

BRO-Satellit

Ein Bildungssatellit für die Schulen der Ortenau. Von Schülerinnen und Schülern gebaut, gestartet und betrieben.

DOKUMENTENTYP

Projektmappe für Konsortial-Partner

STAND

April 2026

ADRESSATEN

BRO-Geschäftsstelle · Hochschule Offenburg · Xenoplex-Schülerforschungslabor

STATUS

Exploration und Konsortialbildung



Initiator und Kontakt

Marek Czernohous
Schiller-Gymnasium Offenburg
m.czernohous@schigy-og.de

Executive Summary

Kernidee. Ein Bildungssatellit der Bildungsregion Ortenau, geplant und gebaut im Konsortium aus Hochschule Offenburg, Xenoplex-Schülerforschungslabor und mindestens fünf BRO-Schulen. Start als Rideshare-Piggyback ab 2029. Technisch ein CubeSat (10x10x20 cm) mit LoRa-Funk auf Amateurfunkband, empfangen von einem verteilten TinyGS-Bodennetz an BRO-Schulen.

2U

CUBESAT FORMFAKTOR

2029

FRÜHESTES STARTJAHR

5 bis 10

BETEILIGTE SCHULEN

9

MITMACH-PAKETE

Warum jetzt, warum hier, warum diese drei Partner

Raumfahrt ist in Deutschland bislang ein Feld weniger Elite-Hochschulen und großer Konzerne. Mit BRO-Sat wird echte Raumfahrttechnik für Schülerinnen und Schüler erlebbar und mitgestaltbar, wissenschaftlich flankiert durch die Hochschule Offenburg und projektpädagogisch getragen von Xenoplex. Die Bildungsregion Ortenau bietet den organisatorischen Rahmen, unter dem zehn Schulen zeitversetzt und arbeitsteilig an einer gemeinsamen Mission beitragen können, ohne dass eine einzelne Schule die Gesamtlast tragen muss. Der Zeitpunkt passt. Das Artemis-Mondprogramm mit europäischer Beteiligung, kommerzielle Mond-Lander und die öffentliche Sichtbarkeit privater Raumfahrt wecken bei jungen Menschen eine Begeisterung, die es seit den Apollo-Jahren nicht mehr gab. BRO-Sat nutzt diese Welle, um Raumfahrt in der Ortenau greifbar zu machen.

Budget und Finanzierung in zwei Szenarien

Mit Zusage aus ESA „Fly Your Satellite!“ (Launch und Tests werden gestellt) liegt der Eigenanteil bei 40 bis 70 k€. Ohne ESA-Zusage, also vollständig selbst finanziert über kommerziellen Rideshare, bei 130 bis 180 k€. In beiden Szenarien tragen eine Sponsoring-Pyramide aus regionalen Bildungspartnern und gemeinnützige Stiftungen den Eigenanteil, ergänzt durch In-Kind-Leistungen der Hochschule (Labornutzung) und von Xenoplex (Räume, Werkstatt, Koordination).

Was wir jetzt brauchen

Vier formelle Gespräche in den nächsten acht Wochen: Stadt Offenburg als Schulträger über institutionelle Zustimmung und Bildungsförderung, BRO-Geschäftsstelle über Träger- und Schirmherrschaft, Hochschule Offenburg über Antragstellerschaft für ESA FYS und Labornutzung, Xenoplex über operative Projektkoordination. Danach ein erstes Konsortialtreffen und eine gemeinsame Absichtserklärung. Auf dieser Basis Start der Schulakquise und des Förderantrags.

Status offener Punkte (transparent). Die Konsortialführung ist als Arbeitsmodell vorgeschlagen (HSO formell als Antragstellerin und wissenschaftliche Leitung, Xenoplex operativ als Projektkoordination), aber noch nicht endgültig festgelegt. Bestätigung oder Neujustierung im ersten Konsortialtreffen. Budgetzahlen sind Größenordnungen, keine belastbaren Kalkulationen, diese entstehen nach Payload-Scoping. ESA-FYS-Aufnahme ist Ziel, nicht Voraussetzung.

Vision und Mission

Vision

Die Ortenau stellt in fünf Jahren einen funktionsfähigen Bildungssatelliten im niedrigen Erdorbit, gebaut, getestet und betrieben von einem Schulverbund der Bildungsregion, wissenschaftlich begleitet durch die Hochschule Offenburg und projektpädagogisch durch Xenoplex. Der Satellit liefert einmal pro Überflug ein Funksignal sowie Nutzdaten (Telemetrie, Sensorik, Bilder) an ein verteiltes Empfangsnetz an BRO-Schulen und an das weltweite TinyGS-Netz.

