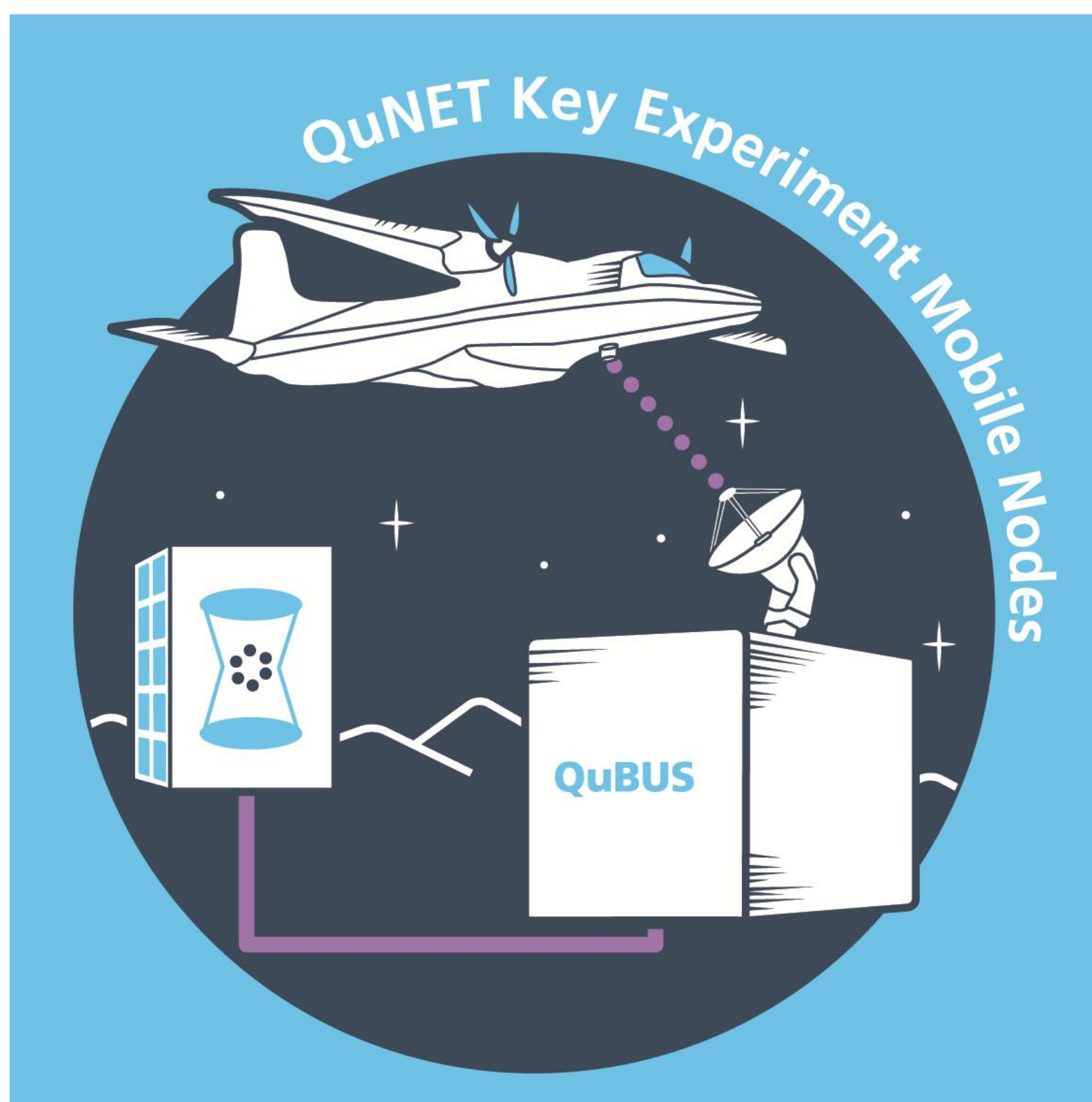


Mobiles Strahlführungssystem für die optische Freistrahlskommunikation

P. Kühmstedt¹, M. Goy¹, M. Rothe¹, I. Gebhart¹, M. Landmann¹

¹ Fraunhofer-Institut für Angewandte Optik und Feinmechanik IOF, Albert-Einstein-Str. 7, 07745 Jena, Deutschland



