

# **Leistungsbeschreibung**

**Satellitenprojekt: IT-Entwicklung und  
missionsbezogene Beratungsleistungen**

**- über 2 Lose -**

**Vergabe Nr.: OV-080-26**

Auftraggeberin:  
Technische Universität Berlin, Die Präsidentin  
Straße des 17. Juni 135  
10623 Berlin

## Inhaltsverzeichnis

1	Kurzbeschreibung der Leistung – über alle LOSE.....	3
2	Leistungsbeschreibung – über alle LOSE .....	4
2.1	Los 1 Bodenstationssoftware .....	4
2.1.1	Vertragsgrundlage .....	4
2.1.2	Hintergrund und Zielsetzung .....	4
2.1.3	Leistungsbeschreibung .....	5
2.1.4	Technische Anforderungen.....	10
2.1.5	Leistungsteam des Auftragnehmers.....	11
2.1.6	Meilensteinplan .....	12
2.1.7	Zahlungsplan .....	12
2.1.8	Höchstpreis .....	12
2.1.9	Leistungsort .....	12
2.1.10	Einzureichende Unterlagen .....	13
2.1.11	Zuschlagskriterium und Gewichtung .....	14
2.2	Los 2 – Beratung Missionskonzept + Nutzlast .....	15
2.2.1	Hintergrund und Zielsetzung .....	15
2.2.2	Leistungsbeschreibung .....	15
2.2.3	Leistungsteam des Auftragnehmers.....	21
2.2.4	Meilensteinplan .....	22
2.2.5	Zahlungsplan .....	22
2.2.6	Höchstpreis .....	22
2.2.7	Leistungsort .....	23
2.2.8	Einzureichende Unterlagen .....	23
2.2.9	Zuschlagskriterium und Gewichtung .....	24

## 1 KURZBESCHREIBUNG DER LEISTUNG – ÜBER ALLE LOSE

Die Technische Universität Berlin (TU Berlin, nachfolgend Auftraggeberin – AG) beabsichtigt im Rahmen der In-Orbit-Demonstrationsmission **RACCOON IOD** (Robust And seCure post quantum COmmunication fOr critical iNfrastructure) die Beschaffung von Teilleistungen zur Realisierung des Projektes.

Dabei werden während der Projektzeit innerhalb von 24 Monaten vier Kleinsatelliten (3U-Cubesats, 3 Flight-Models (FMs), 1 Flight-Spare (FS)) entwickelt, gebaut und sollen in den niedrigen Erdbit gestartet werden. Danach folgt eine Missionszeit von 12 Monaten im Orbit.

Die Mission baut auf der Vorgängermission RACCOON PoC auf, in der ein Demonstrator für eine wissenschaftliche Nutzlast entwickelt wurde. Diese Nutzlast dient der Erprobung eines **Cognitive-Radio-Konzepts** für robuste und sichere Satellitenkommunikation. Zudem wurde mit **RACCOON OS** ein quelloffenes Betriebssystem für Kleinsatelliten entwickelt, das aktuelle Cybersecurity-Anforderungen erfüllt und relevante CCSDS-Standards implementiert.

Ziel der RACCOON IOD-Mission und damit Bestandteil dieser Ausschreibung ist die Triangulation von Funksignalen im Orbit mittels einer **Formation aus drei Cubesats**. Die Satelliten müssen Signale aufnehmen können, deren Auswertung am Boden mithilfe geeigneter Algorithmen eine **Geolokalisierung der Signalquellen** ermöglicht. Die Möglichkeit des Startes eines vierten Cubesats in der Formation wird in Phase 1 (Mai 2026 bis März 2027) des Projektes überprüft und soll ggf. umgesetzt werden. Zusätzlich wird das in der PoC-Mission entwickelte RACCOON OS im Orbit eingesetzt, getestet und weiterentwickelt. Auch der in der PoC-Phase entwickelte **intelligente Transceiver** wird an Bord der Satelliten betrieben, um eine robuste und sichere Satellitenkommunikation zu demonstrieren.

Zu Erreichung der Projektziele wird eine Dienstleistung ausgeschrieben, die zur Weiterentwicklung einer Bodenstationssoftware und zur Beratung für das Missionskonzept und der Nutzlast dient.

Die genauen Inhalte und technischen Mindestanforderungen werden in den nachfolgenden Losbeschreibungen definiert:

- Los 1: Bodenstationssoftware
- Los 2: Beratung Missionskonzept + Nutzlast

Jede/r Bieter\*in (kurz: der Bieter) kann ein Angebot **auf ein, mehrere oder alle Lose abgeben**, eine Loslimitierung gibt es nicht.

## 2 LEISTUNGSBESCHREIBUNG – ÜBER ALLE LOSE

Nachfolgend werden die Mindestkriterien (MK) mit den geforderten Bestandteilen und Parametern der zu beschaffenden Leistungen je Los beschrieben sowie detailliert auf die Aufgabenbeschreibung eingegangen, die mit dem Angebot zu erfüllen sind. Nicht erfüllte Anforderungen führen zum Ausschluss des jeweiligen Angebots.

Die vereinbarten Leistungs- und Lieferfristen sind verbindlich. Liefer- und Leistungsverzögerungen sind der TU Berlin unverzüglich anzuzeigen. Dies gilt dann, wenn es auf Grund von erheblichen und unvorhersehbaren Umständen politischen und/oder wirtschaftlichen Ausmaßes, zu Lieferengpässen bzw. Störungen in den Lieferketten kommt, die nicht im Verantwortungsbereich des Auftragnehmers liegen. Mit der zeitnahen Unterrichtung der TU Berlin hierüber sind auch die zu diesem Zeitpunkt voraussichtlichen Lieferzeiten mitzuteilen.

### 2.1 LOS 1 BODENSTATIONSSOFTWARE

Nachfolgend sind die Mindestanforderungen für das LOS 1 angegeben.

