

LASERTECHNIK FÜR DAS VERKEHRSMANAGEMENT IM ALL: TECHNOLOGIEN FÜR EINE NACHHALTIGE RAUMFAHRT

Nils Bartels, Daniel Hampf, Felicitas Niebler, Tristan Meyer, Robin Neumann, Ranga Rosok, Moritz Vogel, Wolfgang Riede

Deutscher Luft- und Raumfahrtkongress 2023

Stuttgart, 19.09.2023

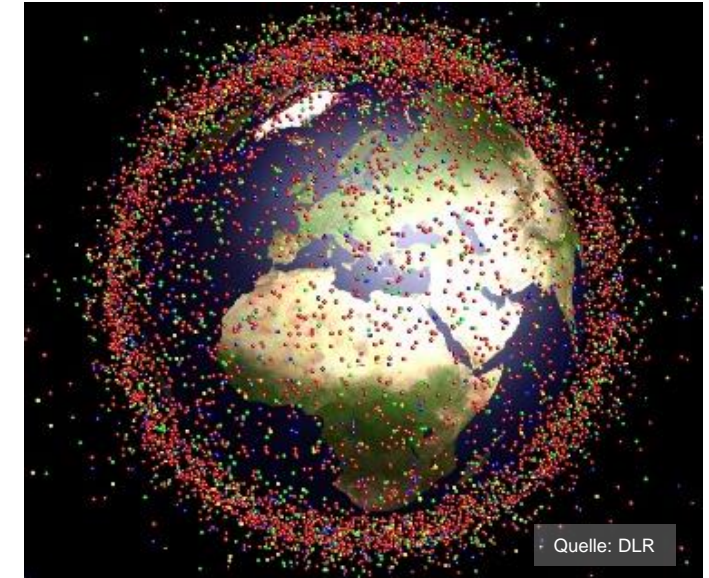
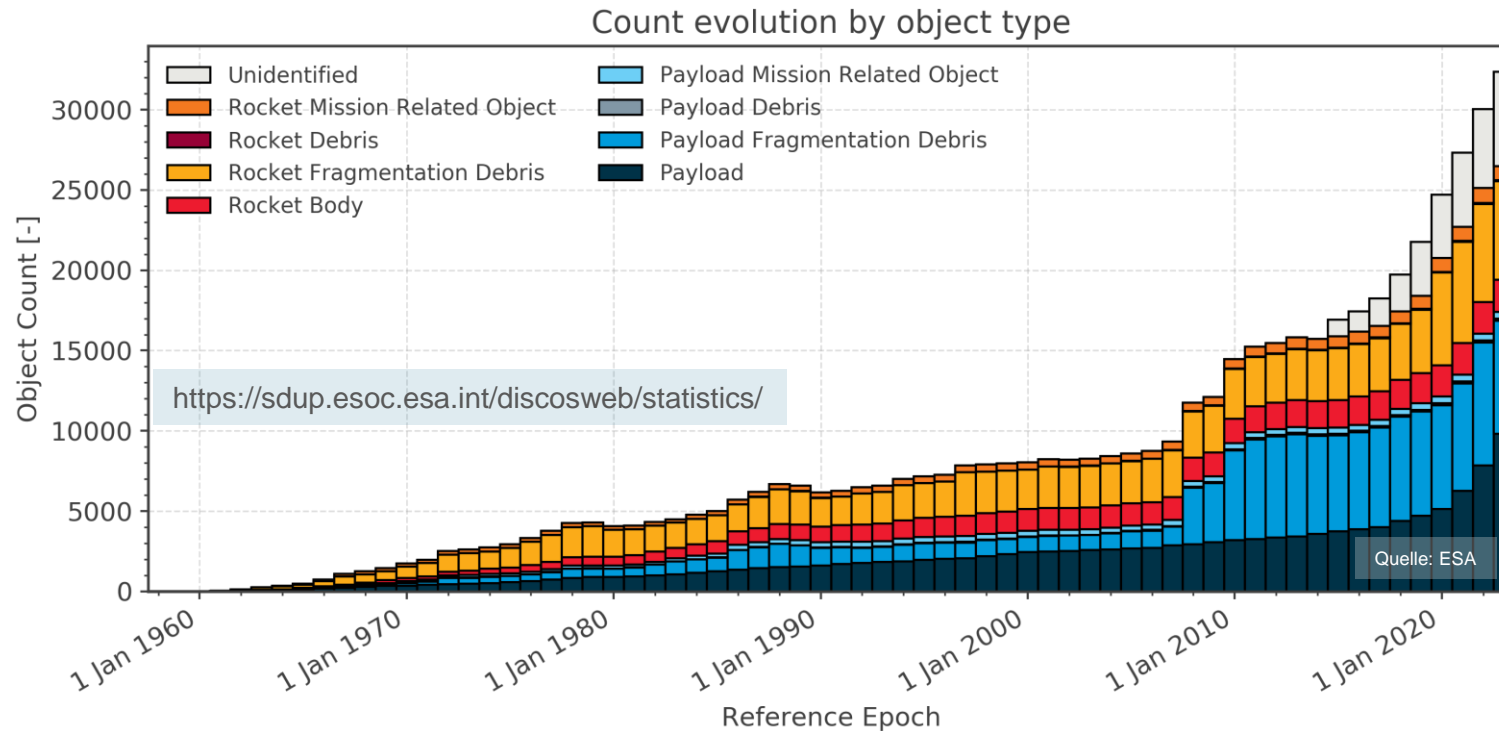
Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR), Institut für Technische Physik, Stuttgart