Mission

Wir nutzen den Satelliten als mehrjährigen Rahmen, innerhalb dessen Schülerinnen und Schüler aller BRO-Schulen an echten ingenieurwissenschaftlichen Fragestellungen arbeiten. Die Mission ist in neun klar abgegrenzte Pakete unterteilt. Jede Schule wählt eines oder mehrere Pakete und trägt zum gemeinsamen Ergebnis bei, ohne sich zum Gesamtprojekt verpflichten zu müssen.

Warum jetzt, die Aufbruchsstimmung nutzen

In der Raumfahrt herrscht erstmals seit den Apollo-Jahren wieder echte Aufbruchsstimmung. Das internationale Artemis-Programm führt Menschen zurück zum Mond, europäische Raumfahrerinnen und Raumfahrer sollen mitfliegen, kommerzielle Mond-Lander werden Realität, und die Zahl privat organisierter Starts steigt rasant. Junge Menschen spüren, dass Weltraum wieder ein Gegenwartsthema ist, nicht nur Geschichtsbuch. BRO-Sat dockt bewusst an diese Welle an. Wenn eine ganze Generation wieder zum Himmel schaut, soll in der Ortenau mindestens ein sichtbarer Mitmach-Knoten davon entstehen, der Raumfahrt greifbar, bau-bar und begreifbar macht. Die Schülerinnen und Schüler, die heute an BRO-Sat mitbauen, werden 2030 an Hochschulen Raumfahrtingenieur:innen, zehn Jahre später vielleicht Payload-Manager:innen auf der Lunar Gateway Station. Die Motivationskette funktioniert.

Primär- und Sekundärziel

Primärziel Bildung. Im Vordergrund steht der Kompetenzgewinn der beteiligten SuS, nicht die technisch maximierte Mission. Bei Zielkonflikten gewinnen pädagogische gegen technische Ambition.

Sekundärziel Demonstrator. Technisch soll BRO-Sat ein funktionierender Schul-zu-Schul-Datenfunk über einen eigenen Satelliten werden. Das Paket 6 „Bodensensor-Netz mit Sat-Spiegel“ ist der explizite Demonstrator-Use-Case.

Was BRO-Sat nicht ist

- Kein Wettbewerbsprojekt mit anderen Hochschul-CubeSats. Wir messen uns an pädagogischem Ertrag, nicht an Bildauflösung.
- Keine wissenschaftliche Primärmission. Wenn im Betrieb nutzbare Daten entstehen (GNSS-Reflectometry, Thermal-Profil, Magnetfeld-Daten), umso besser, das ist aber Bonus, nicht Rechtfertigung.
- Kein Kurzprojekt. Die Gesamtlaufzeit von Konsortialbildung bis Mission-Ende beträgt sechs bis acht Jahre.

Regionaler Bezug

Der Satellit trägt den Namen und das Logo der Bildungsregion Ortenau, nicht einer einzelnen Schule. Er ist bewusst als BRO-Dachprojekt konzipiert. Die gravierte Sat-Nameplate mit BRO-Logo und den Logos der

Sponsoren fliegt physisch im Orbit, die Fotos davon sind Teil der Kommunikationsarbeit.

Technisches Konzept

CubeSat im 2U-Format, LoRa-Downlink auf UHF-Amateurfunkband, verteiltes Bodensegment aus TinyGS-Stationen an BRO-Schulen, Paket-Fusion auf einem Collector-Server. Dieses Konzept ist bewusst konservativ gewählt: keine technische Neuentwicklung, bewährte Komponenten, klare Referenzmissionen.

Formfaktor

Ein CubeSat ist die De-facto-Standardeinheit für Bildungssatelliten. Der Würfel mit 10×10×10 cm Kantenlänge wird „1U“ genannt, ein Masseabschätzung liegt bei 1,33 kg. Für BRO-Sat empfehlen wir 2U (10×10×20 cm, ca. 2,5 kg), weil das Platz für einen Bus-Teil (Elektronik, Funk, Batterie) und einen Payload-Teil (Sensoren, Kamera, optional Lageregelung) bietet, ohne in die deutlich teurere 3U-Klasse zu wechseln.

Funkkonzept

Der Satellit nutzt LoRa-Modulation im Amateurfunkband 435 MHz. Die Frequenz wird über die IARU koordiniert, die Sendeerlaubnis über eine Amateurfunk-Rufzeichenzuteilung (Vorlauf sechs bis zwölf Monate). Die Leistung liegt bei 30 bis 100 mW, ausreichend für einen 500-km-Orbit. Typische Datenrate netto 1 bis 2 kbps.

Bodensegment

Empfang über das weltweite TinyGS-Netz (über 2000 Stationen) plus ein dichtes lokales Netz aus BRO-eigenen TinyGS-Stationen. Material pro Station ca. 120 €, Aufbau in 20 Stunden durch eine Informatik-AG. Je mehr BRO-Stationen teilnehmen, desto vollständiger die Paket-Fusion.

