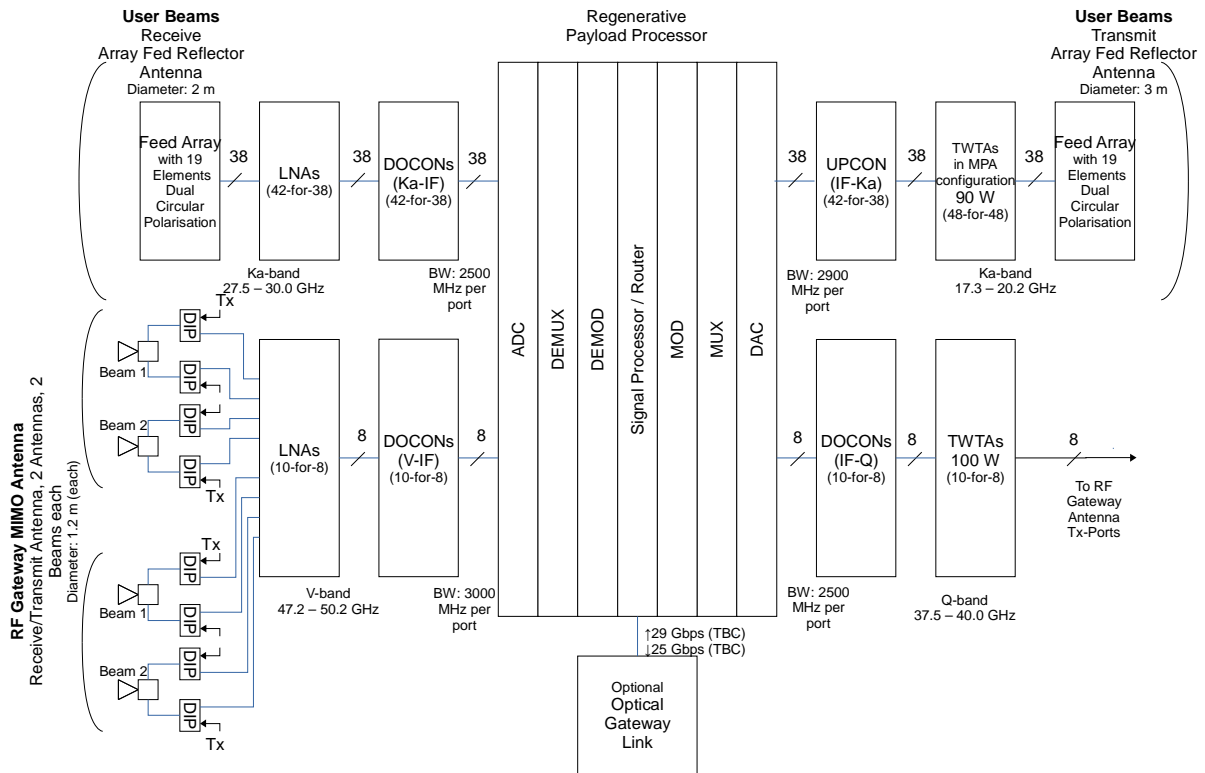


Abbildung 2-1: Breitbandnutzlast - Blockschaltbild

Mit der **Rundfunknutzlast** ist vorgesehen, TV-Sendungen mit Hilfe von DVB-S2X, DVB-SNG (Satellite News Gathering) direkte Verbindung zum Endbenutzer (Direct-to-Home TV) bereitzustellen. Das Nutzlastkonzept entspricht einer Standardnutzlast für Rundfunkdienste, welche mit der Besonderheit der Verwendung des Ka-Bandes anstatt des bisher üblichen Ku-Bandes realisiert wird. Damit soll privaten und öffentlichen Rundfunksendern und Multimediadienstleistern die Möglichkeit gegeben werden, das noch relativ wenig benutzte Band für neue Dienste zu verwenden, z.B. in Kombination mit nichtlinearem TV.