#### 2.1.1 Vertragsgrundlage

Die Leistung wird auf Grundlage des EVB-IT Systemvertrags vergeben. Der EVB-IT Systemvertrag ist Bestandteil der Vergabeunterlagen und grundsätzlich verbindlich anzuwenden. Abweichungen hiervon sind nur in begründeten Ausnahmefällen zulässig. In diesem Fall hat der Bieter im Angebot eine nachvollziehbare und umfassende Begründung vorzulegen, aus der sich ergibt, warum eine Anwendung des EVB-IT Systemvertrags im konkreten Fall nicht möglich ist.

#### 2.1.2 Hintergrund und Zielsetzung

Gegenstand dieses Loses ist die Weiterentwicklung der bestehenden Open-Source-Bodenstationssoftware **Yamcs** zur Unterstützung standardisierter Raumfahrtprotokolle gemäß ECSS und CCSDS sowie die Erstellung eines allgemein anwendbaren Betriebskonzeptes.

Im Fokus stehen:

- die Implementierung und Erweiterung von **ECSS PUS Services**
- die Anpassung der Benutzeroberfläche und API
- die Erstellung eines **betrieblichen Gesamtkonzepts (Concept of Operations)**

Ziel ist ein **voll funktionsfähiges Open-Source-Bodensegment**, das für Einzelmissionen und Konstellationen einsetzbar ist.

Voraussetzung ist, dass der Auftragnehmer (AN) über **nachweisbare Erfahrung mit Yamcs** verfügt und die bestehende Softwarebasis weiterentwickelt.

**Alle Dokumente ff. sind in englischer Sprache als PDF anzufertigen und müssen mindestens fünf Seiten umfassen.**

### 2.1.3 Leistungsbeschreibung

Das Projekt ist in zwei Phasen unterteilt:

#### **Phase 1 „Mission Design“ (voraussichtlich 06.07.2026<sup>1</sup>– 28.02.2027)**

In dieser Phase müssen folgende Arbeitspakete bearbeitet werden:

- Leistungsblock 1: Time-based & Position-based Scheduled Commands
- Leistungsblock 2: Parameter Management Service
- Leistungsblock 3: Housekeeping Service

#### **Phase 2 „AIV & Operations“ (optionale Erweiterung) (voraussichtlich 01.03.2027– 28.02.2028)**

In dieser Phase erfolgt das vierte Arbeitspaket:

Leistungsblock 4: Concept of Operations

**Phase 2 ist eine optionale Erweiterungsoption, diese wird im Verlauf von Phase 1 beantragt und voraussichtlich Anfang 2027 bewilligt. Diese optionale Leistung ist vom Bieter verbindlich mitanzubieten. Der AN erhält über die Entscheidung, ob diese optionale Verlängerungsoption zusätzlich beauftragt wird, bis spätestens 28.02.2027 Bescheid.**

#### **Leistungsblock 1: Time-based & Position-based Scheduled Commands**

Im Rahmen dieses Leistungsblocks übernimmt der AN die Erweiterung der bestehenden Bodenstationssoftware **Yamcs** um grundlegende Unterstützung für **zeitbasierte und positionsbasierte geplante Kommandos** gemäß **ECSS PUS ST[11]** bzw. **PUS ST[12]**. Ziel ist die Bereitstellung einer Funktionalität, mit der Operatoren zeitlich oder orbital referenzierte Kommandos planen, an Bord eintragen und über die Benutzeroberfläche sowie über die API verwalten können.

- **Aufgabenumfang des AN**

---

<sup>1</sup> Der Leistungsbeginn richtet sich nach dem Datum des Zuschlags. Ggf. kann der Zuschlag bereits früher erteilt werden, dann hat ist der Leistungsbeginn von dem AN zeitnah umzusetzen in Absprache mit der AG.

- Erweiterung des bestehenden **PUS Command Post-Processors** in Yamcs um zusätzliche Kommandoattribute für geplante Kommandos.
- Implementierung und Verarbeitung der folgenden Attribute für **zeitbasierte Kommandos**:
  - On-board Release Time
  - Sub-schedule ID
  - Group
- Implementierung und Verarbeitung der folgenden Attribute für **positionsbasierte Kommandos**:
  - Orbit Number
  - Angle
  - Sub-schedule ID
  - Group
- Automatische Einbettung regulärer Kommandos in ein **PUS(11,4)-** bzw. **PUS(12,4)-** Kommando, sofern die entsprechenden Attribute gesetzt sind.
- Erweiterung der Bedienoberfläche in **yamcs-web**, sodass Operatoren diese Attribute beim Versand regulärer Kommandos setzen können.
- Erweiterung der **Python API**, sodass dieselben Funktionen auch skriptbasiert genutzt werden können.
- Veröffentlichung der **Request ID** als zusätzliche Spalte in der Kommandohistorie zur späteren Identifikation des geplanten Kommandos im Bordzeitplan.
- Anpassung eines geeigneten Beispiels im **Yamcs Simulator** zur Demonstration der neu implementierten Fähigkeiten.
- Bereitstellung von Unit- und Integrationstests für die entwickelte Funktionalität.

### Ergebnisse

- Operatoren müssen zeitlich bzw. positionsbasiert geplante Telecommands erzeugen können und in Bordzeitpläne eintragen.
- Dieselben Funktionen stehen sowohl über **yamcs-web** als auch über die **Python API** zur Verfügung.
- Die Funktionalität ist im Simulator demonstriert und getestet.

## Leistungsblock 2: Parameter Management Service

Im Rahmen dieses Leistungsblocks übernimmt der AN die Implementierung der vollständigen Unterstützung des **ECSS PUS Parameter Management Service ST[20]** in Yamcs. Ziel ist die Bereitstellung einer **generischen XTCE-basierten Implementierung** für das Lesen und Schreiben von Parametern über standardisierte Telecommands und Telemetrie, einschließlich der Unterstützung unterschiedlicher Parametertypen und Mehrfachoperationen.