Paket-Fusion, das didaktische und technische Schlüsselprinzip

Eine einzelne TinyGS-Station verliert 15 bis 40 Prozent der Pakete durch Fading, Doppler-Offsets, lokale Störer und Gebäude-Abschattung. Zehn räumlich getrennte Stationen mit unkorrelierten Fehlermustern reduzieren die kombinierte Paket-Verlustrate auf nahe null: $0,3 \text{ hoch } 10 \approx 0,0006$ Prozent. Ein Collector-Server an der Hochschule Offenburg dedupliziert und rekonstruiert vollständige Nutzdaten aus den Paket-Streams aller beteiligten Stationen. Für BRO-Sat heißt das: auch Bilder passen durch die schmalbandige LoRa-Strecke.

Bilddatenübertragung im Detail

Pro Überflug sind bei zehn fusionierenden Stationen 75 bis 120 Kilobyte fusionierbare Nutzdaten realistisch. Damit passen VGA-Bilder (640×480, ca. 50 kB komprimiert) in einen einzigen Pass. HD-Bilder (1024×768, ca. 150 kB) benötigen zwei bis vier Passes, etwa vier bis acht Stunden. Die Onboard-Bildkompression (JPEG oder WebP) wird als Paket 3 an Schülerinnen und Schüler der Informatik-Oberstufe und HSO-Bachelorarbeiten vergeben.

Bildauflösung	Typische Dateigröße	Benötigte Passes	Rekonstruktion komplett nach
160×120 Thumbnail	2 bis 4 kB	1	1 Überflug
320×240	8 bis 15 kB	1	1 Überflug
640×480 VGA	25 bis 60 kB	1 bis 2	2 bis 4 Stunden
1024×768 HD	80 bis 150 kB	2 bis 4	4 bis 8 Stunden

Orbit und Launch

Zielorbit ist ein sonnensynchroner niedriger Erdorbit in 500 bis 600 km Höhe, typisch für Bildungs-CubeSats. Pro Tag vier bis sechs sichtbare Überflüge über die Ortenau, davon drei bis vier nutzbar. Launch als Rideshare-Piggyback über ESA FYS (bevorzugt) oder kommerziell über Exolaunch, D-Orbit oder ISISPACE.

Payload-Architektur

Zwei Nutzlast-Ebenen: eine zentrale Sensor-Payload-Platine, auf der fünf bis sechs Module einzelner BRO-Schulen Platz haben (Paket 2), und eine optionale zweite Payload-Ebene mit Kamera und Bild-Downlink (Paket 3). Die Elektrik wird über einen gemeinsamen Stecker versorgt, jede Schul-Gruppe entwickelt ihre Module gegen ein einheitliches Interface-Control-Dokument.

Was wir bewusst nicht selbst bauen

Bus, EPS (Solarzellen, Batterie, Ladung), Struktur und Funkmodul werden als Commercial-off-the-shelf-Komponenten beschafft (EnduroSat, ISISPACE, GomSpace, Pumpkin). Eigenentwicklungen beschränken sich auf die Payload-Platine und die Ground-Segment-Software (Collector, Dashboard, Pass-Vorhersage). Begründung: Space-Qualifikation von Grundkomponenten ist jahrzehntelang ausgereift, Neuerung ist teuer und lenkt vom pädagogischen Kernziel ab.

Referenzmissionen

- **FossaSat-2** (2019, Spanien): LoRa-Downlink, 320×240 Kamera, Paket-Fusion. Direkte Referenz.
- **SOMP2b** (TU Dresden, 2021): Schul- und Studierenden-CubeSat, mehrere Iterationen, starke Pädagogik-Integration.
- **COMPASS-1** (FH Aachen, 2008): früher deutscher Bildungs-CubeSat, prägend für das Format.
- **QARMAN** (VKI, 2020): Re-entry-Demonstrator, Fallback-Referenz für Mission-Operations-Denken.

Bildungskonzept, die neun Pakete

BRO-Sat ist eine Dach-Initiative, keine einzelne Schul-AG. Zehn bis zwanzig Sub-Projekte an verschiedenen Schulen laufen zeitversetzt und arbeitsteilig. Jede Partnerschule wählt ein oder mehrere der folgenden neun Pakete und committet sich ausschließlich zu diesem Paket, nicht zum Gesamtprojekt.

1 Bodenstation auf dem Schuldach

TinyGS-LoRa-Station auf dem Dach. 3 bis 5 Stationen fusionieren zu einem vollständigen Empfangsnetz.

Informatik-AG, NwT, Klasse 8 bis 12

Aufwand: 1 LK, 20 h, 120 €.

2 Sensor-Modul im Satelliten

Eine Schule entwickelt ein Sensormodul (Magnetometer, IMU, UV, Temp., Geiger). 5 bis 6 Schulen.

NwT/IMP-Neigungskurs 10 bis 12

Aufwand: 1 LK + 3–5 SuS, 1–2 Jahre, 150 €.