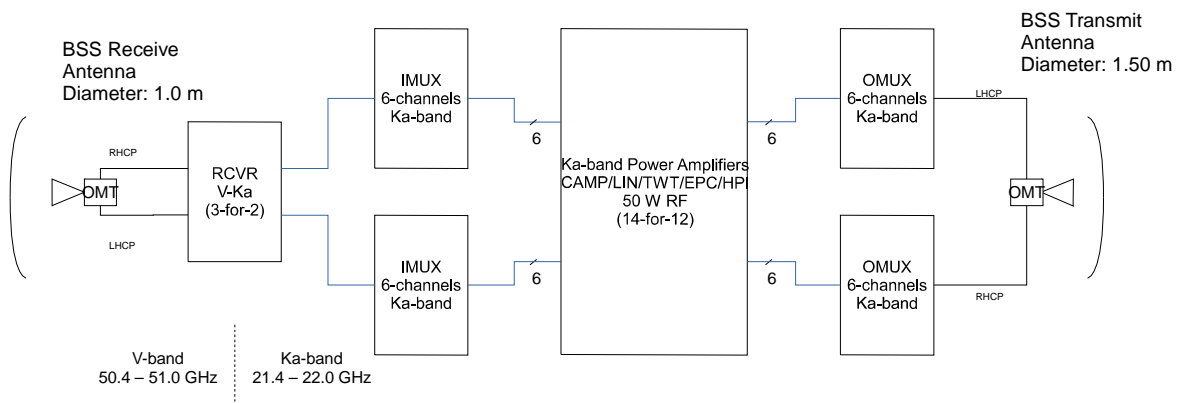


Abbildung 2-2: Rundfunknutzlast - Blockschaltbild

Eine dritte Nutzlast besteht aus einem **W-Band Ausbreitungsexperiment**, um die Ausbreitungseffekte im W-Band durch die Verwendung von dedizierten Empfangsantennen zu messen. Derzeit ist beispielsweise kein Wissen über das genaue Verhalten der Atmosphäre hinsichtlich der Wellenausbreitung, vor allem der Dämpfung, in diesem Frequenzbereich bekannt.

Das W-Band besitzt ein großes Potential für die zukünftige Satellitenkommunikation. Durch Hinzufügen des W-Bandes zu den Q/V-Band-Verbindungen wird es ermöglicht die Anzahl von Gateways für zukünftige HTS-Systeme zu halbieren. Angesichts der hohen Entwicklungs- und Betriebskosten solcher Gateways könnte dies zu einer erheblichen Reduzierung der Gesamtsystemkosten führen. Mit dem W-Band Experiment besteht die seltene Möglichkeit, eine mindestens europaweite, wenn nicht gar weltweite Vorreiterrolle einzunehmen und so eine mögliche Wertschöpfung in und für Deutschland aufbauen und generieren zu können.

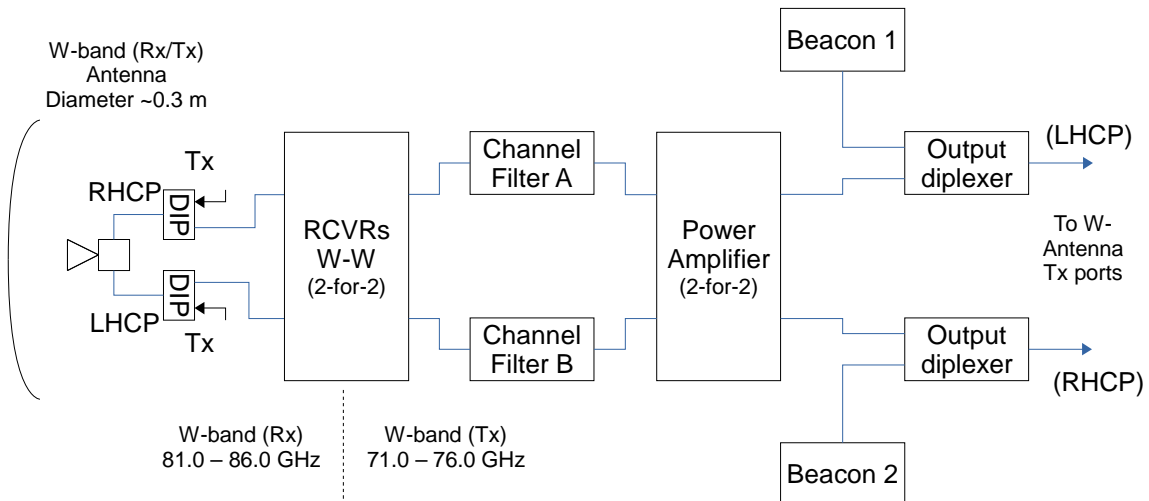


Abbildung 2-3: W-Band Ausbreitungsexperiment - Blockschaltbild

2.3 Risikobetrachtung

Im Rahmen der Studie wurde eine erste Risikobetrachtung gemacht aus der insgesamt beherrschbare **Risiken** als Ergebnis hervorgingen.