### Aufgabenumfang des AN

- Entwicklung einer **generischen XTCE-Implementierung** der im Standard vorgesehenen Telecommands und Telemetrie für den Parameter Management Service ST[20].
- Implementierung von Funktionen für:
  - **Single Get**
  - **Multi Get**
  - **Single Set**
  - **Multi Set**
- Unterstützung von Parametern unterschiedlicher Typen und Encodings, insbesondere:
  - Integer
  - Float
  - String
- Umsetzung einer Logik, bei der der Operator **nicht manuell den Parametertyp auswählen muss**, sondern die Implementierung die korrekte Typbehandlung automatisch unterstützt.
- Umsetzung indirekter Parameterreferenzierung zur Zuordnung zwischen gesendeten Telecommands und den zugehörigen Antwortparametern.
- Untersuchung und ggf. Erweiterung der XTCE-Modellierung, soweit für die Unterstützung von „single set“ bzw. „multi set“ erforderlich.
- Ergänzung und Anpassung der Benutzeroberfläche in **yamcs-web**, soweit dies für die Nutzung der ST[20]-Funktionalität erforderlich ist.
- Anpassung und Erweiterung der Funktionalität in der API.
- Anpassung eines geeigneten Beispiels im bestehenden **Yamcs Simulator** für die Simulation der ST[20]-Fähigkeiten.
- Durchführung von Unit- und Integrationstests.
- Erstellung der zugehörigen technischen Dokumentation.

### Ergebnisse

- Operatoren müssen über die standardisierte ST[20]-Schnittstelle Parameterwerte anfordern und setzen können.
- Die von der AG vorgegebenen Parameter müssen in einer Operation gelesen bzw. geschrieben werden können.
- Die Implementierung ist generisch, XTCE-basiert und in Yamcs nutzbar.

## Leistungsblock 3: Housekeeping Service

Im Rahmen dieses Leistungsblocks übernimmt der AN die Implementierung der Unterstützung des **ECSS PUS Housekeeping Service** in Yamcs. Ziel ist die Bereitstellung einer **generischen XTCE-basierten Implementierung** für die Konfiguration und Dekodierung von Housekeeping-Berichten, insbesondere für periodische und angeforderte Berichte.

#### **Aufgabenumfang des AN**

- Entwicklung einer **generischen XTCE-Implementierung** ausgewählter Telecommands und Telemetrie des Housekeeping Service.
- Erstellung einer XTCE-basierten Beschreibung von Parametern und Containern für Housekeeping-Daten.
- Unterstützung von Telecommands zur Konfiguration von:
  - **periodischem Reporting**
  - **on-request Reporting**
- Sicherstellung, dass Housekeeping-Berichte von Yamcs dekodiert und dargestellt werden können.
- Nutzung bestehender TM/TC-Screens und APIs, soweit keine spezialisierte Housekeeping-Oberfläche vorgesehen ist.
- Unterstützung eines Workflows, bei dem Housekeeping-Definitionen über XTCE / MDB sowie Skripting vorbereitet und in das System übernommen werden.
- Anpassung eines geeigneten Beispiels im bestehenden **Yamcs Simulator** zur Simulation der Housekeeping-Funktionalität.
- Durchführung von Unit- und Integrationstests.
- Erstellung der technischen Dokumentation (Abweichung zu Punkt 2.1.2: mindestens 10 Seiten)

#### **Ergebnisse**

- Operatoren müssen die Erzeugung von Housekeeping-Berichten konfigurieren können.
- Housekeeping-Berichte müssen durch Yamcs dekodiert und dargestellt werden können.
- Die Housekeeping-Funktionalität ist im Simulator nachgewiesen.

### **Leistungsblock 4: CCSDS / PUS Concept of Operations (optionale Erweiterungsoption)**

Im Rahmen dieses Leistungsblocks übernimmt der AN die Erstellung eines **allgemein anwendbaren Betriebshandbuchs (Concept of Operations)** für Satellitenmissionen, die **CCSDS- und PUS- Protokolle** verwenden. Ziel ist die Bereitstellung eines strukturierten und



praxisorientierten Leitfadens für Operatoren von Einzelmissionen und Konstellationen, einschließlich Sicherheitsaspekten und Automatisierung.

Der Leistungsblock wird in **Phase 1 begonnen** und in **Phase 2 als optionale Erweiterungsoption** fortgeführt und finalisiert.

### **Aufgabenumfang des AN**

- Erstellung eines strukturierten **Operator Guide / Handbook** zum Betrieb von Satellitenmissionen unter Verwendung von CCSDS und PUS.
- Beschreibung der grundlegenden Konzepte und Zusammenhänge von:
  - Commands
  - Telemetry
  - Command Acknowledgements
  - Link-Protokollen
  - Retransmissions
- Beschreibung von Verfahren zur:
  - Anforderung von Health Telemetry
  - Nutzung von Echtzeit- und periodischer Telemetrie
  - Änderung von Bordparametern
  - Initiierung von Experimenten bzw. Scheduled Commands
  - Download von Nutzlastdaten
- Beschreibung empfohlener Verfahren zu:
  - Verschlüsselung
  - Authentifizierung
  - sicheren Betriebsabläufen
- Beschreibung von Konzepten zur:
  - Automatisierung des Missionsbetriebs
  - Unterstützung von Satellitenkonstellationen
- Berücksichtigung der RACCOON-IOD-Missionscharakteristika
- Einbindung von Review- und Verbesserungsschleifen mit der AG. Dazu wird es regelmäßig einmal im Monat Online-Meetings geben, die von der AG initiiert werden.

### **Ergebnisse**

- Ein allgemein anwendbares schriftliches Betriebskonzept für Satelliten, die CCSDS- und PUS-Protokolle erstellen.
- Ein praxisorientiertes (schriftliches) Handbuch für Operatoren entwickeln.
- Empfehlungen für sichere Betriebsverfahren und Konstellationsbetrieb verschriftlichen.

## 2.1.4 Technische Anforderungen

Im Folgenden werden alle technischen Anforderungen aufgeführt und erläutert, die für das Angebot relevant sind. Diese müssen vom/ von der Bieter\*in im Angebot berücksichtigt werden. Die beschriebenen Verifikationen (Analyse(A), Test(T), Review (R)) sind relevant dafür, die Anforderungen zu erfüllen.