3 Kamera und Bild-Downlink

Kamera, Onboard-Kompression, Chunked-LoRa. VGA pro Pass, HD in 2 bis 4 Passes.

Info-LK, Foto-AG, HSO-Kooperation

Aufwand: 1 LK + 4–6 SuS + Bachelorarbeiten, 2 Jahre.

4 Mission Control

Schulisches Missionskontrollzentrum. Pass-Vorhersage, Telemetrie, Betriebsschichten nach dem Start.

Informatik 10 bis 12, Seminarkurs

Aufwand: AG, 2 h/Woche, 2–3 Jahre.

5 Mission Identity und Medien

Name, Logo, Website, Social-Media, Podcast, Doku-Film. Kreative Fächer gleichberechtigt.

Kunst, Deutsch, Medien, Grundschulen

Aufwand: projektweise.

6 Bodensensor-Netz mit Sat-Spiegel

LoRa-Sensornetz am Campus (Feinstaub, Wetter). Daten werden über den Sat gespiegelt, store-and-forward.

NwT/Physik 9 bis 11, Umwelt-AG

Aufwand: NwT + Hausmeister, 6 Monate, 200 €.

7 Unterrichtsmaterial und Didaktik

Aufgaben, Lernvideos, Arbeitsblätter zu Orbitmechanik, Funk, Energiebudget. Creative Commons.

Fachschaften Physik, Info, Mathe

Aufwand: 2–3 LK, ein Schuljahr.

8 Grundschul- und CanSat-Programm

CanSats in Wetterballons, Drohnen mit denselben Sensoren wie der echte Sat. Heranführung.

Grundschulen, Klasse 5 bis 7

Aufwand: 1 LK + Eltern, saisonal, 80 €/Team.

9 Sponsoring und Bildungspartnerschaft

Fundraising, Sponsor-Gespräche, Vertragsentwürfe, Sichtbarkeitsstufen, Pressearbeit.

WiPo-LK, Förderverein, Schulleitung

Aufwand: 1 LK + Team, projektbegleitend.

Phasierung. Phase 1 (2026/27): Paket 1 und 5 und 9 an möglichst vielen Schulen, das schafft das Empfangsnetz, die Identität und die Finanzierungsbasis. Phase 2 (2027/28): Paket 2, 3, 6 an Profilschulen. Phase 3 (2028/29): Paket 7 Unterrichtsmaterial parallel zu Integration und Test. Phase 4 (ab 2029): Paket 4 Mission Control, sobald der Sat fliegt. Paket 8 läuft durchgehend als Outreach.

Konsortium und Rollen

Drei institutionelle Hauptpartner, Schiller-Gymnasium als Initiator, fünf bis zehn BRO-Schulen als aktive Paket-Träger. Governance-Modell: Dach-Initiative der Bildungsregion Ortenau, operative Konsortial-AG mit halbjährlichen Treffen, formelle Antragstellerschaft durch die Hochschule.

Bildungsregion Ortenau (BRO) Träger, politischer Rahmen	Schirmherrschaft und formelle Dachinitiative. Vermittlung an BRO-Schulen, Nutzung bestehender Koordinationsstrukturen (Geschäftsstelle, Arbeitsgruppen). Kommunikation gegenüber Landkreis und Schulämtern. Prüfung von Direktzuschüssen aus dem BRO-Haushalt oder Jugendbildungsetat.
Hochschule Offenburg Wissenschaftliche Leitung, Antragsteller	Formelle Antragstellerschaft bei ESA „Fly Your Satellite!“ und DLR-Bildungsprogrammen. Bereitstellung der Testlabore (Thermal-Vakuum, Vibration, EMV). Betreuung von Bachelor- und Masterarbeiten zu Payload-Entwicklung, Funkkonzept, ADCS. Betrieb des Collector-Servers. Technische Qualifikation vor Launch.
Xenoplex-Schülerforschungslabor Operative Projektkoordination	Projektoperatives Tagesgeschäft, Koordination der Paket-Träger-Schulen, Hosten von Schüler-Workshops und Lötabenden, Werkstatt und Werkzeuge, Vermittlung zwischen Schulen und Hochschule. Ansprechpartner für Lehrkräfte der Partnerschulen.
Stadt Offenburg Schulträger, institutioneller Rückhalt	Schulträger des Schiller-Gymnasiums und damit formeller Sachaufwandsträger der Initiator-Schule. Zustimmung des Schulträgers zur mehrjährigen Projektarbeit, Nutzung von Schul-Infrastruktur (Dach für TinyGS, Räume für Mission-Control). Prüfung von Beteiligung an Investitionskosten im Rahmen der Bildungsförderung der Stadt. Einbindung der weiteren Offenburger Schulträger-Partnerschulen über die städtische Schulverwaltung.
Schiller-Gymnasium Offenburg Initiator, Erste-Station, Mission-Control-Träger	Initiative und Startenergie. Betreibt die erste TinyGS-Station als Pilotinstallation. Entwickelt Paket 4 (Mission Control) federführend. Stellt den Ansprechpartner gegenüber dem Konsortium. Keine dauerhafte Sonderrolle gegenüber anderen Partnerschulen.
Partnerschulen (5 bis 10) Aktive Paket-Träger	Jede Partnerschule committet sich zu genau einem Paket (oder mehreren, freiwillig). Pro Paket eine engagierte Lehrkraft mit zwei Entlastungsstunden pro Woche, abgesegnet von der Schulleitung, plus Teilnahme an zwei bis vier BRO-Koordinationstreffen pro Jahr.