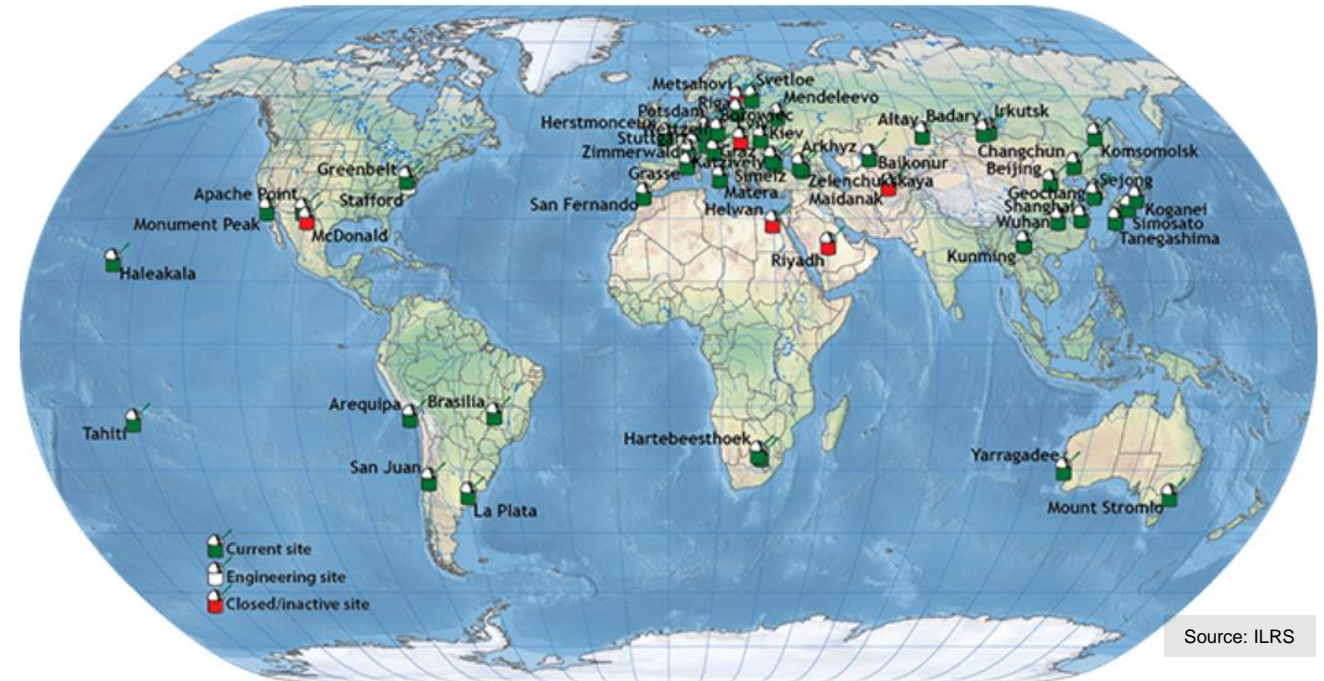
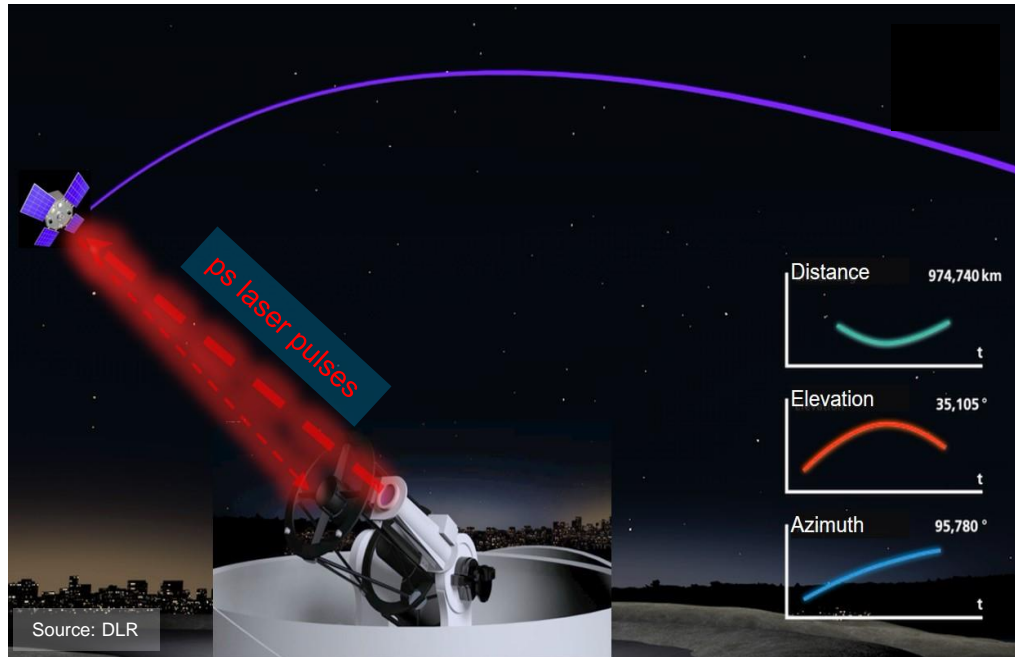
**INSTITUT FÜR TECHNISCHE
PHYSIK STUTT GART**

Herausforderungen für eine nachhaltige Raumfahrt



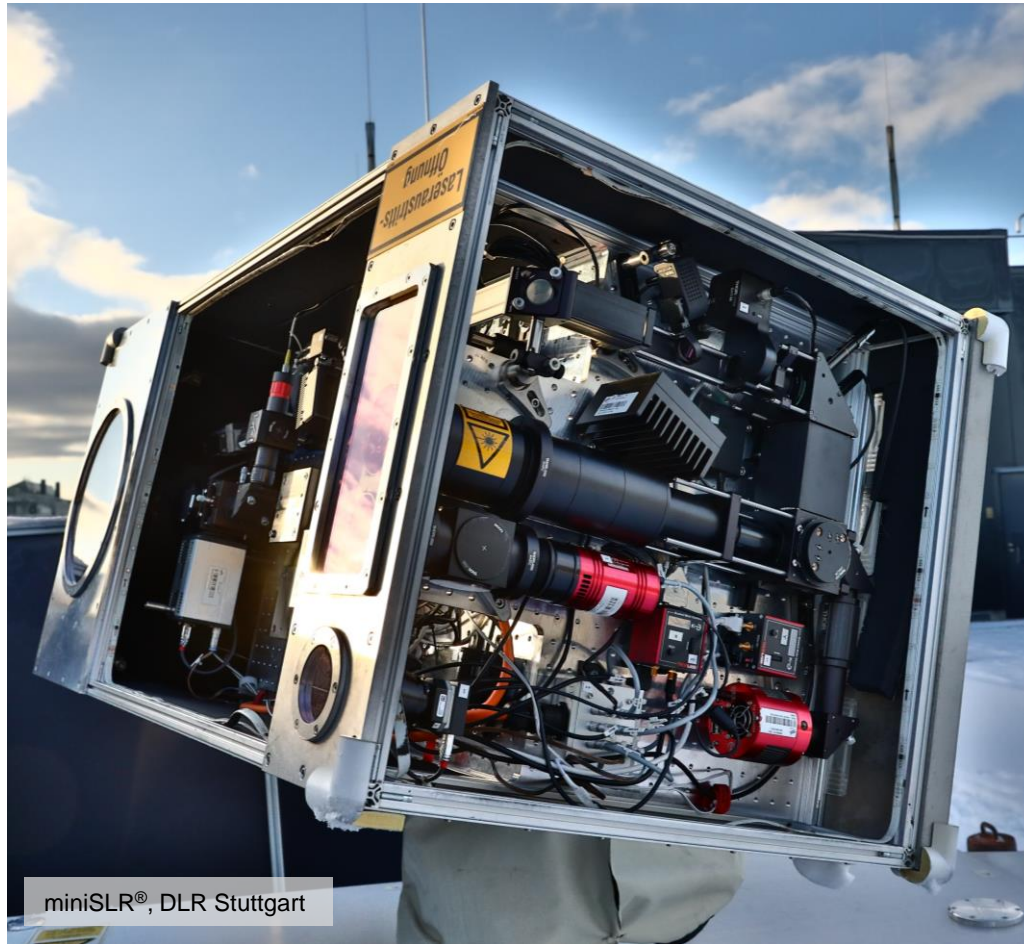
- Derzeitige Objektdichte im LEO: 8000 operationelle Satelliten und 12000 Trümmerstücke/ausgediente Satelliten (ESA space environment statistics 12/2022)
- Zunahme an gefährlichen Annäherungen zwischen Weltraumobjekten: <https://celestrak.org/SOCRATES/>
- Effiziente Ausweichmanöver zwischen Satelliten erfordern genaue Bahndaten