Experiment-Batch zum QuNET Schlüsselexperiment: Quantenschlüsselaustausch zwischen mobiler Bodenstation und fliegenden Kommunikationspartner



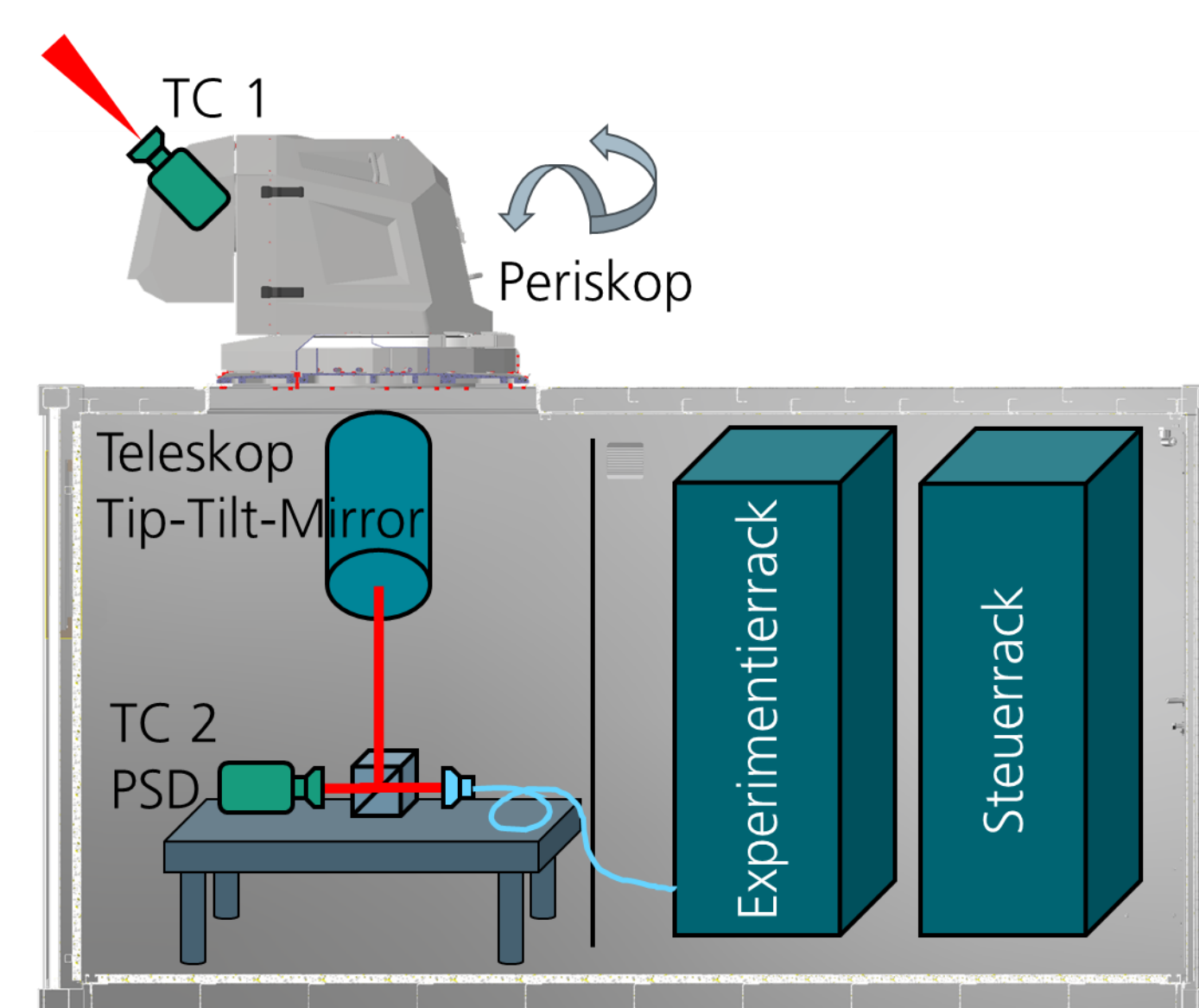
Mobiler Laborcontainer QuBUS als Bindeglied zwischen einer ad hoc aufgebauten Freistrahlsverbindung und einem Glasfasernetz