ID	Anforderung	Verifikation
PM-01	Alle Entwicklungen müssen versioniert und nachvollziehbar dokumentiert werden.	R
PM-02	Die eingesetzten Mitarbeiter muss über die gesamte Projektlaufzeit verfügbar bleiben.	R
PM-03	Alle Softwareartefakte müssen in geeigneter Form an die AG übergeben werden (entweder im Repository oder Archiv).	R
SW-01	Alle Implementierungen müssen vollständig in die bestehende Yamcs-Architektur integriert werden.	R
SW-02	Für alle PUS-Services muss XTCE verwendet werden.	R
SW-03	Die Funktionen müssen sowohl über yamcs-web als auch über die API nutzbar sein.	R
SW-04	Die Implementierungen müssen mit dem Yamcs Simulator kompatibel sein.	R
SW-05	Die Software muss testbar und reproduzierbar ausführbar sein.	R + T
SW-06	Time-Based Scheduled Commands müssen implementiert werden.	R
SW-07	Position-Based Scheduled Commands müssen implementiert sein.	R
SW-08	Parameter Management muss vollständig implementiert werden.	R
SW-09	Telecommands müssen automatisch in PUS-Kommandos eingebettet werden können.	R
SW-10	Mehrfachoperationen (Multi Get/Set) müssen unterstützt werden.	R
COM-01	Unterbrochene Übertragungen müssen unterstützt und wieder aufgenommen werden können.	R
UI-01	Die Benutzeroberfläche muss die Planung zeitbasierter Kommandos unterstützen.	R
UI-02	Die Benutzeroberfläche muss Parameterzugriffe (Get/Set) ermöglichen.	R
UI-03	Die API muss alle neuen Funktionen unterstützen.	R
UI-04	Die Bedienbarkeit für Operatoren muss gewährleistet sein.	R
DOK-01	Der AN muss technische Dokumentation für alle implementierten Funktionen erstellen.	R

DOK-02	Der AN muss ein Concept of Operations erstellen.	R
DOK-03	Alle Dokumente müssen in englischer Sprache und im PDF-Format bereitgestellt werden.	R
DOK-04	Der Mindestumfang für Dokumentation entspricht fünf Seiten, Ausnahme: Leistungsblock 3 = 10 Seiten	R

### 2.1.5 Leistungsteam des Auftragnehmers

Alle hier genannten Mindestkriterien sind zwingend zu erfüllen und durch geeignete Unterlagen (z. B. Lebenslauf, Zertifikate, Projektreferenzen) nachzuweisen.

Werden die Mindestkriterien nicht vollständig erfüllt, wird das Angebot vom weiteren Verfahren ausgeschlossen.

Kategorie	Mindestkriterium (MK)	Beschreibung
Anzahl	Mindestens eine Person in leitender Position	Das Team muss mindestens eine Person umfassen, die alle Anforderungen erfüllt.
Erfahrung	Yamcs	Der Mitarbeiter muss nachweisbare Erfahrung mit Yamcs (Entwicklung/Integration) besitzen.
Erfahrung	ECSS PUS	Der Mitarbeiter muss Erfahrung mit ECSS PUS nachweisen.
Erfahrung	CCSDS	Der Mitarbeiter muss Erfahrung mit CCSDS nachweisen.
Erfahrung	Softwareentwicklung	Der Mitarbeiter muss mindestens 5 Jahre Erfahrung in Softwareentwicklung nachweisen.
Erfahrung	Raumfahrtsoftware	Der Mitarbeiter muss Erfahrungen in bodenseitigen Raumfahrtssystemen oder Missionssoftware nachweisen
Sprache	Sprachkenntnisse	Der eingesetzte Mitarbeiter muss über verhandlungssichere Deutsch- und Englischkenntnisse verfügen.

### 2.1.6 Meilensteinplan

Die Projektmeilensteine ergeben sich aus dem Abschluss der jeweiligen Leistungsblöcke 1 – 4. Die genannten Fristen der Phasen 1 und 2 sind verbindlich einzuhalten. Sofern ein Leistungsblock abgeschlossen ist und dieser von der AG abgenommen ist, gilt dieser als erfüllt.

### 2.1.7 Zahlungsplan

Die Zahlungen erfolgen nach Fertigstellung und Abnahme durch die AG der einzelnen Leistungsblöcke.

Beschreibung	%- Zahlung vom Angebotspreis
	<i>Gem. OV-080-26 Preisblatt, Reiter Los 1, Pos. 1:</i>
Leistungsblock 1	30 %
Leistungsblock 2	40%
Leistungsblock 3	30%
<i>Leistungsblock 4 – sofern beauftragt wird</i>	<i>100% Gem. OV-080-26 Preisblatt, Reiter Los 1, Pos. 2</i>

Die Vergütung erfolgt zuzüglich der jeweils geltenden gesetzlichen Umsatzsteuer.

### 2.1.8 Höchstpreis

Der Höchstpreis für Phase 1 beträgt **28.050,42 € netto bzw. 33.380,00 € brutto**.

Der Höchstpreis für Phase 2 beträgt **21.008,40€ netto bzw. 25.000,00 € brutto**.

Bieter\*innen, die einen höheren Angebotspreis einreichen, werden vom weiteren Verfahren ausgeschlossen.

Alle Kosten, einschließlich Nebenkosten (z. B. Reise-, Verpflegungs- und Übernachtungskosten), sind im Gesamtpreis zu berücksichtigen. Über das Angebot hinausgehende Forderungen können gegenüber der TU Berlin nicht geltend gemacht werden.

### 2.1.9 Leistungsort

Alle Entwicklungsarbeiten müssen in den eigenen Räumlichkeiten des AN stattfinden. Die AG stellt hier keine Arbeitsplätze zur Verfügung.