Satellite laser ranging (SLR)



- Sehr präzise Abstandsmessungen (wenige mm) zu Satelliten mit Retroreflektoren
- International Laser Ranging Service (ILRS): Globales Netzwerk laseroptischer Bodenstationen mit mehr als 40 aktiven Stationen für Anwendungen in der Geodäsie und Geophysik. Weitere 12 Stationen im Bau
- Abstandsmessungen ermöglichen sehr präzise Bahnberechnungen und können damit unnötige Ausweichmanöver zwischen Satelliten vermeiden.

Fortschritte bei der Entwicklung von SLR Bodenstationen



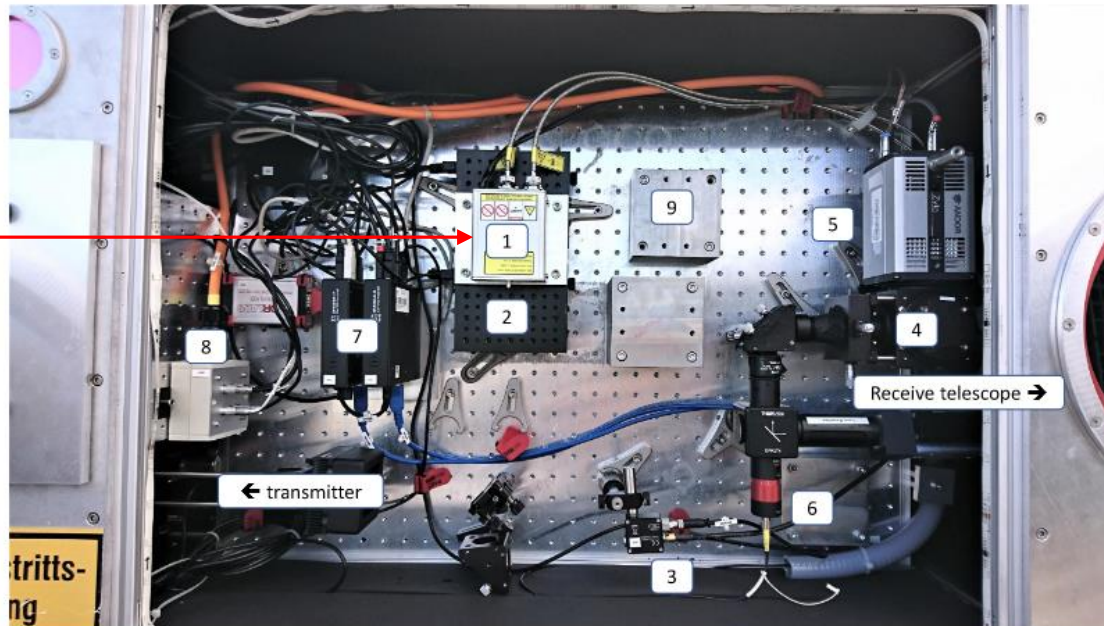
- miniSLR®: kompakte Bodenstation für das Satellitenlaserranging (SLR)
- Steht auf dem Institutsdach: 600 kg, transportabel

Fortschritte bei der Entwicklung von SLR Bodenstationen



- Kernkonzept: Mittelung langer Laserpulse (500 ps) mit niedriger Pulsenergie (75 μ J) und hoher Repetitionsrate (50 kHz)

