

CHARAKTERISIERUNG DES OPTISCHEN SATELLIT-ZU-BODEN KANALS: ANALYSE DER T-AOGS UND TDP1 DATEN

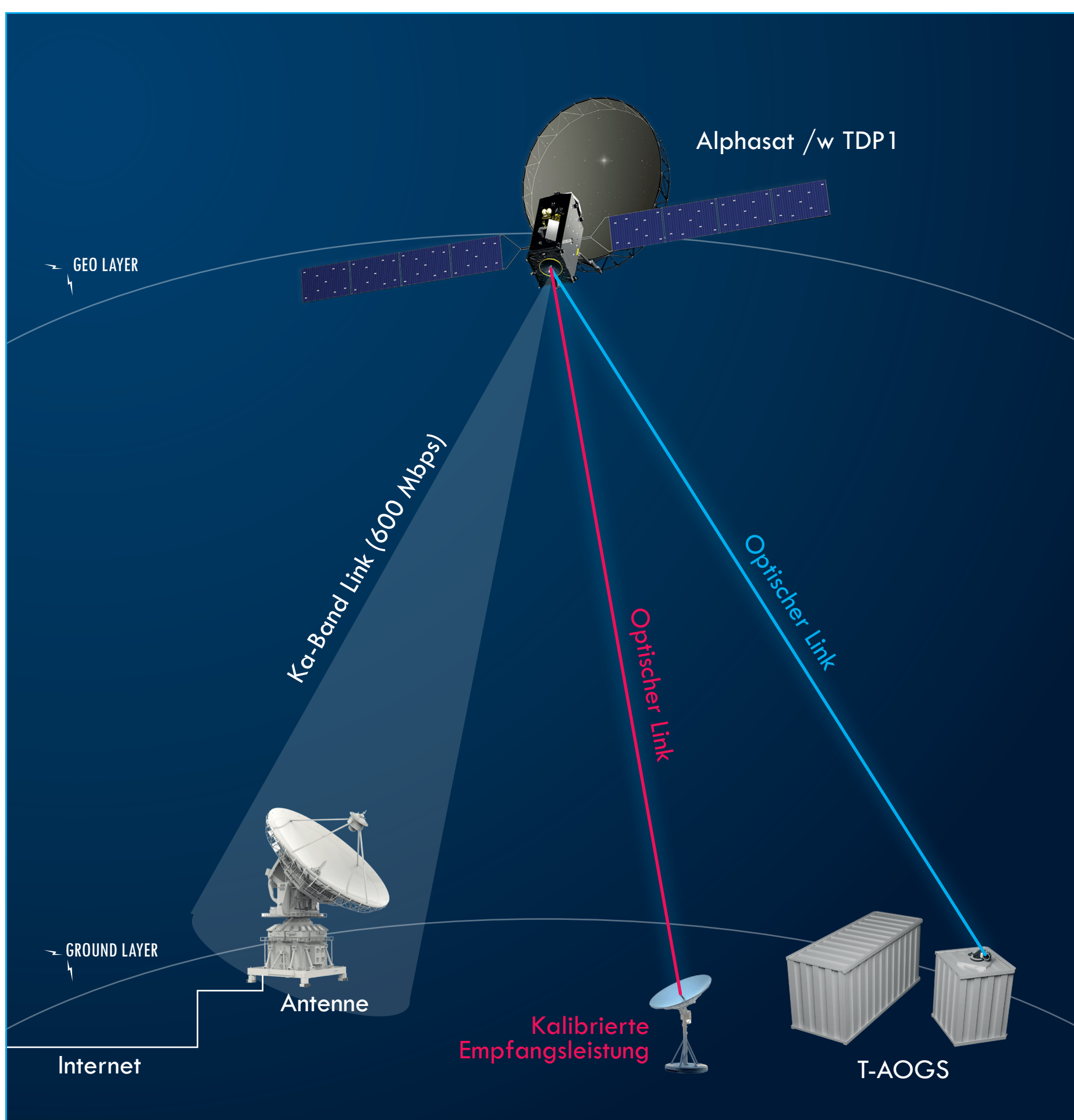
E.KELDERER, R. MAHN, K. SAUCKE, T. MARYNOWSKI, E. DOENSDORF, P. MARTIN PIMENTEL, F. HEINE