Governance

Konsortial-AG trifft sich halbjährlich, mit Rotationssprecher oder neutraler BRO-Geschäftsstellen-Moderation. Operative Entscheidungen in monatlichen Online-Jours-fixes. Vertragsgrundlage ist ein Memorandum of Understanding zwischen den drei Hauptpartnern, angehängt Beitrittsvereinbarungen je Partnerschule. Die Konsortialführung ist zu Projektbeginn bewusst offen, zwei Varianten stehen zur Entscheidung: HSO als formeller Lead (stärker für ESA-Antrag), Xenoplex als operativer Lead (stärker im Tagesbetrieb).

Zeitplan und Meilensteine

Gesamtlaufzeit sechs Jahre von Konsortialbildung bis Mission-Ende. Fünf Phasen, Meilensteine halbjährlich, harte Termine durch ESA-FYS-Antragsrunden und Rideshare-Launch-Zyklen.

Phase	26/27 H1	26/27 H2	27/28 H1	27/28 H2	28/29 H1	28/29 H2	29/30 H1	29/30 H2	30/31 H1	30/31 H2
P1 Exploration, Konsortium	█	█								
P2 Ground-Segment-Ausbau		█	█	█	█					
P3 Payload-Entwicklung			█	█	█	█				
P4 Integration, Qualifikation					█	█	█			
P5 Launch, Operations								█	█	█

Harte Meilensteine

Termin	Meilenstein	Verantwortlich
Okt 2026	Konsortialtreffen 1, MoU unterschrieben	BRO-Geschäftsstelle
Mrz 2027	ESA FYS Antragsrunde oder Alternative (DLR) eingereicht	Hochschule Offenburg
Sep 2027	Preliminary Design Review (PDR)	HSO, Xenoplex
Mrz 2028	Sponsoring-Ziel 50 % erreicht (Hauptsponsor gewonnen)	Paket 9 Team
Sep 2028	Critical Design Review (CDR), IARU-Frequenzkoordination läuft	HSO
Mrz 2029	Flight Readiness Review (FRR), Sat qualifiziert	HSO
ab Jun 2029	Launch-Window (Rideshare-abhängig)	Launch-Provider
ab 2030	Operations, 1 bis 3 Jahre	Mission-Control-Schule

Puffer und Realismus. Launch-Datum im Rideshare-Markt verschiebt sich routinemäßig um sechs bis zwölf Monate. Der Zeitplan enthält zwei volle Halbjahre Puffer zwischen Qualifikation und erstem Launch-Fenster. Ohne ESA-FYS-Zusage verschiebt sich Launch um 12 bis 24 Monate, weil ein kommerzieller Slot selbst gesucht und gekauft werden muss.

Budget und Finanzierung

Zwei Szenarien werden gegenübergestellt. Szenario A: ESA „Fly Your Satellite!“ nimmt den Antrag an, Launch und Qualifikationstests werden gestellt. Szenario B: ESA-Antrag abgelehnt, vollständig selbstfinanzierter Rideshare über einen kommerziellen Anbieter. Planerisch wird Szenario B als Fallback mitgeführt, Fundraising läuft nicht in der Hoffnung auf Szenario A, sondern in Vorbereitung auf Szenario B.

Szenario A, mit ESA FYS	
Launch (Rideshare)	0 €
Qualifikationstests	0 €
ESA-Mentoring	0 €
Satelliten-Bus (COTS)	15 bis 25 k€
Payload-Komponenten	10 bis 15 k€
Funkmodule, Antenne	2 bis 5 k€
Integration, Labor, Reise	5 bis 10 k€
Versicherung, IARU-Gebühren	2 bis 4 k€
Puffer 20 %	6 bis 11 k€
Eigenanteil	40 bis 70 k€

Szenario B, ohne FYS	
Launch (kommerziell, 2U Rideshare)	60 bis 80 k€
Qualifikationstests (extern oder HSO)	10 bis 20 k€
Frequenzkoordination, Lizenzen	3 bis 5 k€
Satelliten-Bus (COTS)	15 bis 25 k€
Payload-Komponenten	10 bis 15 k€
Funkmodule, Antenne	2 bis 5 k€
Integration, Labor, Reise	8 bis 15 k€
Versicherung	2 bis 4 k€
Puffer 20 %	20 bis 30 k€
Eigenanteil	130 bis 200 k€