Sonstiger Leistungsort an der TUB: Technische Universität, Marchstraße 12-14, 10587 Berlin

## 2.1.10 Einzureichende Unterlagen

Neben den geforderten Eigenerklärungen (siehe Vergabeunterlagen) sind folgende Punkte im Angebot schriftlich darzustellen. Werden die folgenden Punkte nicht schriftlich dargestellt, so wird das Angebot ausgeschlossen.

- **TUB - Angebotsschreiben des Bieters:** Bitte reichen Sie dieses Dokument ausgefüllt mit dem Angebot ein.
- **TUB - Preisblatt (ZK<sup>2</sup>):** Bitte reichen Sie dieses Dokument ausgefüllt mit dem Angebot ein.
- **TUB - Vom Unternehmen einzureichende Erklärungen EU (EK<sup>3</sup>):** Bitte reichen Sie dieses Dokument ausgefüllt mit dem Angebot ein.
- **TUB - Referenzen (EK):** Um die Mindestanforderungen an das einzusetzende Leistungsteam aus 2.1.4 nachzuweisen, hat der/die Bieter\*In mindestens eine Referenz in Form einer geeigneten Übersicht einzureichen. Dabei muss es sich um durchgeführte Leistungen der letzten 5 Jahre handeln. Es gelten Nachweise, die belegen, dass vergleichbare Leistungen erbracht worden. Dazu zählen Veröffentlichungen auf Konferenzen oder Journals, Auftragsbelege oder ähnliche Belege.

Vergleichbare Leistungen sind im Bereich Bodenstationssoftware oder Missionsoftware in der Raumfahrt.

Die Referenzen müssen jeweils folgende Angaben enthalten: Firma/ Behörde, Art und Umfang der Leistung, Leistungszeitraum, Leistungsdaten.

- **TUB - Lebenslauf (EK):** Der/ die Bieter\*in stellt ihr/sein einzusetzendes Team gemäß Punkt 2.1.5 mit einem ggf. anonymisierten Lebenslauf vor.
- **TUB - Leistungsdarstellung des Bieters (EK):**  
Das Angebot hat eine strukturierte Darstellung der angebotenen Leistungen zu enthalten. Dabei ist nachvollziehbar zu beschreiben, welche Leistungen der Bieter anbietet und wie diese die Anforderungen der Leistungsbeschreibung (Phasen, Leistungsblöcke, technische Anforderungen und Leistungsteam) erfüllen.

---

<sup>2</sup> ZK = Zuschlagskriterium

<sup>3</sup> EK = Eignungskriterium

Diese Darstellung ist auf max. 10 Seiten zu beschreiben.

### 2.1.11 Zuschlagskriterium und Gewichtung

Unter Berücksichtigung aller Umstände wird der Zuschlag auf das wirtschaftlichste Angebot erteilt. Die Bewertung erfolgt auf Grundlage des eingereichten Angebots. Daher liegt es im Interesse des Bieters, alle angeforderten Informationen so detailliert und korrekt wie möglich zur Verfügung zu stellen.

Zuschlagskriterium ist zu **100% der Gesamtangebotspreis netto**.

## **2.2 LOS 2 – BERATUNG MISSIONSKONZEPT + NUTZLAST**

Nachfolgend sind die Mindestanforderungen für das LOS 2 angegeben.

### **2.2.1 Hintergrund und Zielsetzung**

Gegenstand dieses Loses ist die fachliche Unterstützung der Auftraggeberin bei der Entwicklung und Absicherung des Missionskonzeptes der RACCOON IOD-Mission mit besonderem Fokus auf regulatorische Rahmenbedingungen sowie auf die funktechnische (RF) Konsistenz und Realisierbarkeit.

Das Los umfasst die Unterstützung bei der Missionskonzeption, die eigenständige Bearbeitung der regulatorischen Anforderungen im Bereich Frequenznutzung sowie die kontinuierliche unabhängige Expertenanalyse und Bewertung des RF-Konzeptes der Mission.

Ziel ist es, die technische, regulatorische und funktechnische Umsetzbarkeit der Mission sicherzustellen, Risiken frühzeitig zu identifizieren und die Qualität des Missionsdesigns iterativ zu verbessern.

Der Auftragnehmer (AN) liefert hierzu insbesondere:

- Beiträge zur Missionskonzeption,
- eine vollständige regulatorische Analyse
- eine vollständige Frequenzkoordinierung,
- eine kontinuierliche technische Bewertung der RF-Auslegung,
- sowie Empfehlungen zur Optimierung von Antennenkonzept, Frequenznutzung und Kommunikationsarchitektur.

### **2.2.2 Leistungsbeschreibung**

Das Projekt ist in zwei Phasen unterteilt. Dieses Los umfasst Leistungen in beiden Phasen.

Bei dem Los handelt es sich um eine reine Dienstleistung. Sämtliche technischen Systeme, Simulationen und Systemmodelle werden durch die AG bereitgestellt. Dienstreisen und Abstimmungen sind im Angebotspreis zu berücksichtigen.

## **Phase 1 „Mission Design“ (voraussichtlich 06.07.2026<sup>4</sup> – 28.02.2027)**

In dieser Phase erfolgt die Unterstützung der Missionskonzeption sowie die initiale regulatorische und RF-technische Bewertung.

Leistungsblöcke:

- Leistungsblock 1: Unterstützung Missionskonzept (RF & Systembezug)
- Leistungsblock 2: Regulatorische Rahmenbedingungen und Frequenzmanagement (Teil 1)
- Leistungsblock 3: Expertenreview RF-Konzept (Teil 1)

## **Phase 2 „AIV & Operations“ (01.03.2027 – 28.02.2028, optionale Erweiterung)**

In dieser Phase erfolgt die Vertiefung und Finalisierung regulatorischer Themen sowie die fortlaufende RF-Bewertung.