Forschungsziel

Optische Signale der Laser- und Quantenkommunikation von bewegten Plattformen (z. B. Luftfahrzeugen oder Satelliten) sollen am Boden erfasst und in ein terrestrisches Glasfasernetz eingekoppelt werden. Zu diesem Zweck wird der mobile Laborcontainer „QuBUS“ als Schnittstelle zwischen einer ad hoc realisierten Freistrahlsstrecke und dem Glasfasernetz entwickelt. Eine zuverlässige Informationsübertragung setzt einen stabil geführten optischen Übertragungskanal zwischen dem Sendeteleskop des Flugzeugs und der Bodenstation voraus.

Kernkomponenten des mobilen Laborcontainers QuBUS

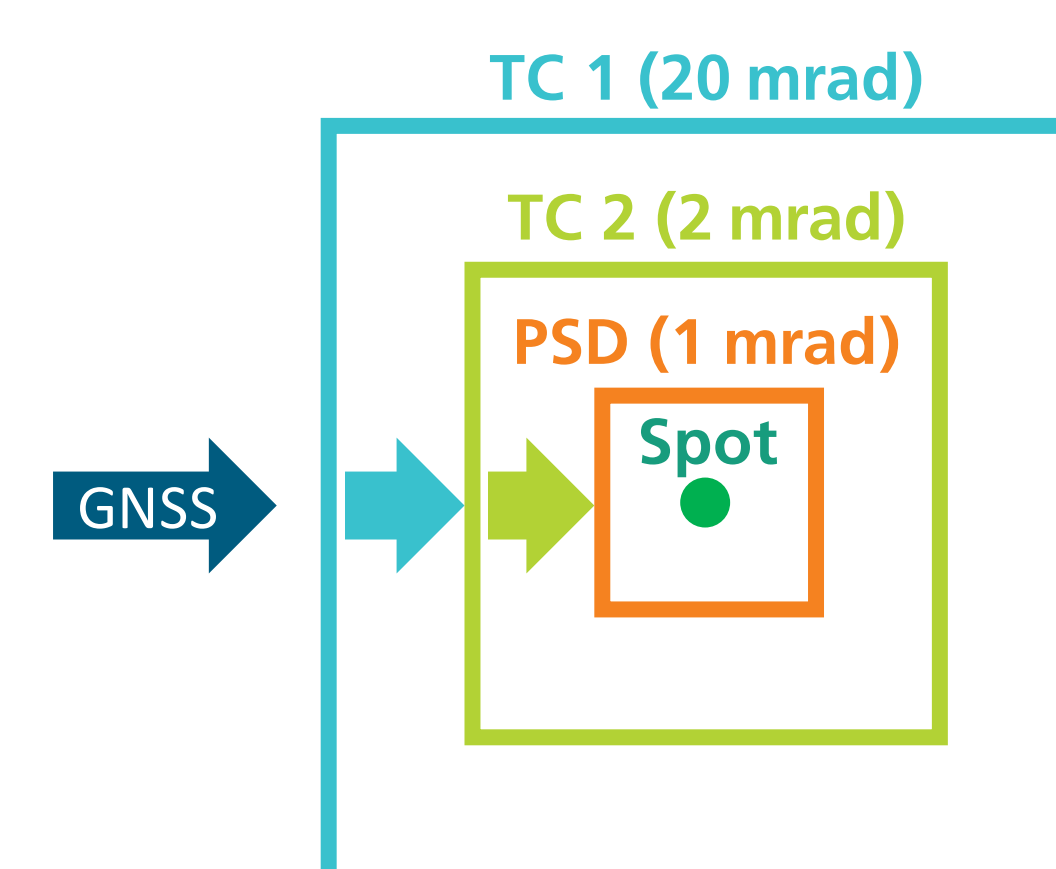
- Dachmontiertes, azimut/elevationsgesteuertes Periskop zur Grobnachführung (Coarse Pointing)
- 200-mm-Off-Axis-Metallspiegelteleskop als Empfangsteleskop
- 2 Kameras als 2-stufiges Akquisitionssystem
- zweidimensionaler optischer Positionssensor zur Lageerfassung
- Fast-Steering-Mirror (FSM) zur Feinnachführung (Fine Pointing)