Deckungsstrategie

Quelle	Szenario A	Szenario B	Status
Sponsoring-Pyramide (regional + national)	30 bis 50 k€	50 bis 90 k€	offen, Paket 9
Stiftungs-Anträge (Klaus-Tschira, Hans-Riegel, Telekom)	10 bis 30 k€	20 bis 40 k€	Antragsphase
BRO-Haushalt, Landkreis Ortenau	5 bis 15 k€	10 bis 25 k€	zu prüfen
Stadt Offenburg (Schulträger, Bildungsförderung)	5 bis 10 k€	10 bis 20 k€	zu prüfen
BMBF/DLR-Schulraumfahrt-Programme	0 bis 10 k€	10 bis 30 k€	zu sondieren

Quelle	Szenario A	Szenario B	Status
Schulfördervereine	5 bis 10 k€	5 bis 10 k€	abhängig von Partnerschulen
Summe Cash	55 bis 125 k€	105 bis 215 k€	

In-Kind-Leistungen zusätzlich. Labornutzung HSO (ca. 15 bis 30 k€ Äquivalent), Räume und Werkstatt Xenoplex (ca. 5 bis 10 k€), Betreuungszeit HSO-Studierende (ca. 10 bis 20 k€), Lehrkraft-Entlastungsstunden (5 bis 10 k€). In Summe 35 bis 70 k€ In-Kind, die nicht als Cash benötigt werden, aber für Förderanträge monetarisierbar sind.

Risiken und Absicherung

Keine Raumfahrt-Mission ohne Risiko. Die folgende Tabelle listet die fünfzehn identifizierten Hauptrisiken mit Schwere-Einschätzung und Minderungsstrategie.

Risiko	Schwere	Minderung
ESA-FYS-Antrag abgelehnt	MITTEL	Szenario B greift. Fundraising läuft von Anfang an in FYS-unabhängiger Höhe. DLR- und BMBF-Alternativen parallel sondieren.
HSO-Kapazität unzureichend	HOCH	Verteilung auf Bachelor- und Masterthemen-Pipeline statt Abhängigkeit von einzelnen Professuren. Xenoplex übernimmt Koordination statt HSO. Bus-Komponenten COTS statt Eigenbau reduziert Last.
IARU-Frequenzkoordination verzögert	MITTEL	Antrag mindestens 12 Monate vor Launch. AMSAT-DL und DARC-Netzwerk als Fürsprecher. Backup: zweites Frequenzband prüfen.
Launch-Verzögerung durch Rideshare-Markt	GERING	Zeitplan enthält 6 bis 12 Monate Puffer. Mehrere Launch-Provider sondieren, kein Single-Point.
Bus-Faktor eins bei Lehrkräften	HOCH	Pro Schule zwei mittragende Lehrkräfte als Voraussetzung für Paket-Beitritt. BRO-Koordinationsstelle als Kontinuitätsanker.
Schulverbund zerfällt vor Launch	MITTEL	BRO-Dachprojekt-Struktur, Schulwechsel einzelner Schulen wird abgedeckt. Paket-Transferregeln dokumentiert.
Hauptsponsor zieht zurück	MITTEL	Sponsoring-Pyramide breit aufstellen. Mehrere Silber-Sponsoren statt einzelner Hauptsponsor. Vertragslaufzeit über Meilensteine, nicht über Jahre.
Satellit versagt nach Launch	GERING	Primärziel Bildung wird auch bei Ausfall erreicht. Qualifikationstests reduzieren Ausfallwahrscheinlichkeit. Kommunikation ehrlich: „wir haben gebaut, gelernt, gestartet“.
Datenschutz und Bildrechte	GERING	Keine personenbezogenen Daten im System. Bilder von der Bauphase mit SuS werden mit Einwilligungserklärung aufgenommen. BRO-Datenschutzrichtlinien einhalten.
Weltraumschrott-Auflagen (25-Jahre-Regel)	GERING	Orbithöhe 500 bis 600 km sorgt für Wiedereintritt innerhalb von fünf bis acht Jahren. Regelkonform ohne aktive Deorbit-Maßnahme.
Export-Kontrolle (ITAR/Dual-Use)	GERING	COTS-Komponenten ohne ITAR-Hürden werden bevorzugt. HSO hat Export-Kontroll-Prozess etabliert.

Risiko	Schwere	Minderung
Projektmüdigkeit im Kollegium	MITTEL	Klare Paketgrenzen, klare Erfolge pro Halbjahr, keine endlosen Integration. Regelmäßige Erfolgsmomente, auch kleine, sichtbar machen.

Nächste Schritte

Sechs konkrete Schritte in den nächsten acht Wochen. Verantwortlich jeweils namentlich benannt, Rückmeldetermine fest.