TESAT-SPACECOM GMBH & CO. KG, GERBERSTR. 49, 71522 BACKNANG, GERMANY

Die optische Kommunikation gilt als Schlüsseltechnologie für die Kommunikation zwischen Satelliten, bei der TESAT zu den Vorreitern gehört. Gemeinsam mit der optischen Bodenstation T-AOGS (Transportable Adaptive Optical Ground Station) und dem Laser Communication Terminal TDP1 (LCT135, Technology Demonstration Payload 1) auf dem geostationären Satellit Alphasat, wurden seit 2013 bereits über 1000 Links ausgeführt. Die T-AOGS wurde im Auftrag des DLR als Test- und Forschungsplattform entwickelt, um den Betrieb von TDP1 und anderen Satelliten-Laserkommunikationssystemen bei Space-to-Ground Links zu analysieren und praktisch zu demonstrieren. Dabei werden die Übertragungsstrecke, der Betrieb von Kommunikationslinks

sowie neue Technologien am Boden untersucht und erprobt. Im Fokus dieses Posters steht die Charakterisierung des optischen Kanals. Kalibrierte Leistungsmessgeräte liefern detaillierte Informationen zu Empfangs- und Sendeparametern. Die gewonnenen Erkenntnisse verbessern das Verständnis der atmosphärischen Dämpfung und des optischen Linkbudgets. Die hier beschriebenen Aktivitäten werden innerhalb des TDP1 Programms im Auftrag des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt (DLR e.V.) mit Mitteln des Bundesministeriums für Wirtschaft und Klimaschutz (BMK) unter der Förderkennzahl 50 YH 2301 durchgeführt. Das TDP1 Programm wird durch ESA und Viasat unterstützt.

INFRASTRUKTUR zw. T-AOGS & TDP1



TECHNISCHE INFORMATIONEN

TDP1-LCT

- TESAT LCT135, GEO-Konfiguration
- Kohärente 1064 nm Laserquelle
- Homodyne BPSK Modulation
- Beaconless Acquisition
- Übertragung von 2.8 Gbps (1.8Gbps Nutzerdaten)

TDP1 KA-BAND NUTZLAST

- Übertragung empfangener Nutzerdaten des LCT (600 Mbps)
- Übertragung der TDP1-LCT Telemetrien in 25 kHz Auflösung
- Empfang / Aufzeichnung der Daten in Oberpfaffenhofen (DLR-DFD)

T-AOGS

- Transportable Bodenstation für LEO- / GEO-Anwendungen
- Adaptive Optik mit automatisierter Fasereinkopplung
- BPSK-Kommunikationssystem analog zu TESAT LCT135