Querschnitt des QuBUS mit Periskop, Teleskop, Kameras und Feinnachführung

Mehrstufiges Nachführkonzept und aktive Strahlstabilisierung

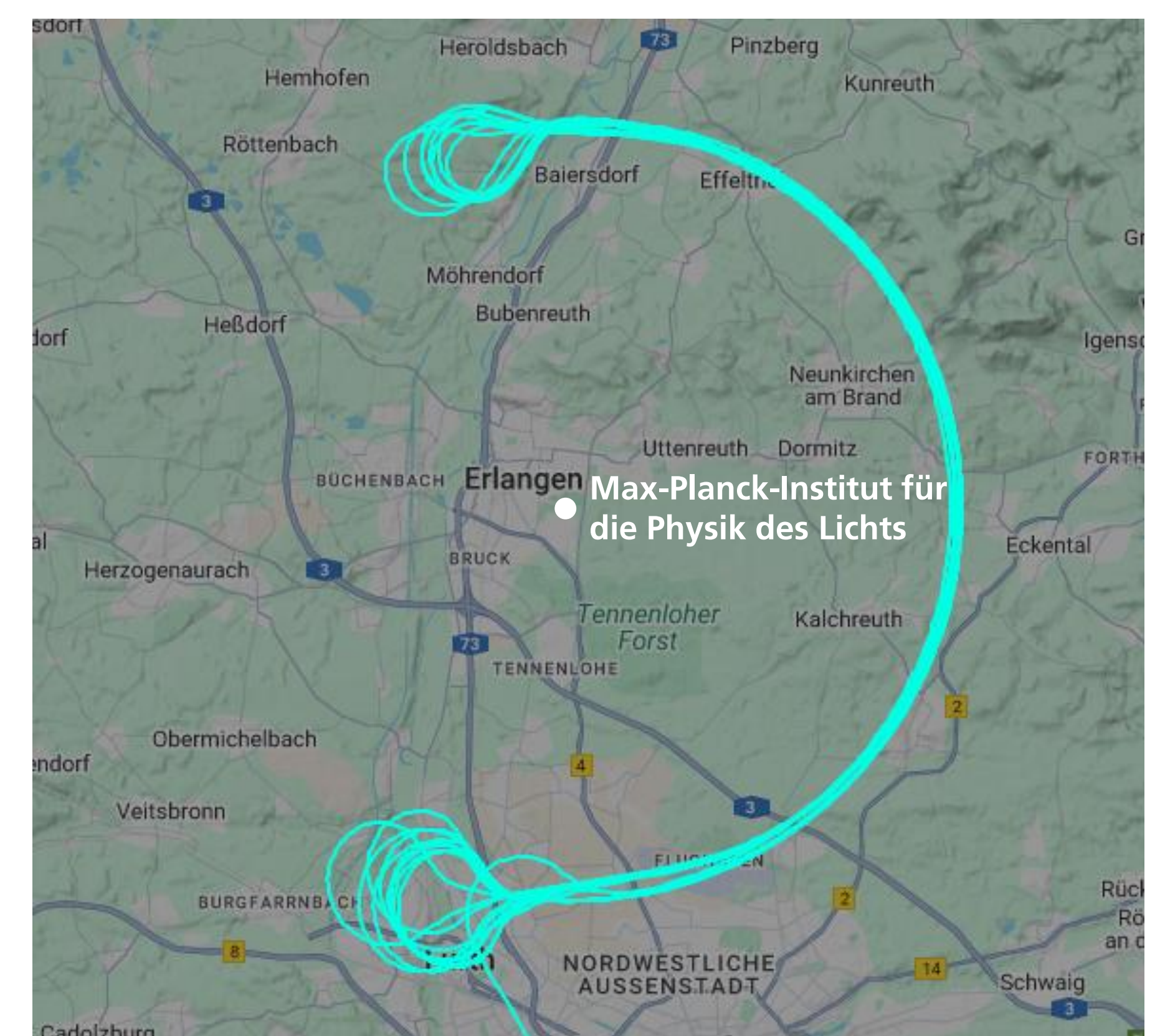
Im QuBUS ist ein vierstufiges, grob-zu-fein arbeitendes Nachführkonzept implementiert. (1) Die Grobnachführung des Periskops erfolgt prädiktiv auf Basis der GNSS-Positionsdaten des Flugzeugs (Pointing). (2) Nach erster Beacon-Erfassung mit Trackingkamera 1 (TC 1, außerhalb des Periskops, großes Sichtfeld) wird die optische Akquisition eingeleitet. (3) Anschließend erfolgt die Übergabe an Trackingkamera 2 (TC 2) mit engem Sichtfeld; deren Signal dient der Feinnachführung des Periskops (Tracking). (4) Der Spot des Beacon-Lasers wird auf einem zweidimensionalen Positionssensor (PSD) erfasst und mittels eines piezobasierten Tip-Tilt-Spiegels (Fast-Steering-Mirror, FSM) im geschlossenen Regelkreis aktiv stabilisiert. Ein erfolgreicher Trackingzustand liegt vor, wenn das Sendeterminal an Bord den Boden-Beacon ebenfalls erfasst und seine Nachführung aktiviert ist; damit ist ein bidirektional stabiler Link hergestellt.