Leistungsblöcke:

- Leistungsblock 2 (Fortsetzung): Regulatorische Rahmenbedingungen und Frequenzmanagement (Teil 2)
- Leistungsblock 3 (Fortsetzung): Expertenreview RF-Konzept (Teil 2)

Phase 2 wird im Laufe der Phase 1 beantragt. Mit einer Bewilligung ist in Q1 2027 zu rechnen. Daher ist Phase 2 aktuell eine **optionale Erweiterung**. **Diese optionale Leistung ist vom Bieter verbindlich mitanzubieten. Der AN erhält über die Entscheidung, ob diese optionale Verlängerungsoption zusätzlich beauftragt wird, bis spätestens 28.02.2027 Bescheid.**

### **Leistungsblock 1: Unterstützung Missionskonzept (RF & Systembezug)**

Der AN unterstützt die AG bei der Entwicklung und Iteration des Missionskonzeptes mit Fokus auf funktechnische und systemrelevante Aspekte.

#### **Aufgabenumfang des AN**

- Analyse und Bewertung der Missionsarchitektur im Hinblick auf RF-relevante Aspekte (Frequenzen, Datenraten, Kommunikationspfade).
- Unterstützung bei Missionsanalysen und -simulationen mit Fokus auf:
  - Orbitparameter, Drift und Coverage,
  - Kommunikationsfenster und Bodenstationszugriffe,
  - Datenverarbeitung und Downlinkstrategien.
- Bewertung der Konsistenz zwischen Missionszielen, Nutzlastanforderungen und Kommunikationsarchitektur.
- Identifikation von kritischen Abhängigkeiten (Formation, Kontaktzeiten, Frequenznutzung).
- Beratung bei der Auslegung und Auswahl des Antennenkonzeptes

---

<sup>4</sup> Der Leistungsbeginn richtet sich nach dem Datum des Zuschlags. Ggf. kann der Zuschlag bereits früher erteilt werden, dann hat ist der Leistungsbeginn von dem AN zeitnah umzusetzen in Absprache mit der AG.



- Unterstützung bei der Iteration der Missionsarchitektur zur Sicherstellung der technischen Umsetzbarkeit.

### **Mindestumfang der Leistungen**

Der AN muss mindestens folgende Inhalte liefern:

- Analyse von mindestens **3 Missionsszenarien** (unterschiedliche Orbit-/Kommunikationskonfigurationen)
- Bewertung von mindestens:
  - **3 Kommunikationsarchitekturen** (Schwerpunkt auf verschiedene Downlink-Strategien)
  - **3 kritischen Abhängigkeiten** (mindestens Formation, Coverage, Kontaktzeiten)
- Dokumentierte Bewertung von mindestens:
  - **2 Antennenkonzepten** inklusive Vergleich
- Identifikation und Beschreibung von mindestens:
  - **5 technischen Risiken im Missionsdesign**

### **Abhängigkeiten und Randbedingungen**

- Die Verantwortung für das Missionskonzept verbleibt bei der AG.
- Der AN liefert ausschließlich fachliche Beiträge und Bewertungen.

## **Leistungsblock 2: Regulatorische Rahmenbedingungen und Frequenzmanagement**

Der AN übernimmt die vollständige Analyse und Umsetzung der regulatorischen Anforderungen im Bereich Frequenznutzung.

### **Aufgabenumfang des AN**

#### **Phase/Teil 1:**

- Identifizierung aller relevanten regulatorischen Rahmenbedingungen (national und international).
- Analyse der Frequenznutzung im Kontext der Mission.
- Identifikation regulatorischer Anforderungen bezüglich:
  - Sendeleistung,
  - Frequenzbereiche,
  - Beacon-Konzepten.
- Bewertung der regulatorischen Umsetzbarkeit der Mission.

#### **Phase/Teil 2:**

- Durchführung der Frequenzkoordinierung und Vorbereitung der Frequenzzuteilung.

- Erstellung und Einreichung der erforderlichen Anträge und Dokumente (Abhängig von der Entwicklung der Rahmenbedingungen für die Regulation.
- Bearbeitung von Einsprüchen anderer Betreiber (bei Koordination von Frequenzen für Satelliten)
- Bearbeitung der Einsprüche und Abstimmung bei potenzieller Interferenzgefahr durch spätere International Telecommunication Union (ITU)-Anmeldungen
- Ableitung missionsspezifischer regulatorischer Vorgaben.

### **Ergebnisse**

- Bewertung regulatorischer Anforderungen.
- Frequenznutzungsstrategie.
- Frequenzanträge und ITU-Dokumentation.
- Protokollierung der Frequenzkoordination

### **Mindestumfang der Leistungen**

Der AN muss mindestens folgende Inhalte liefern:

- Identifikation und Beschreibung von mindestens:
  - **3 relevanten regulatorischen Rahmenbedingungen**
- Durchführung und Dokumentation von:
  - mindestens **1 vollständigen Frequenznutzungsanalyse**
- Erstellung von:
  - mindestens **1 Frequenznutzungsantrag (Draft-Version)**
  - mindestens **1 vollständigen ITU-bezogenen Dokumentensatz (Entwurf)**
- Identifikation und Bewertung von mindestens:
  - **3 regulatorischen Risiken**
- Ableitung von mindestens:
  - **3 missionsspezifischen regulatorischen Vorgaben**

### **Abhängigkeiten und Randbedingungen**

- Enge Abstimmung mit der AG erforderlich.
- Anforderungen müssen mit Missionskonzept und Systemdesign kompatibel sein.

## **Leistungsblock 3: Expertenreview RF-Konzept**

Der AN übernimmt eine unabhängige, kontinuierliche Expertenbewertung des RF-Konzeptes der Mission.

## Aufgabenumfang des AN

Der Aufgabenumfang hierbei verläuft gleichmäßig über beide Phasen im Projekt. In Phase 1 wird das Preliminary Design Review (PDR) durchgeführt, in Phase 2 das Critical Design Review (CDR) und das Flight Readiness Review (FRR). Eine Beratung ist durchgehend bis zum FRR notwendig, welches voraussichtlich im Februar 2028 stattfindet.

