

UAV-Vermessung: das Ergebnis abnehmen

Für Teams, die Orthofotos, Punktwolken oder Geländemodelle spezifizieren.

Vom Messpunkt zum Liefergegenstand

Ein präziser Antennenpunkt ist noch kein präzises Orthofoto. Kamerakalibrierung, Belichtungszeitpunkt, Bildgeometrie, Passpunkte und unabhängige Kontrollpunkte gehören in denselben Prüfplan. Definieren Sie zuerst das Ergebnisformat, den Raumbezug und den zulässigen Fehler am Kontrollpunkt.

Wer entscheidet? Arbeitsannahme

Als Arbeitshypothese formuliert die Vermessungsleitung den Bedarf, prüft die technische Leitung den Datenfluss und genehmigt der Einkauf zusammen mit der Projektleitung das Budget. Diese Rollen sind im Erstgespräch zu bestätigen; es liegt kein nachgewiesener Kundenauftrag vor.

Für die erste Prüfung

Bitte nennen Sie Bundesland, Fläche, Gelände und Abschattung, UAV/Firmware, Kamera, vorhandene Rohdaten, Ziel-CRS, Höhensystem und einen bisherigen Kontrollpunktbericht. Flugplanung und Betriebsfreigabe bleiben Aufgaben des verantwortlichen Betreibers.

Quellen: S11, S13

Wiederholbare Inspektion und autonome Systeme

Positionsbezug und Datenkontinuität für wiederkehrende zivile Aufgaben klären.

Wiederfinden und Vergleichen

Bei wiederkehrenden Anlageninspektionen muss ein Befund im gleichen Koordinaten- und Zeitbezug wiedergefunden werden. Relative Wiederholbarkeit ersetzt keine absolute Einmessung. Für mobile Roboter sind Reifenschlupf, Abschattung und Sensorfusion zusätzliche Prüfgrößen. Dies sind Planungshinweise, keine zugesagten Fähigkeiten einer gelieferten Plattform.

Unterbrechungen bewusst behandeln

Unter Gebäuden, an Fassaden oder unter Bäumen kann GNSS unbrauchbar werden. Eine erneute Fixed-Meldung allein darf eine sicherheitsrelevante Entscheidung nicht freigeben. Zustand, Innovationsprüfung, Zeitstempel und ein auf die Aufgabe abgestimmter Rückfallplan sind gemeinsam zu bewerten.

Verantwortung vor dem Pilotversuch

Vorgeschlagene Rollen: Anlagenbetreiber stellt Zugang und Abnahmekriterien; Integrator dokumentiert Schnittstellen; Betreiber verantwortet den sicheren Betrieb. Ansprechpartner, Einsatzfreigaben und Integrationskompetenz müssen vor einem Angebot benannt werden.

Quellen: S7, S11

GNSS-Empfänger und Schnittstellen auswählen

Eine Prüfliste für die Auswahl, kein eigener Produktkatalog.

Herstellerbeispiele richtig verwenden

ZED-F9P und NovAtel OEM7/SPAN dienen hier ausschließlich als Dokumentationsbeispiele. Es bestehen keine durch diese Seite belegten Vertriebsrechte, Lagerbestände oder Partnerschaften. Prüfen Sie die konkrete Teilenummer, Firmware und freigeschaltete Funktionen vor jeder Kompatibilitätsaussage.

Anforderungsmatrix

Erfassen Sie Frequenzbänder und Konstellationen, RTCM-Nachrichten inklusive MSM-Variante, UART/USB/CAN und elektrische Pegel, Datenrate, Rohdatenausgabe, PPS/Event-Eingang, Antennenversorgung, Masse, Leistung, Temperatur und EMC-Nachweise. NTRIP-Unterstützung kann im Empfänger, Begleitrechner oder Bodenrechner liegen; der Ort ist explizit festzulegen.

Mechanik ist Teil der Messkette

Die Antennenreferenz, IMU-Achsen und Kamerareferenz benötigen messbare Einbaukoordinaten. Haltersteifigkeit, Kabelzug und elektromagnetische Umgebung gehören in den Integrationsnachweis. Eine vorhandene Bearbeitungsfähigkeit ist noch kein Beleg für eine validierte GNSS-Integration.