Mehrstufiges Nachführkonzept mit GNSS-Signal, Trackingkamera 1 (TC 1), Trackingkamera 2 (TC 2) und optischer Positionssensor (PSD)

Flugkampagne der QuNET-Initiative

Die vom BMFTR geförderte Initiative QuNET entwickelt unter Leitung des Fraunhofer IOF hochsichere Kommunikationssysteme auf Basis der Quantenschlüsselverteilung (QKD). Das QuNET-Schlüsselexperiment adressiert die robuste Übertragung von Schlüsselinformationen über eine optische Freistrahlsverbindung zwischen einem Flugzeug und einer mobilen optischen Bodenstation. Hierzu soll von einem mit Quantenkommunikationsexperimenten und einem Freistrahls-Laserterminal ausgerüsteten Flugzeug aus einer Entfernung von etwa 10 km über den QuBUS ein Quantenschlüsselaustausch in das Glasfasernetz des Max-Planck-Instituts für die Physik des Lichts (MPL) in Erlangen demonstriert werden. Die Flugkampagne mit verschiedenen QKD-Experimenten findet im September und Oktober 2025 statt.



Halbkreisförmige Flugbahnen um den QuBUS-Standort am Max-Planck-Institut für die Physik des Lichts in Erlangen

Kontakt

Dr. Peter Kühmstedt
Sensorik und Metrologie
Tel. +49 3641 807-230
Fax +49 3641 807-602
peter.kuehmstedt@fraunhofer.de
Fraunhofer IOF
Albert-Einstein-Str. 7
07745 Jena
www.fraunhofer.de