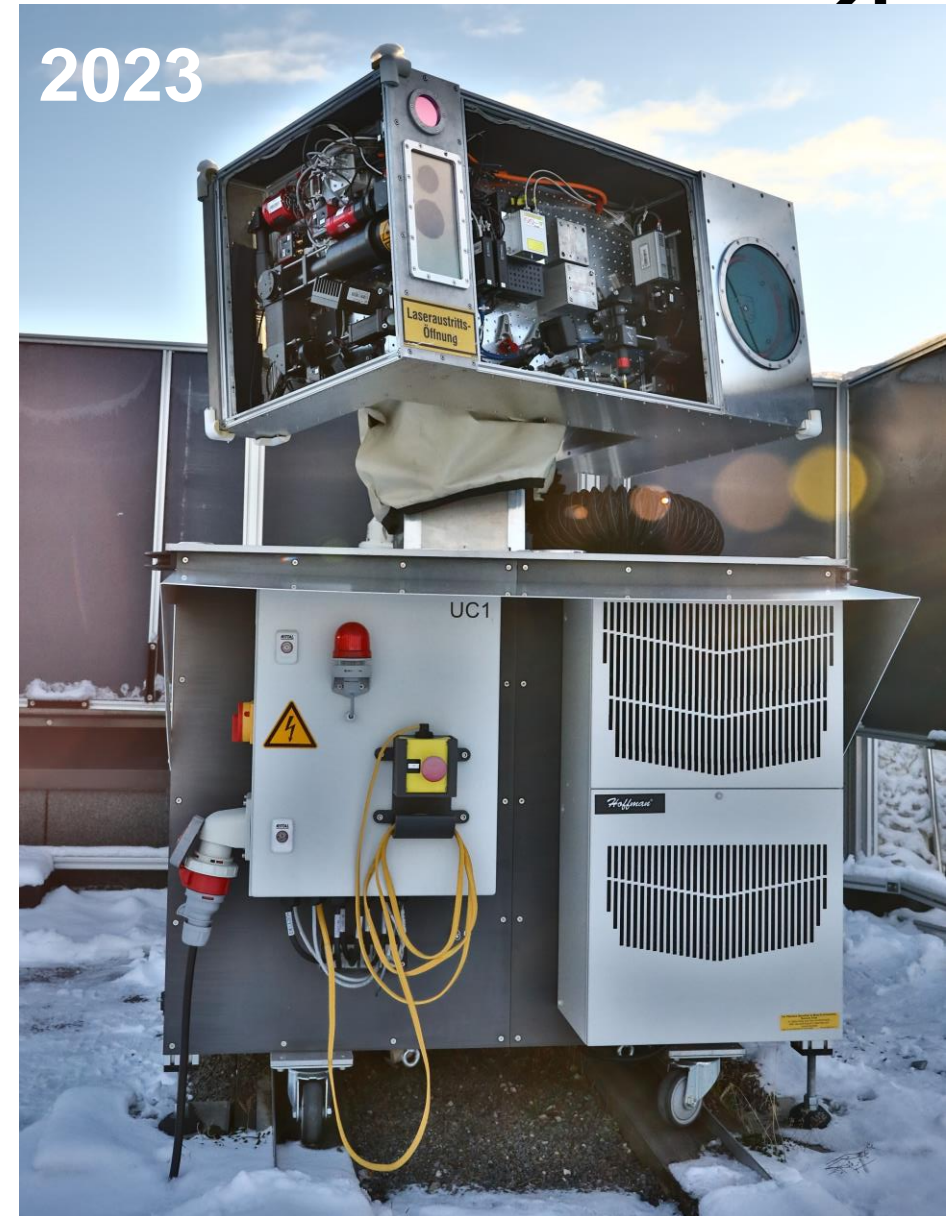
Laser head



Vorteile:

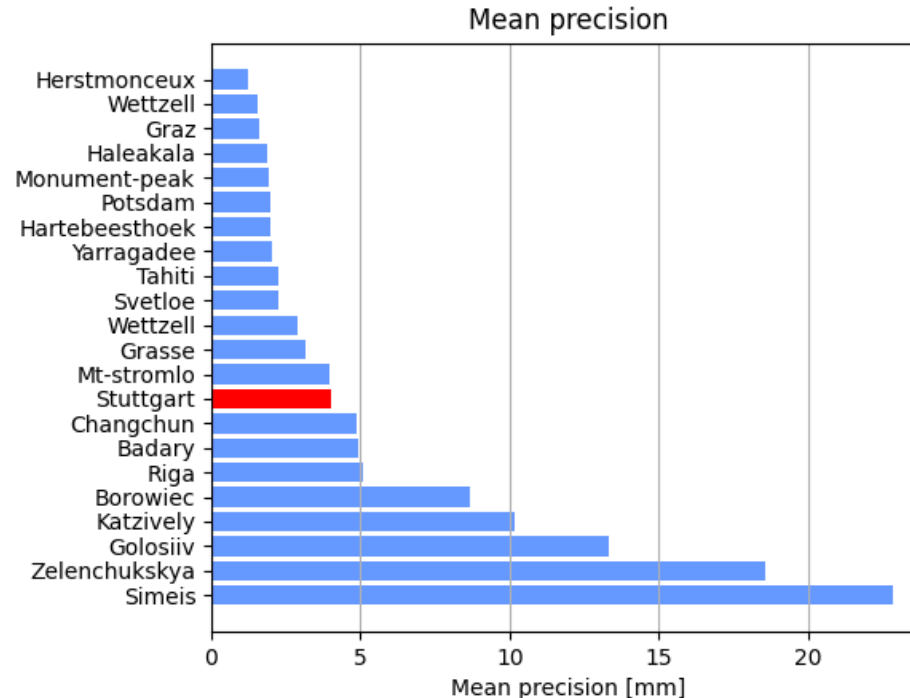
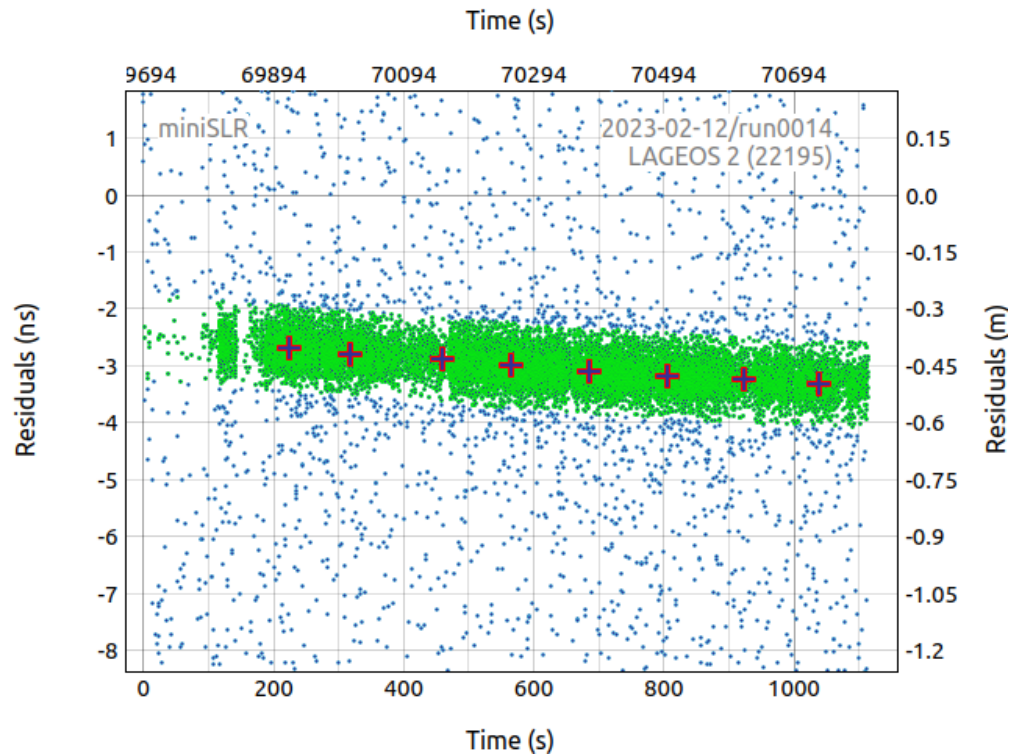
- Kosten
- Portabilität
- Lasersicherheit

Fig. 2 The central compartment of the miniSLR head: (1) Laser head; (2) Thermo-electric elements (TEC) for laser temperature control; (3) start photodiode; (4) dichroic beam splitter; (5) tracking camera; (6) fibre coupling for single photon detector; (7) programmable USB hubs; (8) 12 V power distribution; (9) counter weights to balance mount elevation axis.