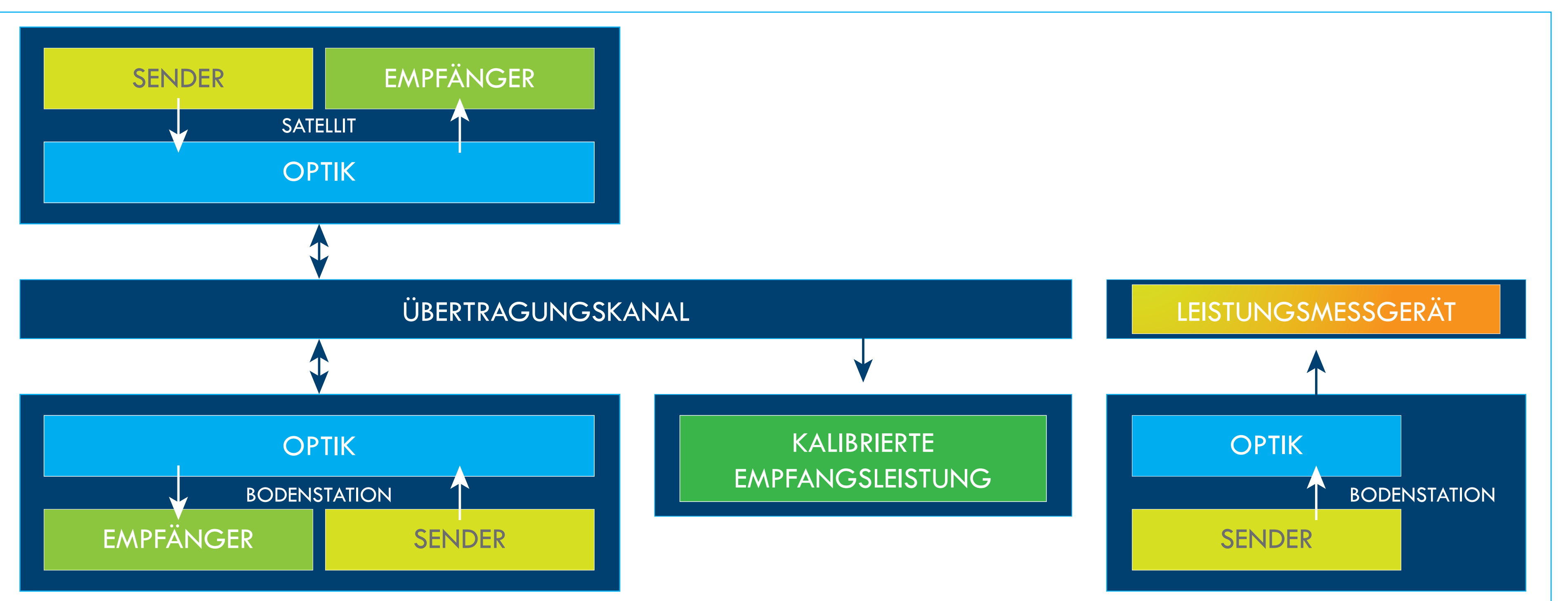
DURCHGEFÜHRTE & GEPLANTE ANWENDUNGEN

- LCT135 Charakterisierung
- Weiterentwicklung vorhandener Technik (z.B. verbesserte Trackingautomation, automatische Polarisationsnachführung, automatische PAM-Regelung)
- Entwicklung und Demonstration neuer Technologien (z.B. Intradyn-Empfangssystem, E2E Live-Datenstreaming)
- Unterstützung Dritter bei der Linkakquise (z.B. bei Tests, Demonstration und Inbetriebnahme neuer Boden-, Luft-, und Orbit-Terminals)
- Charakterisierung des optischen Kanals an verschiedenen Standorten
- Tests verschiedener Kodierungsmethoden durch die Atmosphäre
- Datenaufnahmen für Langzeitanalysen
- Demonstration von E2E Übertragungsstrecken