- 1 Gespräch mit Stadt Offenburg (Schulträger)**

Adressat: Amt für Schulen, Kinder und Jugend. Thema: institutionelle Zustimmung zur mehrjährigen Projektarbeit am Schiller-Gymnasium, Prüfung einer Bildungsförderzeile, Einbindung der weiteren Offenburger Schulträger-Schulen. Gesprächsziel: mündliche Zustimmung, Benennung einer Kontaktperson im Schulamt. Verantwortlich: Marek Czernohous, bis 1. Juni 2026.
- 2 Gespräch mit BRO-Geschäftsstelle**

Vorstellung der Projektmappe, Abklärung der Schirmherrschaft, Trägerkonstellation, BRO-Haushaltszeile. Gesprächsziel: mündliche Zustimmung zur Exploration, Benennung einer BRO-internen Kontaktperson. Verantwortlich: Marek Czernohous, bis 15. Juni 2026.
- 3 Gespräch mit Hochschule Offenburg**

Adressaten: Fakultät Elektrotechnik/Medieninformatik, Technologietransferstelle. Thema: formelle Antragstellerschaft ESA FYS, Labornutzung, Bachelor-/Master-Themen-Pipeline. Gesprächsziel: mündliche Grundzustimmung, namentliche Ansprechperson. Verantwortlich: Marek Czernohous, bis 30. Juni 2026.
- 4 Gespräch mit Xenoplex**

Thema: operative Projektkoordination, Nutzung von Räumen und Werkstatt, Workshop-Kapazitäten. Gesprächsziel: mündliche Zustimmung, Einschätzung der benötigten Koordinationszeit. Verantwortlich: Marek Czernohous, bis 30. Juni 2026.
- 5 Erstes Konsortialtreffen**

Alle drei Hauptpartner plus Schiller. Tagesordnung: Bestätigung der Rollen, Festlegung Konsortialführung (HSO oder Xenoplex), Entwurf Memorandum of Understanding. Verantwortlich: BRO-Geschäftsstelle als Gastgeber, Oktober 2026.
- 6 Schul-Akquise starten**

Basierend auf dem Konsortial-MoU werden die BRO-Schulen angesprochen. Einseiter „Acht Wege mitzumachen“ wird in BRO-Kommunikationskanälen verteilt, Schulleitungs-Gespräche beginnen. Ziel: bis Ende 2026 fünf bis sieben Partnerschulen mit Paket-Zuordnung. Verantwortlich: Konsortial-AG, November bis Dezember 2026.
- 7 ESA-FYS-Antrag vorbereiten**

Parallel zur Schul-Akquise arbeitet HSO am ESA-Antrag (nächste Runde voraussichtlich März 2027). Antragsqualität ist entscheidend, die Vorbereitung beansprucht drei bis vier Monate. Verantwortlich: HSO, Dezember 2026 bis Februar 2027.

Ansprechpartner

Marek Czernohous, Schiller-Gymnasium Offenburg, m.czernohous@schigy-og.de. Initiator, Koordinator bis zum ersten Konsortialtreffen, danach Rolle im Konsortium zu klären.

Anhang A, Referenzmissionen und Glossar

Referenzmissionen, auf die wir uns stützen

FossaSat-2 (FossaSystems, Spanien, 2019)

1U CubeSat mit LoRa-Downlink und 320x240-Kamera. Paket-Fusion über das globale TinyGS-Netz, regelmäßig empfangene Bilder. Direkteste Referenz für BRO-Sat, sowohl technisch als auch operativ.

SOMP2b (TU Dresden, 2021)

Schul- und Studierenden-CubeSat der Familie „Student's Own Material and Payload“. Mehrere Iterationen, starke Beteiligung von Gymnasien (ursprünglich mit Hülsenbeck-Gymnasium Dresden). Wichtige Referenz für die Pädagogik-Integration über Jahre hinweg.

COMPASS-1 (FH Aachen, 2008)

Einer der frühen deutschen Bildungs-CubeSats, geflogen auf einer indischen PSLV. Heute noch Lehrmaterial, Dokumentation offen zugänglich. Wichtige Blaupause für das organisatorische Durchhalten über sechs Jahre.

ESA Fly Your Satellite! Programm

Standardprogramm der Europäischen Weltraumagentur für universitäre CubeSat-Missionen. Stellt Launch, ESA-Facility-Zugang für Tests und Mentoring durch ESA-Ingenieure bereit. Bewerbung durch formell antragsberechtigter Hochschule. Für BRO-Sat der zentrale Anspruch.