Quellen: S5, S6, S10

RTK, Network RTK, PPK und GNSS/INS

Positionierungsverfahren, Datenformat und Transport getrennt betrachten.

Verfahren

RTK löst Trägerphasenmehrdeutigkeiten mit zeitnahen Referenzdaten. Network RTK nutzt ein Referenzstationsnetz zur Modellierung räumlicher Fehler; VRS, FKP und MAC sind unterschiedliche Bereitstellungsansätze, deren Unterstützung zu prüfen ist. PPK verarbeitet aufgezeichnete Rover- und Referenzdaten nach dem Einsatz: geeignet für nachträgliche Auswertung, aber kein Ersatz für eine in Echtzeit benötigte Navigationslösung.

Format und Transport

RTCM beschreibt standardisierte GNSS-Nachrichten; NTRIP transportiert GNSS-Daten über IP. Keines von beiden ist selbst ein Positionierungsalgorithmus. Mountpoint, RTCM-Version, Nachrichtentypen, Authentifizierung, GGA-Rückmeldung und Update-Raten müssen auf beiden Seiten zusammenpassen.

Fixed, Float und GNSS/INS

Fixed kennzeichnet eine ganzzahlige Mehrdeutigkeitslösung, Float eine nicht ganzzahlig festgelegte Schätzung. Fixed ist kein Integritätszertifikat. GNSS/INS verbindet Satellitenbeobachtungen mit inertialen Messungen. Während einer GNSS-Lücke kann INS weiterrechnen, aber seine Unsicherheit wächst; die zulässige Dauer folgt aus Tests der konkreten IMU und Bewegung.

Quellen: S4, S7, S8, S6

SAPOS, Raumbezug und Einsatz in Deutschland

Offizielle Angaben geprüft am 30.09.2026; vor Beschaffung erneut bestätigen.

Leistung ist keine Systemgarantie

AdV nennt für HEPS 1–2 cm Lage und 2–3 cm Höhe. Das sind Angaben des Korrekturdatendienstes, keine Zusage für unser UAV, Kameraergebnis oder jeden Standort. Bedingungen, statistische Definition und Prüfverfahren sind vor einer Abnahme zu vereinbaren.

Zugang und Kosten

Die ZSS-Webseite nennt für bundesweites HEPS 10 EUR je Kennung und Monat sowie 100 EUR einmalige Anmeldeverwaltung. Eine Kennung darf dort nicht gleichzeitig auf mehreren Geräten genutzt werden. Die Bayern-FAQ nennt kostenfreie Dienstenutzung mit 20 EUR jährlicher Kontoverwaltung. Dies sind unterschiedliche Angebote; Region, Parallelverbindungen, Lizenz und aktueller Tarif sind je Auftrag zu prüfen.

Koordinaten vollständig benennen

Vereinbaren Sie Datum, Realisierung, Epoche, Projektion/Zone, Einheiten und Höhenart. Die Bayern-FAQ führt ETRS89/DREF91 (R2025), DHHN2016 und GCG2016 auf. Ellipsoidische Höhe h und Normalhöhe H sind nicht gleich: $H = h - \zeta$ im passenden Quasigeoidmodell. Eine UTM-Zonenumrechnung ersetzt keine Datumstransformation. Einstellungen nicht ungeprüft auf andere Bundesländer übertragen.

Betrieb separat freigeben

RTK hebt Betriebsregeln nicht auf. EASA unterscheidet open, specific und certified nach Betriebsrisiko. Der Betreiber muss Kategorie, nationale geografische Gebiete und erforderliche Genehmigungen für den konkreten Flug prüfen. Diese Website erteilt keine Betriebsfreigabe.

Quellen: S1, S2, S3, S11

Zeit, Hebelarm und Datenverantwortung

Die Antennenposition bis zum Sensorergebnis nachvollziehbar halten.