Wie in jedem neuem Projekt der Satellitenkommunikation sind die Beschaffung notwendiger **Übertragungsressourcen** (Frequenzbänder) kritisch. Die Erlangung entsprechender Rechte ist daher mit sehr hohem Risiko verbunden, da z.B. Ansprüche 7 Jahre nach Anmeldung des Systems wieder komplett verfallen. Dieses Risiko kann durch frühzeitige sorgfältige Planung und strenge Einhaltung des Projektzeitplans aber auf ein Minimum reduziert werden. Das vorgeschlagene Missionskonzept trägt diesem Umstand schon Rechnung, indem die sehr schwierig zu bekommenden Frequenzrechte im Ku- oder C-Band nicht verwendet werden.

Höhere Risiken liegen außerdem in einigen **Technologiebereichen** z.B. bei der Entwicklung von Systemkonzept, dazugehöriger Software und Algorithmen. Weitere kritische Bereiche mit höheren Risiken sind das Netzwerkmanagement und ggf. je nach Anforderung im Bereich IT-Sicherheit.

Auch die Entwicklung eines **Laser Terminals (GEO-Boden)** gehört zu den riskanten Technologien, die ggf. im geforderten Zeitrahmen nicht umgesetzt werden können.

Alle Technologieentwicklungen sollten daher in einer Folgephase A/B1 noch einmal auf den Prüfstand, um sicher zu stellen, dass eine erfolgreiche Entwicklung und fristgerechte Qualifizierung für den Einsatz in einer Mission 2025 bereit stehen. Dabei sind auch finanzielle Aspekte zu beachten, um die Wirtschaftlichkeit der Mission nicht zu gefährden. Im negativen Fall sollten, wo möglich, alternative Technologien verwendet werden. Dann wird eine Lösung mit eventuell weniger performanten nachrichtentechnischen Eigenschaften umgesetzt, z.B. ein robuster RF-link anstelle eines Laserlinks.

Weiterhin gibt es nicht zu unterschätzende Risiken im programmatischen Bereich insbesondere bei **Finanzierung und Zeitplanung**.

Um finanzielle Risiken zu reduzieren, könnte die Kostenlast auf mehrere Partner verteilt werden. Das vorgeschlagene Missionskonzept lässt schon in der jetzigen Form die **Vermarktung von vielen Diensten** zu, was die Attraktivität der **Beteiligung für kommerzielle Betreiber** stark erhöht.

Zur Reduktion der Risiken bei der Zeitplanung wird eine Abweichung vom Phasenablauf nach ECSS vorgeschlagen was insgesamt zu einer **kürzeren Implementierungszeit** führt.

3 UMSETZUNG MISSION SATCOM 2025

3.1 Finanzrahmen und Betrieb

Die Gesamtkosten für die vorgeschlagene Mission hängen sehr stark von der technischen Konfiguration und den verwendeten Technologien ab und bewegen sich in einem Rahmen von etwa 300 Mio.€ mit einer Unsicherheit von ca. 20 %, wobei die Kosten für Entwicklungen und Qualifikationen separat zu berücksichtigen wären. Einige Kostenelemente wie z. B. die Startkosten könnten in Zukunft eher kleiner werden, vor allem wenn die Anbieter von Falcon und Ariane im benötigten Zeitraum Starts zu sehr guten Konditionen anbieten. Auch spielt die zunehmende Industrialisierung bei Raumfahrtprojekten eine große Rolle und kann kostensenkend wirken. In der Folgephase A/B1 sollten alle Kostenfaktoren daher sorgfältig untersucht werden, um vor Beginn der Implementierungsphase ein sehr genaues Bild über den Kostenrahmen und damit den gesamten Finanzierungsbedarf zu bekommen.

Eine Finanzierung allein über öffentliche Gelder aus dem Etat des DLR/BMWi ist sicher möglich aber ggf. nicht unbedingt notwendig. Da das vorgeschlagene Missionskonzept zum großen Teil (Ausnahme W-Band Experiment) auf eine kommerzielle Nutzung zielt, bietet sich eine Ko-Finanzierung durch einen Investor an, der an der Vermarktung der Dienste interessiert ist. Eine wichtige Aufgabe während der Phase A/B1 ist die Suche nach einem privaten Investor und das Einbringen seiner Bedürfnisse und Wünsche ins Gesamtkonzept (ggf. Anpassungen der funktionalen Anforderungen).