- Systematische Überprüfung aller missionsrelevanten Schritte im Hinblick auf:
  - Konsistenz,
  - Realisierbarkeit,
  - technische Risiken.
- Verifikation von:
  - Annahmen,
  - Parametern,
  - Schnittstellen.
- Analyse und Bewertung von:
  - Antennenkonzepten,
  - Frequenznutzung,
  - Linkbudget und Datenraten,
  - I/Q-Datenverarbeitung.
- Identifikation technischer Schwachstellen und Risiken.
- Ableitung konkreter Verbesserungsempfehlungen.
- Integration der Ergebnisse in Systemdokumente.

## Ergebnisse

- Schriftliche technische Bewertungen und Reviews, im PDF Format und englischer Sprache.
- Dokumentierte Risiken und Optimierungsvorschläge im PDF Format und englischer Sprache.

## Mindestumfang der Leistungen

Der AN muss mindestens folgende Inhalte liefern:

- Durchführung von mindestens:
  - **3 strukturierten RF-Reviews** (vor PDR, vor CDR, vor FRR)
- Analyse und Bewertung von mindestens:
  - **5 zentralen RF-Parametern** (mindestens Linkbudget, Frequenznutzung, Datenrate, Antennenkonzept, Schnittstellen)
- Identifikation und Dokumentation von mindestens:
  - **5 technischen Schwachstellen oder Risiken**
- Ableitung von mindestens:
  - **5 konkreten Verbesserungsempfehlungen**

### Abhängigkeiten und Randbedingungen

- Inputs aus mehreren Arbeitspaketen.
- Enge Abstimmung mit der AG erforderlich durch regelmäßige Onlinemeetings (mindestens einmal im Monat für jeweils eine Stunde).

#### 2.2.2.1 TECHNISCHE ANFORDERUNGEN

Im Folgenden werden alle technischen Anforderungen aufgeführt und erläutert, die für das Angebot relevant sind. Diese müssen vom/ von der Bieter\*in im Angebot berücksichtigt werden. Die beschriebenen Verifikationen (Analyse(A), Test(T), Review (R)) sind relevant dafür, die Anforderungen zu erfüllen.

ID	Anforderung	Verifikation
<b>PM-01</b>	Der AN muss regelmäßig (mindestens monatlich) an Abstimmungsm Meetings mit der AG teilnehmen. Die AG initiiert die Meetings, welche online stattfinden.	R
<b>PM-02</b>	Der AN stellt sicher, dass alle Dokumente versioniert und nachvollziehbar gepflegt werden.	R
<b>PM-03</b>	Der AN ist verpflichtet den Zeitplan einzuhalten, der von der AG vorgegeben wird.	R
<b>PM-04</b>	Der eingesetzte Mitarbeiter muss über die gesamte Laufzeit verfügbar bleiben.	R
<b>PM-05</b>	Alle Dokumente müssen in Englisch angefertigt werden und im PDF Format zur Verfügung gestellt werden.	R
<b>SYS-01</b>	Der AN muss das Missionskonzept im Hinblick auf RF-Aspekte analysieren und bewerten.	R
<b>SYS-02</b>	Der AN muss Kommunikationsparameter (Frequenz, Datenrate, Coverage) bewerten.	R
<b>SYS-03</b>	Der AN muss Abhängigkeiten zwischen Orbit, Formation und Kommunikation analysieren und einen Bericht dazu anfertigen.	R
<b>SYS-04</b>	Der AN muss das Antennenkonzept bewerten und Empfehlungen zur Auswahl geben.	R
<b>SYS-05</b>	Der AN muss die Konsistenz zwischen Missionsanforderungen und RF-System bewerten.	R
<b>REG-01</b>	Der AN muss die Frequenzkoordinierung für alle relevanten Frequenzbänder durchführen. Dies sind mindestens: UHF (TT&C), S-Band Uplink, X-Band Downlink	R
<b>REG-02</b>	Der AN muss die Frequenzanträge erstellen und einreichen.	R

<b>REG-03</b>	Der AN muss regulatorische Anforderungen (ITU, national) vollständig berücksichtigen.	R
<b>REG-04</b>	Der AN muss regulatorische Risiken identifizieren und bewerten.	R
<b>RFV-01</b>	Der AN muss alle Missionsschritte hinsichtlich RF-Konsistenz überprüfen und bewerten	R
<b>RFV-02</b>	Der AN muss technische Risiken im RF-System identifizieren.	R
<b>RFV-03</b>	Der AN muss Linkbudget und Datenraten analysieren und bewerten	R + A
<b>RFV-04</b>	Der AN muss konkrete Verbesserungsempfehlungen ableiten und der AG in Form von Präsentationen oder Dokumenten zur Verfügung stellen	R

### 2.2.3 Leistungsteam des Auftragnehmers

Alle hier genannten Mindestkriterien sind zwingend zu erfüllen und durch geeignete Unterlagen (z. B. Lebenslauf, Zertifikate, Projektreferenzen) nachzuweisen.

Werden die Mindestkriterien nicht vollständig erfüllt, wird das Angebot vom weiteren Verfahren ausgeschlossen.

Kategorie	Mindestkriterium (MK)	Beschreibung
Anzahl	Mindestens eine Person in leitender Position	Das Team des AN muss aus mindestens einer Person bestehen, die in leitender Position tätig ist und die folgenden Mindestkriterien erfüllt.
Erfahrung	Satellitenkommunikation	Der eingesetzte Mitarbeiter muss mindestens 10 Jahre Erfahrung im Bereich Satellitenkommunikation oder RF-Systeme im Lebenslauf nachweisen. Insbesondere muss der eingesetzte Mitarbeiter praktische Erfahrungen in der Nutzung von RF-Nutzlasten zur Geolokalisierung im Lebenslauf nachweisen können.
Erfahrung	Frequenzkoordination	Der eingesetzte Mitarbeiter muss mindestens 10 Jahre nachweisbare Erfahrung im Bereich Frequenzkoordination und Frequenzzuteilung (ITU, nationale Behörden) besitzen und diese im Lebenslauf nachweisen. Dabei muss der eingesetzte Mitarbeiter sowohl die regulatorischen Schritte (ITU-Anmeldung, Korrespondenz mit nationalen Behörden), als auch die technischen Schritte (Link Budget, Verträglichkeitsanalysen, Koordinierungsgespräche) nachweislich eigenständig

		durchgeführt haben.
Sprache	Sprachkenntnisse	Der eingesetzte Mitarbeiter muss über verhandlungssichere Deutsch- und Englischkenntnisse verfügen.
Verfügbarkeit	Teilnahme an Meeting	Der AN muss gewährleisten einmal im Monat bei der AG für ein Statusmeeting zur Verfügung zu stehen.
Verfügbarkeit	Projektlaufzeit	Der eingesetzte Mitarbeiter muss über die gesamte Projektlaufzeit, inkl. optionale Verlängerung verfügbar sein.