Glossar

CubeSat	Standardisiertes Kleinsatelliten-Format. Einheit 1U = 10x10x10 cm, ca. 1,3 kg. BRO-Sat nutzt 2U.
LoRa	Long Range, modulationstechnisches Verfahren für schmalbandige, weitreichende, energiearme Funkverbindungen. In CubeSats etabliert.
TinyGS	Weltweites Community-Bodennetz für LoRa-CubeSats. Über 2000 Stationen, freie Software, niederschwellig selbst aufbaubar.
Paket-Fusion	Technik zur Rekonstruktion vollständiger Nutzdaten aus Paket-Streams mehrerer Empfangsstationen. Zentrale Rolle für BRO-Sat.
Rideshare	Mehrfach-Launch, bei dem ein Primär-Satellit mehrere kleine Sekundärnutzlasten mitnimmt. Standard für CubeSats.
SSO	Sun-Synchronous Orbit, sonnensynchroner Orbit. Der Satellit überfliegt jeden Ort zur gleichen lokalen Sonnenzeit. Typisch für Erdbeobachtung.
IARU	International Amateur Radio Union, koordiniert Amateurfunk-Frequenzen weltweit. Muss BRO-Sat-Frequenz absegnen.

COTS	Commercial off-the-shelf, fertige Komponenten aus dem Raumfahrt-Handel. Standard für Bus, EPS, Radio bei Bildungs-CubeSats.
PDR / CDR / FRR	Preliminary / Critical Design Review, Flight Readiness Review. Standard-Meilensteine in der Raumfahrt-Projektarbeit.
MoU	Memorandum of Understanding, Absichtserklärung zwischen Konsortialpartnern. Typischer Einstieg vor einem formellen Konsortialvertrag.

Anhang B, FAQ und Entscheidungshilfen

Für Schulleitungen

Was verpflichtet sich meine Schule, wenn wir beitreten?

Ausschließlich das gewählte Paket. Keine rechtliche oder finanzielle Gesamthaftung. Beitrittsvereinbarung ist beidseitig mit sechs Monaten kündbar.

Was kostet das meine Schule?

Paketabhängig zwischen 80 € und 200 € Material. Lehrkraft-Entlastungsstunden (zwei pro Woche) entweder intern kompensiert oder über BRO-Haushalt geplant. Keine weiteren Kosten.

Was passiert, wenn die Lehrkraft die Schule wechselt?

Das Paket geht an die Schule, nicht an die Lehrkraft. Die Schule nennt eine Nachfolge, oder das Paket wird im Konsortium neu vergeben. Kein Projektabbruch.

Wie viel Pressearbeit kommt auf uns zu?

Minimal, wenn die Schule nicht in Paket 5 oder 9 arbeitet. Die Mission-Identity-Schule (Paket 5) koordiniert Presse zentral. Partnerschulen werden in BRO-weiten Pressemitteilungen namentlich genannt und mit Logo verlinkt.

Für Hochschule Offenburg

Was kostet uns die Antragstellerschaft ESA FYS?

Personalaufwand für Antragsbearbeitung (drei bis vier Monate einer wissenschaftlichen Stelle anteilig), danach Mentoring-Aufwand über drei Jahre. Technische Leitung ist projektförderbar, das heißt ein Teil der Personalkosten kann über die Ko-Finanzierung gedeckt werden.

Wer darf Bachelor- und Masterarbeiten betreuen?

HSO-Professuren gemäß eigener Auswahl. Vorschläge: Nachrichtentechnik (Funk, FEC), Informatik (Collector-Server, Bildkompression, ML), Elektrotechnik (EPS, Hardware-Design). Mindestens 6 Abschlussarbeiten über die Projektlaufzeit realistisch.

Für Xenoplex

Wie viel operative Koordinationszeit erwartet ihr?

In der Aufbauphase (2026/27) etwa 10 Stunden pro Monat. Steigend auf 15 bis 20 Stunden pro Monat während der Payload-Phase (2027/28), sinkend nach Launch. Gesamt über sechs Jahre etwa 600 bis 900 Stunden

Koordination, verteilbar.

Kann Xenoplex auch eigene Forschungsfragen einbringen?

Ausdrücklich erwünscht. Eine oder zwei Xenoplex-Forschungsprojekte können Sensormodule oder Payload-Slots besetzen. Die Auswahl erfolgt im Konsortium.

Rechtliche Rahmenfragen (Übersicht, nicht abschließend)

Versicherungspflicht	Launch-Versicherung ist beim Rideshare-Provider eingeschlossen. Eigene Haftpflicht nicht zwingend, wird aber geprüft.
Exportkontrolle	COTS-Komponenten ohne ITAR. HSO hat Export-Kontroll-Prozess, wird dort mitgelaufen.
Frequenzrecht	IARU-Koordination plus BNetzA-Anmeldung, zwölf Monate Vorlauf.
Datenschutz	Keine personenbezogenen Daten im Satelliten. Bild-Einwilligungen der SuS bei der Bodenarbeit.
Urheberrecht	Software unter MIT-Lizenz, Unterrichtsmaterialien unter Creative Commons BY-SA.
Weltraumschrott	IADU-25-Jahres-Regel wird durch Orbitwahl automatisch erfüllt.