Geht man davon aus, dass die Dienste beispielsweise durch einen nationalen Anbieter vermarktet würden, der auch schon Verantwortung in der Finanzierungsphase übernimmt, könnte eine Partnerschaft unterschiedlich ausgestaltet werden.

1. DLR bleibt in der Systemführung und überlässt nach Betriebsbeginn dem Partner die Vermarktung und den Betrieb für die Kommunikationsdienste.
2. Der Partner übernimmt eine führende Rolle und DLR bringt als kleinerer Partner insbesondere Interessen in der Technologieentwicklung und bei Experimenten ein.
3. Der Partner übernimmt das Gesamtprojekt und DLR sichert sich entsprechende Ressourcen an einer Hosted Payload für eigene Zwecke.

Damit ergeben sich dann verschiedenste Finanzierungs- und Betreibermodelle wie etwa Mischformen aus Eigen- und Fremdkapital, öffentliche Förderung oder Bürgschaften, Beteiligungen aus anderen Ministerien etc., die noch im Einzelnen in der Folgephase zu untersuchen sind.

3.2 Zeitplan

Sobald ein privater Investor mit überwiegend kommerziellen Interessen als Partner auftritt, werden der Zeitplan und dessen Einhaltung für die Umsetzung des Projekts extrem kritisch, um den wirtschaftlichen Erfolg zu sichern.

Um diese Kritikalität zu würdigen wird im Rahmen dieser Studie ein sogenannter „**alternativer Zeitplan**“ vorgeschlagen, der von den klassischen ECSS Anforderungen abweicht, und sich an Zeitplanungen und Vorgaben typischer kommerzieller Projekt anlehnt (s. Abbildung 3-1). Dieser Zeitplan sieht eine **Kombination von Phase B2 mit C/D** vor, womit die Gesamtdauer des Zeitraums B2 + C/D von 5,75 Jahren (1,25 + 0,5 + 4 Jahre) auf B2/C/D von 5 Jahren reduziert wird, also unter dem Strich eine Verkürzung von 9 Monaten.

Die Phase A/B1 wird mit dem Einfrieren der Systemanforderungen abgeschlossen. Damit liegt die kundenseitige Spezifikation vor und es kann mit dem Bau des Systems begonnen werden. Die Folgephase B2/C/D umfasst dann die technische Auslegung, Integration und Test und schließt mit der Inbetriebnahme des Satelliten in Orbit bzw. des Gesamtsystems ab.

Die wesentlichen Verbesserungen im Vergleich zu einem Zeitplan gemäß ECSS sind:

- Ermöglicht einen 6 Monate früheren Starttermin (Launch)
- Erlaubt einen um 3 Monaten verspäteten Start mit Phase A
- Erlaubt verlängerten Zeitraum für Gerätefertigung, bzw. Systemintegration (contingency), da die Bestellung der Geräte bereits mit Phase B2 erfolgen kann.
- Erlaubt eine um 2 Jahre (!) frühere Frequenzanmeldung / ITU Filing, was zu einer deutlichen verbesserten Koordinierungssituation führt.

Es ist absehbar, dass die Erfolgsaussichten für die Umsetzung der Mission in Zusammenarbeit mit einem privaten Investor unter der Maßgabe eines planbaren, einstufigen Beschaffungsprozesses deutlich höher sind als mit einem Zeitrahmen gemäß ECSS. Es wird dem DLR RfM daher dringend empfohlen, diese Alternative in Erwägung zu ziehen. Die endgültige Entscheidung darüber kann nach Abschluss der Phase A/B1 getroffen werden.