## 2.2.4 Meilensteinplan

Die Projektmeilensteine ergeben sich aus dem Abschluss der jeweiligen Leistungsblöcke 1 – 3  
Die genannten Fristen der Phasen 1 und 2 sind verbindlich einzuhalten. Sofern ein Leistungsblock abgeschlossen ist und dieser von der AG abgenommen ist, gilt dieser als erfüllt.

## 2.2.5 Zahlungsplan

Die Zahlungen erfolgen nach Fertigstellung und Abnahme durch die AG der einzelnen Leistungsblöcke.

Beschreibung	%- Zahlung vom Angebotspreis
<b>Phase 1</b>	<i>Gem. OV-080-26 Preisblatt, Reiter Los 2, Pos. 1</i>
Leistungsblock 1	30 %
Leistungsblock 2	40%
Leistungsblock 3	30%
<b>Phase 2– sofern beauftragt wird</b>	<i>Gem. OV-080-26 Preisblatt, Reiter Los 2, Pos. 2</i>
Leistungsblock 2	50%
Leistungsblock 3	50%

Die Vergütung erfolgt zuzüglich der jeweils geltenden gesetzlichen Umsatzsteuer.

## 2.2.6 Höchstpreis

Der Höchstpreis für Phase 1 beträgt **25.210,00 € netto bzw. 30.000,00 € brutto.**

Der Höchstpreis für Phase 2 beträgt **24.790,00 € netto bzw. 29.500,00 € brutto**

Bieter\*innen, die einen höheren Angebotspreis einreichen, werden vom weiteren Verfahren ausgeschlossen.

Über das Angebot hinausgehende Forderungen können gegenüber der TU Berlin nicht geltend gemacht werden.

### 2.2.7 Leistungsort

Alle Entwicklungsarbeiten müssen in den eigenen Räumlichkeiten des AN stattfinden. Die AG stellt hier keine Arbeitsplätze zur Verfügung. Die monatlichen Meetings finden online statt. Die AG initiiert die Meetings und stellt den digitalen Meetingraum zur Verfügung.

Sonstiger Leistungsort an der TUB: Technische Universität, Marchstraße 12-14, 10587 Berlin

### 2.2.8 Einzureichende Unterlagen

Neben den geforderten Eigenerklärungen (siehe Vergabeunterlagen) sind folgende Punkte im Angebot schriftlich darzustellen. Werden die folgenden Punkte nicht schriftlich dargestellt, so wird das Angebot ausgeschlossen.

- **TUB - Angebotsschreiben des Bieters:** Bitte reichen Sie dieses Dokument ausgefüllt mit dem Angebot ein.
- **TUB - Preisblatt (ZK<sup>5</sup>):** Bitte reichen Sie dieses Dokument ausgefüllt mit dem Angebot ein.
- **TUB - Vom Unternehmen einzureichende Erklärungen EU (EK<sup>6</sup>):** Bitte reichen Sie dieses Dokument ausgefüllt mit dem Angebot ein.
- **TUB - Referenzen (EK):** Um die Mindestanforderungen an das einzusetzende Leistungsteam aus 2.2.3. nachzuweisen, hat der/die Bieter\*In mindestens zwei Referenzen in Form einer geeigneten Übersicht einzureichen. Dabei muss es sich um durchgeführte Leistungen der letzten 10 Jahre handeln. Es gelten Nachweise, die belegen, dass vergleichbare Leistungen erbracht worden. Dazu zählen Veröffentlichungen auf Konferenzen oder Journals, Auftragsbelege oder ähnliche Belege.

Vergleichbare Leistungen sind im Bereich Beratung bei Satellitenkommunikation und Frequenzkoordinierung.

---

<sup>5</sup> ZK = Zuschlagskriterium

<sup>6</sup> EK = Eignungskriterium

Die Referenzen müssen jeweils folgende Angaben enthalten: Firma/ Behörde, Art und Umfang der Leistung, Leistungszeitraum, Leistungsdaten.

- **TUB - Lebenslauf (EK):** Der/ die Bieter\*in stellt ihr/sein einzusetzendes Team gemäß Punkt 2.2.3 mit einem ggf. anonymisierten Lebenslauf vor.
- **TUB - Leistungsdarstellung des Bieters (EK):**  
Das Angebot hat eine strukturierte Darstellung der angebotenen Leistungen zu enthalten. Dabei ist nachvollziehbar zu beschreiben, welche Leistungen der Bieter anbietet und wie diese die Anforderungen der Leistungsbeschreibung (Phasen, Leistungsblöcke, technische Anforderungen und Leistungsteam) erfüllen.  
Diese Darstellung ist auf max. 10 Seiten zu beschreiben.

### 2.2.9 Zuschlagskriterium und Gewichtung

Unter Berücksichtigung aller Umstände wird der Zuschlag auf das wirtschaftlichste Angebot erteilt. Die Bewertung erfolgt auf Grundlage des eingereichten Angebots. Daher liegt es im Interesse des Bieters, alle angeforderten Informationen so detailliert und korrekt wie möglich zur Verfügung zu stellen.

Zuschlagskriterium ist zu **100% der Gesamtangebotspreis netto**.