Gemeinsame Zeitbasis

Unterscheiden Sie Messzeit, Empfangszeit und Verarbeitungszeit. GNSS-Zeit, UTC und monotone Systemzeit dürfen nicht ungeprüft gemischt werden. PPS allein beschreibt nicht automatisch den Bildbelichtungszeitpunkt: Trigger, Event-Rückmeldung, Verzögerung und Jitter sind zu messen. Näherung für konstante Geschwindigkeit: Positionsfehler $\approx$ Geschwindigkeit $\times$ Zeitfehler.

Einbaugeometrie

Dokumentieren Sie Achsen, Vorzeichen und die Vektoren zwischen Antennenreferenz, IMU und Kamera. Ein Hebelarm muss mit der Orientierung in das Zielsystem gedreht werden; ein beweglicher Gimbal verändert die Geometrie. Antennenphasenzentrum, mechanischer Referenzpunkt und Kameraprojektionszentrum sind nicht austauschbar.

Lokal und extern

Vorgeschlagene Aufteilung: Empfänger und Flugrechner berechnen lokal Navigation und protokollieren Rohdaten, Zustände und Sensorereignisse. Ein externer Caster liefert Korrekturen; eine spätere Cloud-Auswertung ist optional und gesondert freizugeben. Zugangsdaten bleiben im geschützten Gerätespeicher. Datenhoheit, Export, Löschfristen und Update-Verantwortung gehören in den Vertrag.

Baseline und Umgebung

Mit größerem Basisabstand können atmosphärische Restfehler und die Dekorrelation der Messungen zunehmen. Netzwerkmodelle vermindern bestimmte räumliche Fehler, beseitigen aber lokale Abschattung oder Mehrwege am Rover nicht. Basisabstand, Satellitensicht, Antennenaufbau und Umgebung mit jedem Versuch protokollieren; eine universelle Reichweitengrenze wird hier nicht versprochen.

Fehlerbehandlung

Protokollieren Sie Korrekturalter, Paketlücken, Lösungstyp und Qualitätswerte. Bei Netzunterbrechung keine feste Zentimetergenauigkeit behaupten. PPK setzt geeignete, zeitlich überlappende Rohdaten voraus. Tests für Abschattung, Mehrwege, Neustart und Wiederverbindung dürfen erst nach sicherer Versuchsplanung erfolgen.

Quellen: S6, S7, S10

Ein prüfbarer Abnahmeplan

Engineering-Vorschlag zur Abstimmung; weder Produktleistung noch gesetzlicher Grenzwert.

Messgrößen definieren

Horizontalfehler je Punkt: $\sqrt{\Delta E^2 + \Delta N^2}$; Vertikalfehler: ΔH . $RMSE_H = \sqrt{\text{Mittelwert}(\Delta E^2 + \Delta N^2)}$, $RMSE_V = \sqrt{\text{Mittelwert}(\Delta H^2)}$. Zusätzlich Bias, 95%-Quantil, Maximalfehler, Stichprobenzahl und Ausfälle berichten. CEP beschreibt einen 50%-Radius; RMS, 1σ und 95% sind ohne Verteilungs- und Dimensionsannahmen nicht gleichzusetzen.

Zeit und Verfügbarkeit

Zeit bis Fixed vom definierten Startzustand messen, beispielsweise ab gültigem Korrektoreingang; Kalt-/Warmstart getrennt ausweisen. Re-Fix beginnt nach Ende einer definierten Unterbrechung. Median, 95%-Quantil und nicht erreichte Fixes berichten. Fixed-Anteil = Fixed-Epochen / alle erwarteten Epochen des Testfensters; fehlende Daten nicht still entfernen.

Versuchsplan und Unterlagen

Vorschlag: drei unabhängige Wiederholungen je freigegebenem Szenario, getrennte Kalibrier- und Kontrollpunkte, Referenzunsicherheit dokumentiert. Szenarien: freie Sicht, realistische Abschattung, definierte Linkunterbrechung, Neuinitialisierung. Konfiguration, Firmware, Basis-CRS, Baseline, Wetter, GNSS-Rohdaten, Zeitereignisse und Auswertungsversion speichern. Akzeptanzwerte für H/V, Fix-Zeit und Verfügbarkeit bleiben bis zur Käuferfreigabe offen.