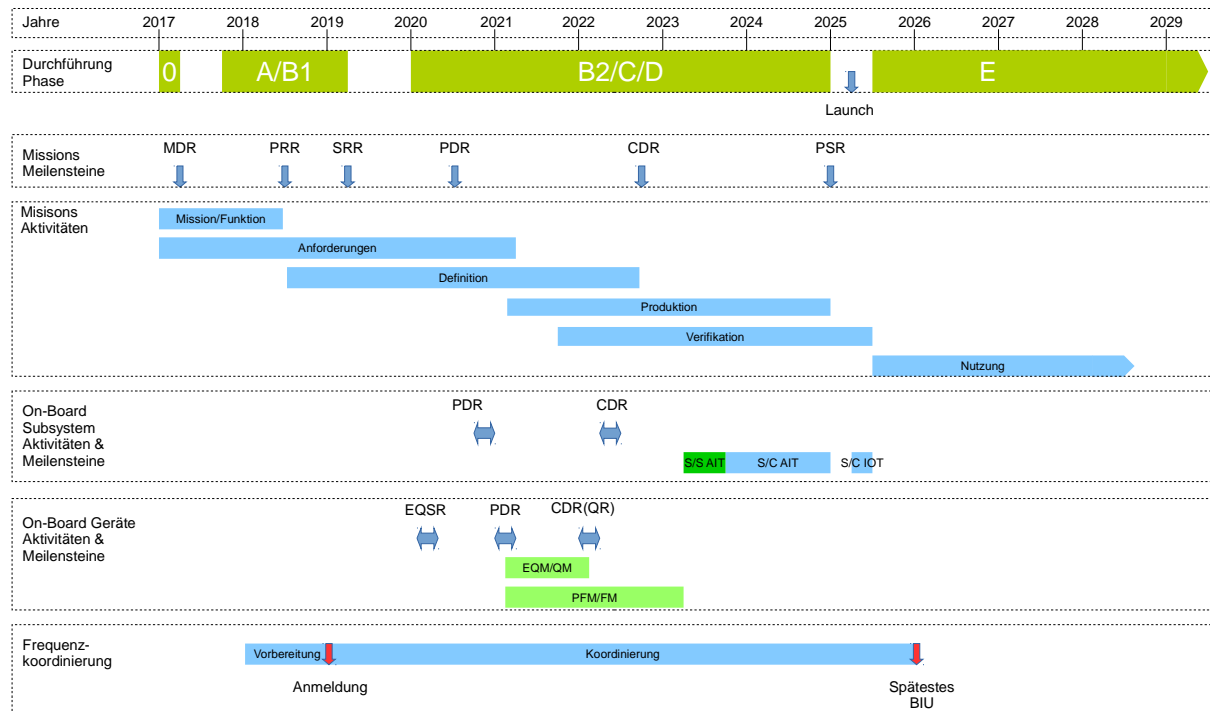


Abbildung 3-1: SatCom 2025 – Top-Level Zeitplan (alternativ zu ECSS)

4 BEWERTUNG UND EMPFEHLUNG

Die Phase 0 Studie zur Großmission SatCom 2025 wurde unter Beteiligung von vielen kompetenten Partnern aus der herstellenden Industrie, Instituten aus Forschung und Entwicklung sowie Technologiedienstleistern im Zeitraum Dezember 2016 bis Mai 2017 durchgeführt.

Die wesentlichen Studienziele konnten durch die Definition einer geeigneten Mission auf der Basis eines geostationären Satelliten voll umfänglich erreicht werden. Die vorgeschlagenen Nutzlasten vereinen sowohl technisches Neuland bzw. anspruchsvolle Weiterentwicklungen als auch übergeordneten Nutzen für die Gesellschaft sei es durch die Hebelwirkung der Entwicklungen in zukünftigen Produkten oder die direkte Nutzbarkeit der Dienste. Technologische Risiken wurden identifiziert, bewertet und als beherrschbar eingestuft.

Abhängig vom jeweiligen Nutzungsszenario werden für das Missionskonzept insgesamt **drei unterschiedliche Nutzlasten** vorgeschlagen:

1. Breitbandnutzlast für Nutzer im Ka-Band, Gateways in Q/V-Band und optionalem optischem Gateway
2. Rundfunknutzlast für Fernseherteildienste im Ka-Band mit Feeder Link im V-Band
3. W-Band Ausbreitungsexperiment

Wesentliche **zukunftsweisende Systemfähigkeiten** umfassen:

- Übertragung sehr hoher Datenraten für Anwendungen im privaten und geschäftlichen Sektor im Sinne eines High-Throughput-Satelliten (HTS) um den stetig wachsenden Bandbreitebedarf zu befriedigen
- Äußerst hoher Grad an Flexibilität, um sich auf über die Betriebslebensdauer ändernde Anforderungen einzustellen,
- Signalregeneration und digitale Signalverarbeitung an Bord des Satelliten zur Effizienzsteigerung, Erhöhung der Flexibilität und Unterstützung möglichst vieler Netztopologien.

Zur Realisierung des Projektes in den Folgephasen werden zwei wichtige Maßnahmen vorgeschlagen, um die wesentlichen **Risiken** im Bereich der Finanzierung und der Zeitplanung zu **reduzieren**.