Fortschritte bei der Entwicklung von SLR Bodenstationen

- Normal point precision sind im Bereich großer SLR Stationen



Hampf, D.; Niebler, F.; Meyer, T.; Riede, W. (2023), The miniSLR: A low-budget, high-performance satellite laser ranging ground station, submitted to Journal of Geodesy, [\[2306.13741\] The miniSLR: A low-budget, high-performance satellite laser ranging ground station \(arxiv.org\)](#)

- System bei der Firma DiGOS Potsdam GmbH kommerziell verfügbar

CubeSat Confusion

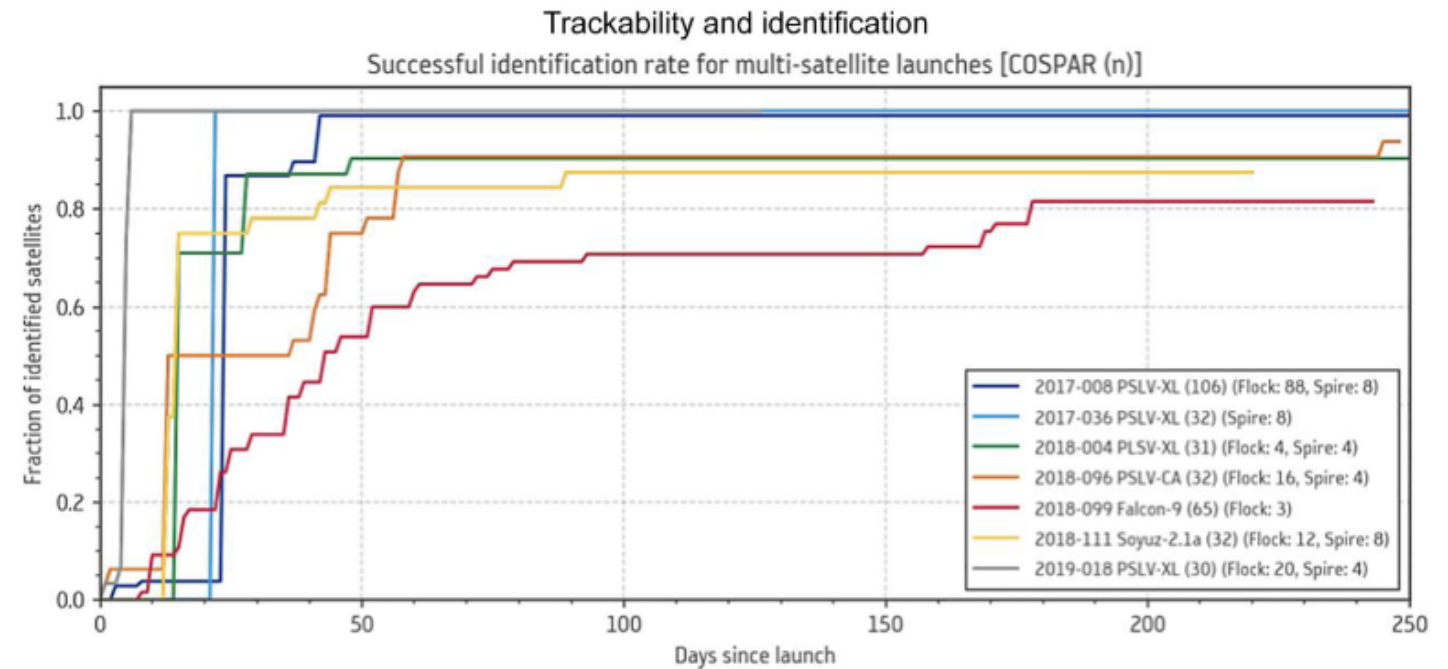
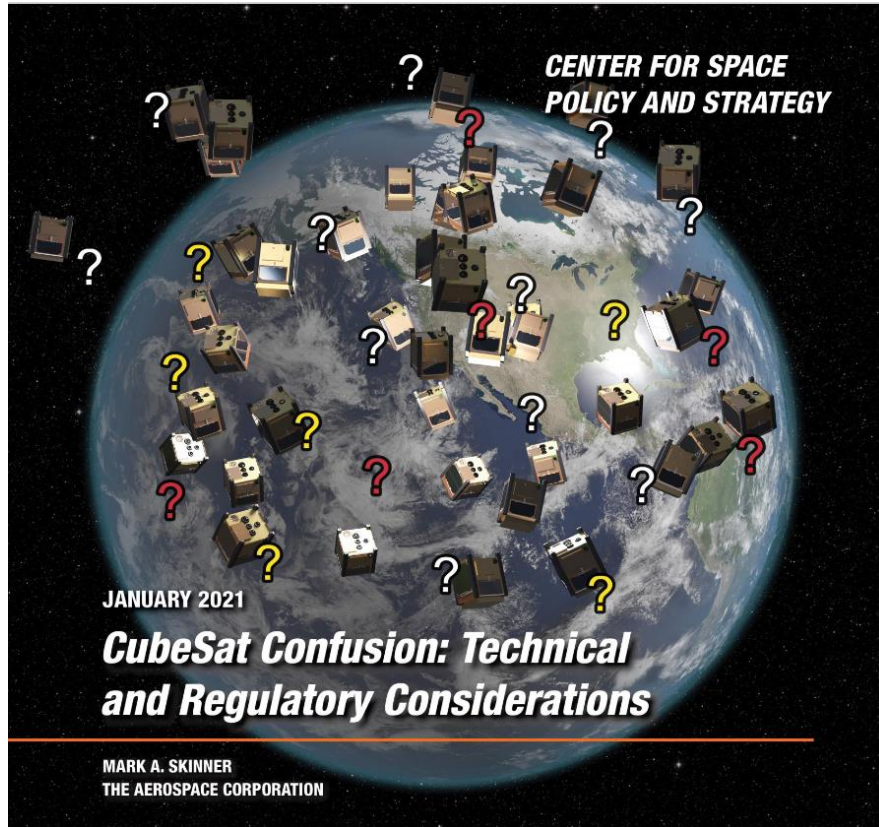
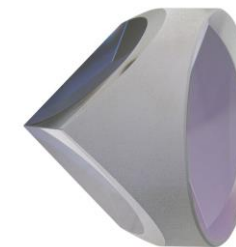
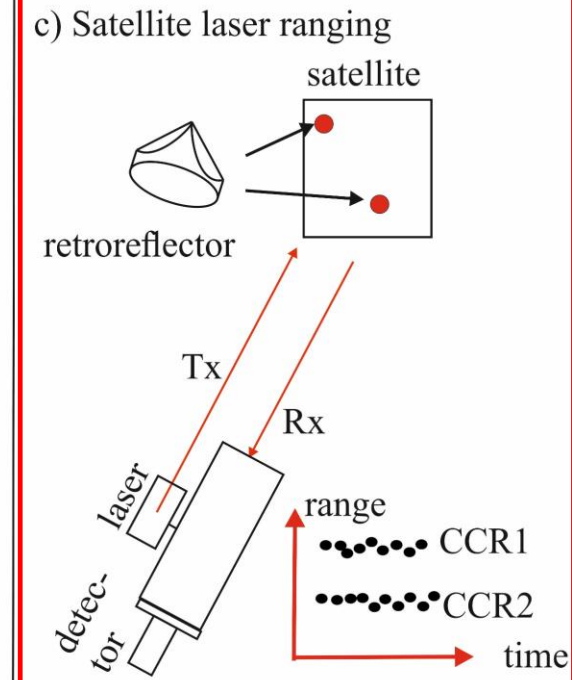
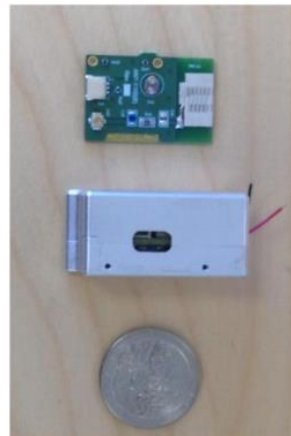
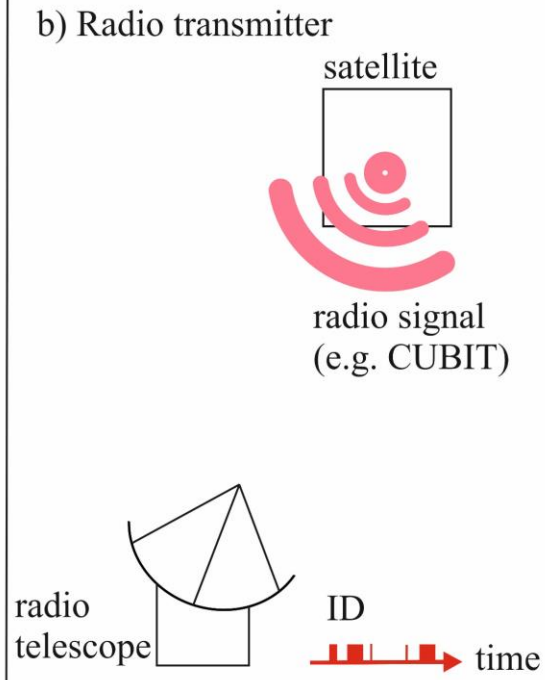
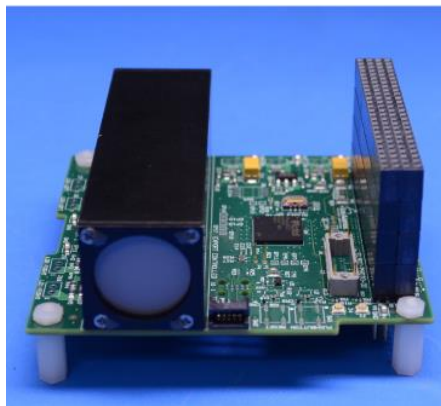
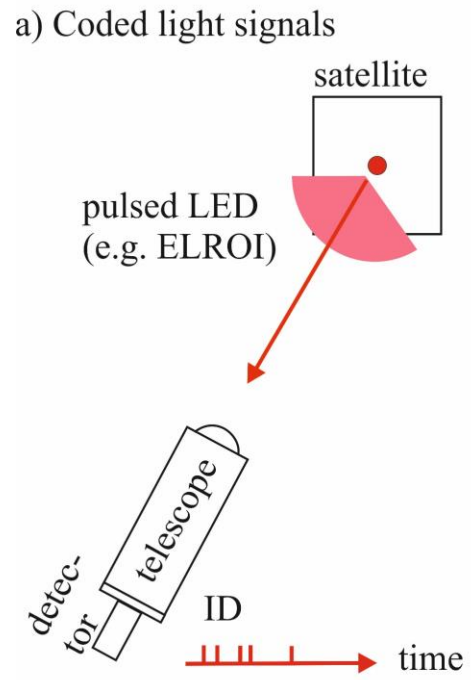