Ergebnis statt Statuslampe

Eine eng gestreute Messreihe kann durch falsche Basiskoordinaten systematisch versetzt sein. Prüfen Sie Wiederholbarkeit und absolute Abweichung separat. Abnahme von Orthofoto/Punktwolke erfolgt an unabhängigen Objektpunkten, nicht allein anhand der Empfängeranzeige.

Quellen: S9, S6, S8

Vom Bedarf zur verantworteten Leistung

Zunächst eine dokumentierte technische Anfrage; Lieferumfang erst nach Prüfung.

Heute verfügbar

Dieser Bereich bietet technische Information, Quellenverweise, eine Anforderungsscheckliste und die Speicherung Ihrer Anfrage im Plattform-Posteingang. Eine zuständige Rechtseinheit, ein benannter Integrator und ein verifizierter Testbericht sind vor verbindlichen Leistungszusagen festzulegen.

Geschäftsmodelle unterscheiden

Eigenentwicklung bedeutet Verantwortung für Algorithmus, Firmware, Validierung und Pflege. Modulzukauf lässt die Empfängerentwicklung beim Hersteller, die Systemintegration aber beim Integrator. Vertrieb erfordert belegte Rechte und klare Gewährleistung. Integration umfasst nur vereinbarte Schnittstellen und Abnahmen; sie ist kein Nachweis eigener GNSS-IP.

Vorgeschlagene Projektstufen

1. Bedarf und Dateien aufnehmen. 2. Verantwortliche und Fähigkeiten bestätigen. 3. Schnittstellen-/Risikoliste erstellen. 4. Musteraufbau und Testplan anbieten. 5. Ergebnisse gegen vereinbarte Kriterien prüfen. 6. Konfiguration, Protokolle und Wartungsumfang übergeben. Budget und Termin entstehen erst aus dem freigegebenen Umfang.

Engineering-Vorschlag; keine bestätigte Lieferfähigkeit.

Quellen / Sources

Checked 2026-09-30. Manufacturer examples are not our performance evidence. Full source texts are linked, not reproduced.

S1 | AdV · SAPOS HEPS

<https://www.adv-online.de/de/produkte/saposr-heps>

S2 | ZSS · Gebühren & Anmeldung

<https://zentrale-stelle-sapos.de/gebuehren-anmeldung/>

S3 | LDBV Bayern · SAPOS FAQ

https://www.ldbv.bayern.de/produkte/dienste/sapos_faq.html

S4 | BKG · GNSS-Datenzentrum

<https://www.bkg.bund.de/DE/Produkte-und-Dienste/Servicestelle-Geodasie/GDC/gdc.html>

S5 | PX4 · RTK GNSS

https://docs.px4.io/main/en/gps_compass/rtk_gps

S6 | u-blox · ZED-F9P Integration Manual, UBX-18010802

https://content.u-blox.com/sites/default/files/ZED-F9P_IntegrationManual_UBX-18010802.pdf

S7 | NovAtel · Fundamentals of GNSS+INS

https://docs.novatel.com/OEM7/Content/SPAN_Install/Fundamentals_of_GNSS_INS.htm

S8 | NovAtel · Processing Modes and Solutions

https://docs.novatel.com/Waypoint/Content/Overview/Processing_Modes_Solutions.htm

S9 | NovAtel · GPGST

<https://docs.novatel.com/OEM7/Content/Logs/GPGST.htm>

S10 | NovAtel · Variable Lever Arm

https://docs.novatel.com/OEM7/Content/SPAN_Configuration/Variable_Lever_Arm.htm

S11 | EASA · Operating a drone

<https://www.easa.europa.eu/en/domains/drones-air-mobility/operating-drone>

S12 | LfDI Baden-Württemberg · Cookies & Tracking

<https://www.baden-wuerttemberg.datenschutz.de/cookies-tracking-faq-update/>

S13 | ZSS · Dienste & Anwendungen

<https://zentrale-stelle-sapos.de/dienste-anwendungen/>

<https://be-passive.com/sites/rtk/de/report>