- Partnerschaft mit einem Investor/Betreiber zur Kostenteilung: Der Partner sollte dabei insbesondere die Rolle des Betreibers für die Kommunikationsanwendungen und die kommerzielle Nutzung des Systems übernehmen. Damit erreicht die Mission **doppelten Nutzen**:

- Förderung neuer Technologien und
- Praktische Nutzung der Kommunikationsdienste im Alltagsbetrieb

- Straffere Zeitplanung durch Zusammenlegen von Phasen bei der Systemauslegung und Beschaffung: Damit kann nach Festlegung der Systemanforderungen direkt in die Realisierungsphase gegangen werden, was den Zeitplan sichert und insgesamt die Implementierungszeit (time to market) verkürzt.

Berichtsblatt

1. ISBN oder ISSN	2. Berichtsart (Schlussbericht oder Veröffentlichung) Schlussbericht
3. Titel SatCom 2025 Schlussbericht	
4. Autor(en) [Name(n), Vorname(n)] Claus, Hartmut / Schuff, Herbert	5. Abschlussdatum des Vorhabens 15.07.2017
	6. Veröffentlichungsdatum 11.06.2018
	7. Form der Publikation Dokument
8. Durchführende Institution(en) (Name, Adresse) OHB System AG Universitätsallee 27-29 D-28359 Bremen	9. Ber. Nr. Durchführende Institution TC-SYS-OHB-RP-0008
	10. Förderkennzeichen 50YB1638
	11. Seitenzahl 18
12. Fördernde Institution (Name, Adresse) Raumfahrtmanagement des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt e.V. Königswinterer Str. 522-524 53227 Bonn	13. Literaturangaben 0
	14. Tabellen 1
	15. Abbildungen 7
16. Zusätzliche Angaben keine	
17. Vorgelegt bei (Titel, Ort, Datum)	
18. Kurzfassung In diesem Zuge der Planung für eine nächste rein nationale oder eine in internationaler Kooperation zu entwickelnde Großmission, sollten mehrere Missionsideen in parallelen Phase-0-Studien mit einer Missionsanalyse untersucht werden. SatCom 2025 ist ein möglicher Kandidat für diese zukünftige Großmission. OHB System AG bot dieses Vorhaben als Hauptauftragnehmer und System-Verantwortlicher mit weiteren Teilnehmern in einem Projektteam an. Das Team aus den herausragenden wissenschaftlichen Kapazitäten in Deutschland und den erfahrenen Raumfahrtfirmen möchte sein großes Interesse an der ausgeschriebenen Studie betonen. Diese Studie zeigt auf, wie die Erwartungen des DLR Raumfahrtmanagements an die Phase 0 des Projekts SatCom 2025 bestmöglich erfüllt werden können.	
19. Schlagwörter SatCom 2025, Großmission, Satellitenkommunikation, Breitbandnutzlast, Rundfunknutzlast, Ka-Band mit Feeder Link im V-Band, W-Band Ausbreitungsexperiment, Gateways in Q/V-Band, High-Throughput-Satelliten (HTS), Internet of Things, Geostationäre Satelliten.	
20. Verlag	21. Preis

Document Control Sheet

1. ISBN or ISSN	2. type of document (e.g. report, publication) Final Report
3. title SatCom 2025 Final Report	
4. author(s) (family name, first name(s)) Claus, Hartmut / Schuff, Herbert	5. end of project 2017-07-15
	6. publication date 2018-06-11
	7. form of publication Document
8. performing organization(s) (name, address) OHB System AG Universitätsallee 27-29 / D-28359 Bremen	9. originator's report no. DCE-OHB-RP-0003
	10. reference no. 50YB1638
	11. no. of pages 18
12. sponsoring agency (name, address) Raumfahrtmanagement des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt e.V. Königswinterer Str. 522-524 53227 Bonn	13. no. of references 0
	14. no. of tables 1
	15. no. of figures 7
16. supplementary notes none	
17. presented at (title, place, date)	
18. abstract In course of planning for a next national mission or a major mission to be developed in international cooperation, several mission ideas has been investigated in parallel as phase 0 studies including a mission analysis. SatCom 2025 is a potential candidate for this future major mission. OHB System AG offered this project as the prime contractor and system manager together with additional participants in a project team. The team consisting of the outstanding scientific experts from Germany and the experienced aerospace companies would like to emphasize its great interest in the tendered study. This study shows how the expectations of the DLR Raumfahrtmanagements can be met in the best possible way for the SatCom 2025 project.	
19. keywords SatCom 2025, large mission, satellite communications, broadband payload, broadcast payload, Ka-band with feeder link in V-band, W-band propagation experiment, Q/V-band gateways, high throughput (HTS) satellites, Internet of Things, geostationary satellites	
20. publisher	21. price