Figure 1: It can take weeks to months to identify most of the object launches, and in some cases 10 percent to 20 percent may never be identified, even after six months or more. Image used with permission of ESA.

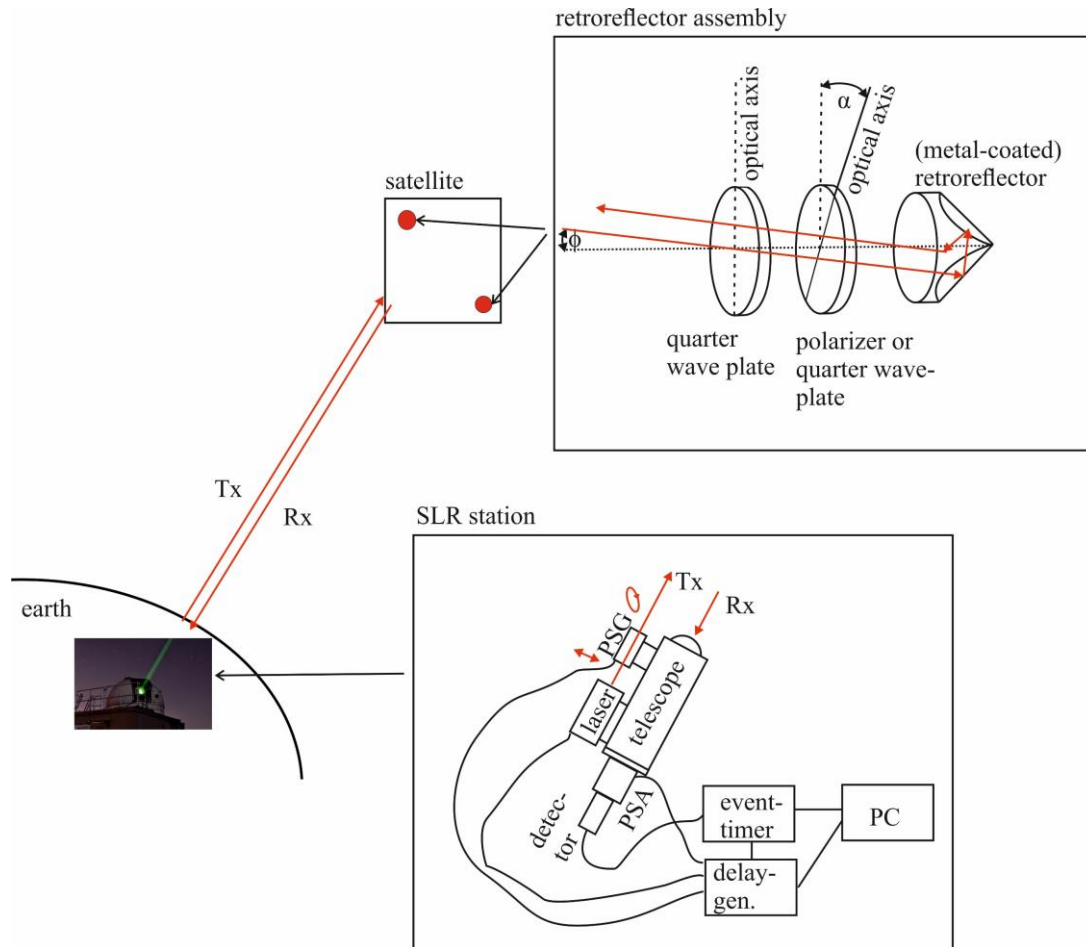
M.A. Skinner: CubeSat Confusion: Technical and Regulatory Considerations, The Aerospace Corporation, 2021, https://aerospace.org/sites/default/files/2021-01/Skinner_CubeSatConfusion_20210107.pdf

Ideen zur Unterscheidung von Satelliten

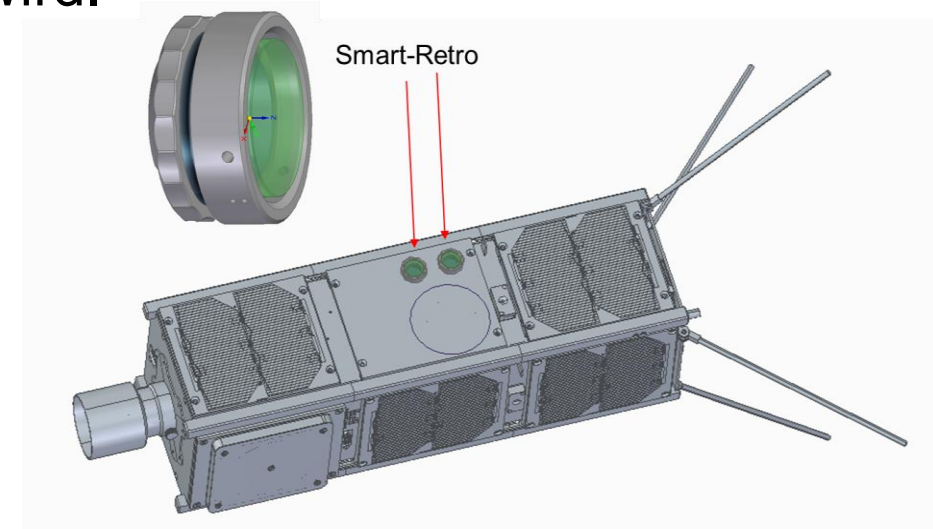


Erhöhung der Anzahl an IDs?