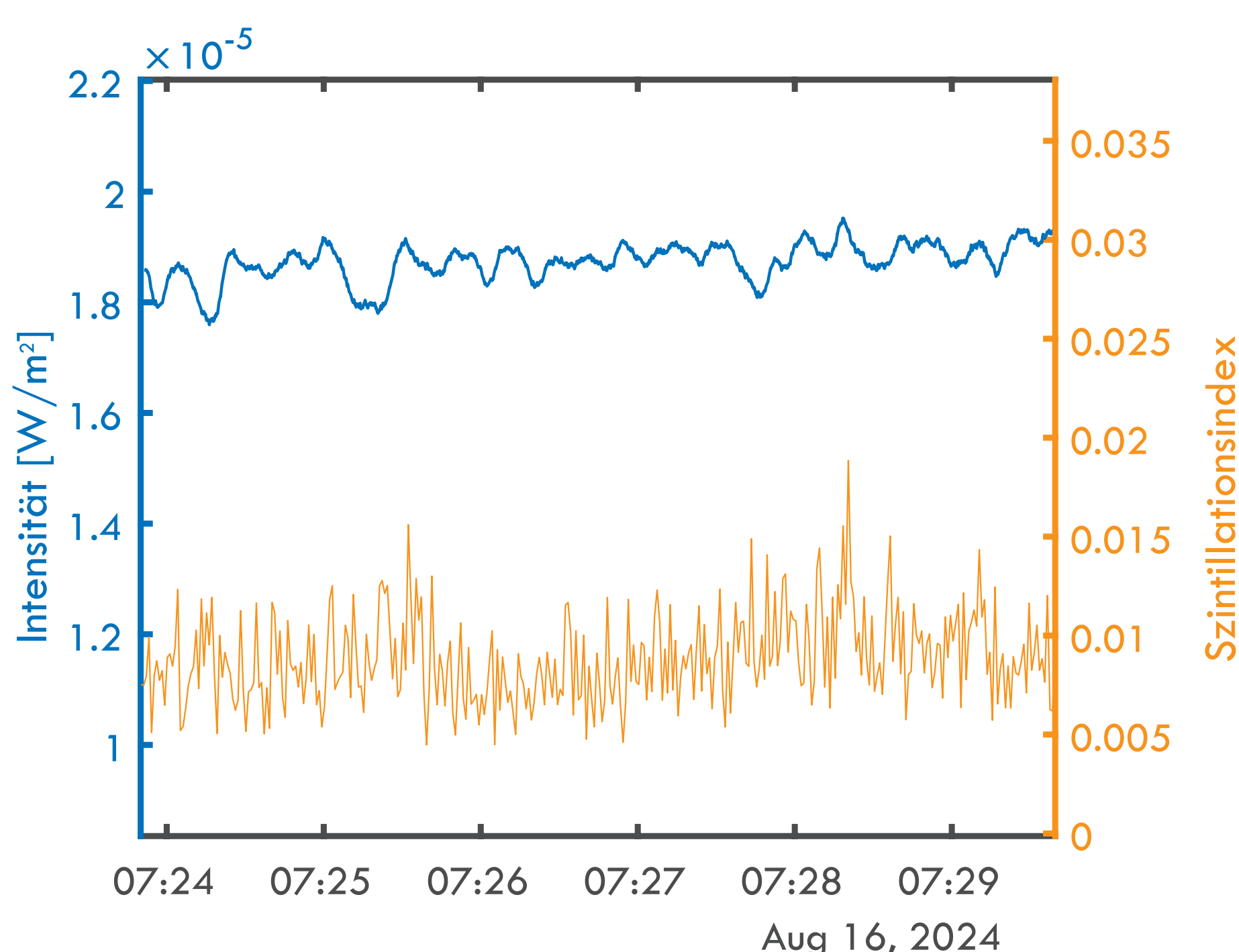
LINK-BUDGET

BESCHREIBUNG	DOWNLINK	UPLINK
Teleskop Ø LCT135		135 mm
Teleskop Ø T-AOGS	Rx = 265 mm	Tx = 100 mm (Ø-Strahl = 35mm)
Elevation		33.7° ± 2°
Meereshöhe OGS		2452 m
Distanz Satellit		38 000 km
Scintillation Index	8.8*10 ⁻³	7.7*10 ⁻²
BESCHREIBUNG	DOWNLINK	UPLINK
Sender (Tx Leistung)	35.8 dBm ± 0.1 dB (4.76 W)	42.9 dBm +0.1/-0.3 dB (19.5 W)
OPTIK	111.0 ± 1 dB	94.2 ± 3.6 dB
Verstärkung Antenne	111.5 ± 0.5 dB	100.3 ± 0.5 dB
Strahlqualitätsfehler im Fernfeld		-4.6 ± 2.0 dB
Tx Pointing Fehler	-0.5 ± 0.5 dB	-1.5 ± 1.1 dB
Distanzverlust		-293.1 dB
Atmosphärische Dämpfung	1.6 ± 1.5 dB	3.1 dB +3.6 / -3.1 dB
Optik	109.4 dB ± 0.5 dB	109.4 dB ± 0.5 dB
Empfänger (Rx Leistung)	-30.0 dBm ± 0.4 dB (1.0 W)	-47.1 dBm ± 0.4 dB (19.6 W)
Empfangsintensität	1.84*10 ⁻⁵ W/m²	1.37*10 ⁻⁶ W/m²

LEISTUNGSMESSUNG AN DER T-AOGS



DOWNLINK — EMPFANGSLEISTUNG T-AOGS OCT



ERGEBNISSE

Zur genaueren Ermittlung des optischen Kanals werden kalibrierte Leistungsmessgeräte am Boden eingesetzt, die eine direkte Messung der bisher nur aus Analysen berechneten Sende- und Empfangsleistung ermöglichen. Über das Link-Budget lässt sich der Anteil atmosphärischer Dämpfung abschätzen, der sich in unseren Analysen deutlich zwischen Up- und Downlink unterscheidet.

Der unterschiedliche Pfad des Uplinks bei dem die Atmosphäre gleich am Anfang wirkt, führt am Empfänger zu einer größeren, schwerer ermittelbaren Dämpfung (3.1 dB +3.6 / -3.1 dB vs 1.6 ± 1.5 dB im Downlink). Dies reduziert die Empfangsleistung, verschlechtert das Signal-Rausch-Verhältnis und erhöht den Szintillationsindex.

UPLINK — EMPFANGSINTENSITÄT TDP1 OCT