Unterscheidung von Satelliten mittels SLR

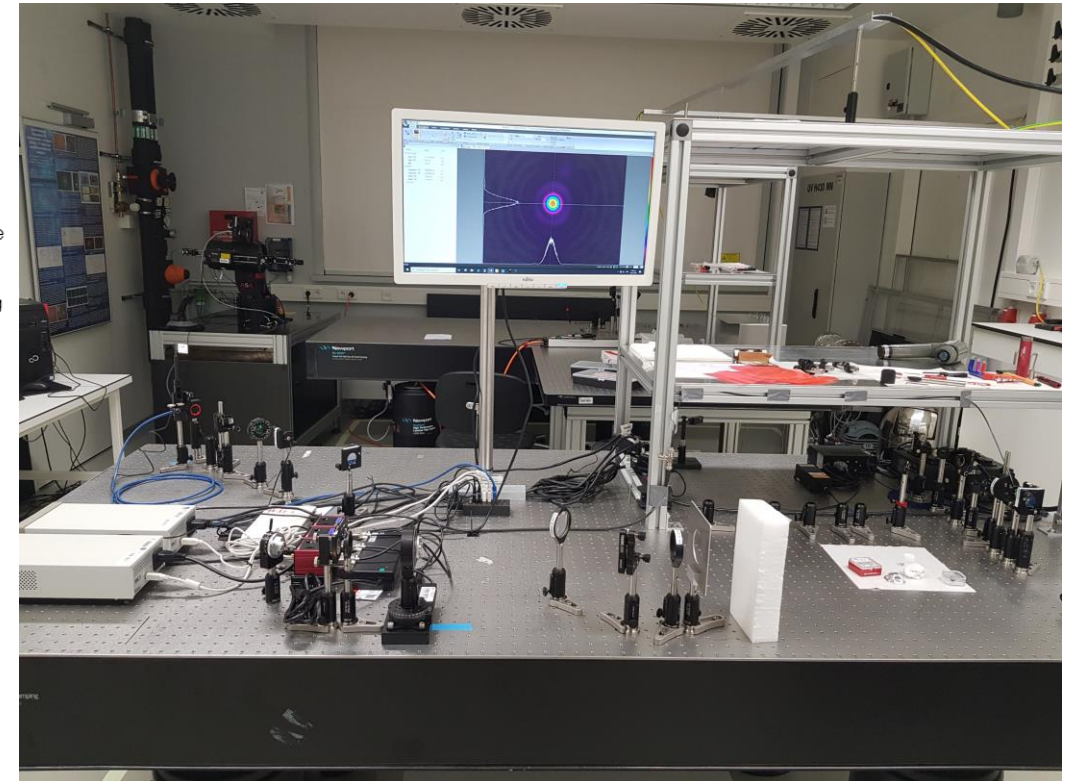
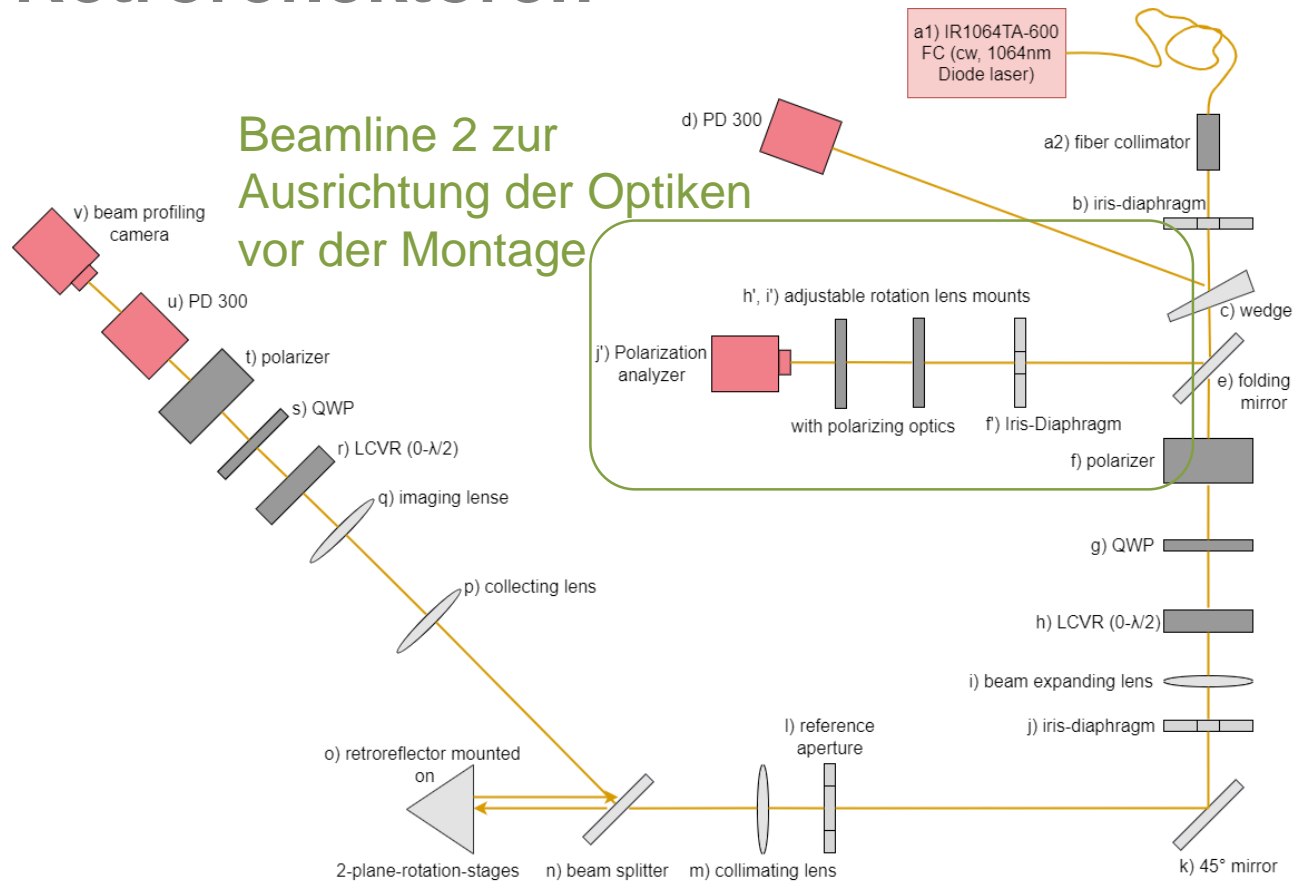


- Konzept: Unterscheidung anhand der Polarisation des Lichts, welches durch Optiken von den Retroreflektoren verändert wird.



- Derzeit Umbauten am miniSLR[®] zur Evaluation (terrestrisch und in-orbit) der Technologie

Prototypenbau und Charakterisierung von smart-Retro[®] Retroreflektoren



Automatisierte Vermessung der *Symmetrieparameter*

Zusammenfassung und Ausblick



- Vorschlag: Transfer der SLR Technologie zu nicht-geodätischen Satelliten für das Space Traffic Management. Voraussetzung: Satelliten haben Retroreflektoren
- Kompakte und transportable SLR Station: miniSLR®
- Forschung zur Unterscheidung von Satelliten/Retroreflektoren mittels der Polarisation des Lichts
- Website von Satelliten, welche das SLR unterstützen, ist im Aufbau



Selection of related literature



- Hampf, D.; Niebler, F.; Meyer, T.; Riede, W. (2023), The miniSLR: A low-budget, high-performance satellite laser ranging ground station, submitted to Journal of Geodesy, [\[2306.13741\] The miniSLR: A low-budget, high-performance satellite laser ranging ground station \(arxiv.org\)](#)
- European Space Agency, “ESA-OPS-SC-RD-2023-001, Design for Removal – Interface requirement document for LEO missions”, 2023.
- Space Safety Coalition: Best Practices for the Sustainability of Space Operations, 2019, https://spacesafety.org/wp-content/uploads/2020/12/Endorsement-of-Best-Practices-for-Sustainability_v39.pdf
- European Space Agency, “Spacecraft tracking implications on operations and the design of small satellites”, 2018, https://nebula.esa.int/sites/default/files/neb_study/2478/C4000120262ExS.pdf
- D. Hampf, „SpaceWatchGL Opinion: A beacon of light in the sea of darkness: Why all space objects should have retroreflectors”, <https://spacewatch.global/2022/07/spacewatchgl-opinion-a-beacon-of-light-in-the-sea-of-darkness-why-all-space-objects-should-have-retroreflectors/>
- M.A. Skinner: CubeSat Confusion: Technical and Regulatory Considerations, The Aerospace Corporation, 2021, https://aerospace.org/sites/default/files/2021-01/Skinner_CubeSatConfusion_20210107.pdf
- N. Bartels et al., „Space object identification via polarimetric satellite laser ranging“Commun Eng 1, 5 (2022), <https://www.nature.com/articles/s44172-022-00003-w>



VIELEN DANK!

Impressum



Thema: Lasertechnik für das Verkehrsmanagement im All: Technologien
Für eine Nachhaltige Raumfahrt

Ort: Deutscher Luft- und Raumfahrtkongress 2023, Stuttgart

Datum: 19.09.2023

Autor: Dr. Nils Bartels

Institut: DLR Institut für Technische Physik, Stuttgart