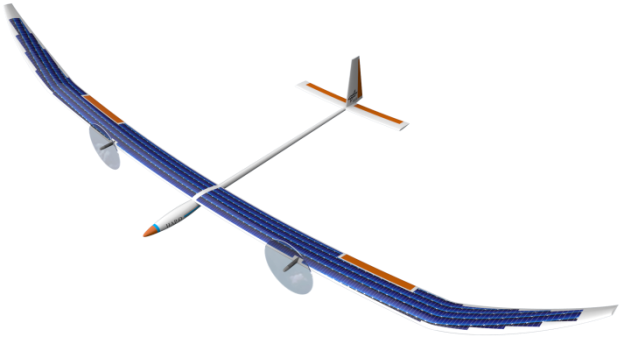
Entwicklung der DLR-Höhenplattform und ihrer Anwendungen

Florian Nikodem, Projektleiter HAP
DLR – Institut für Flugsystemtechnik



DLR

Motivation

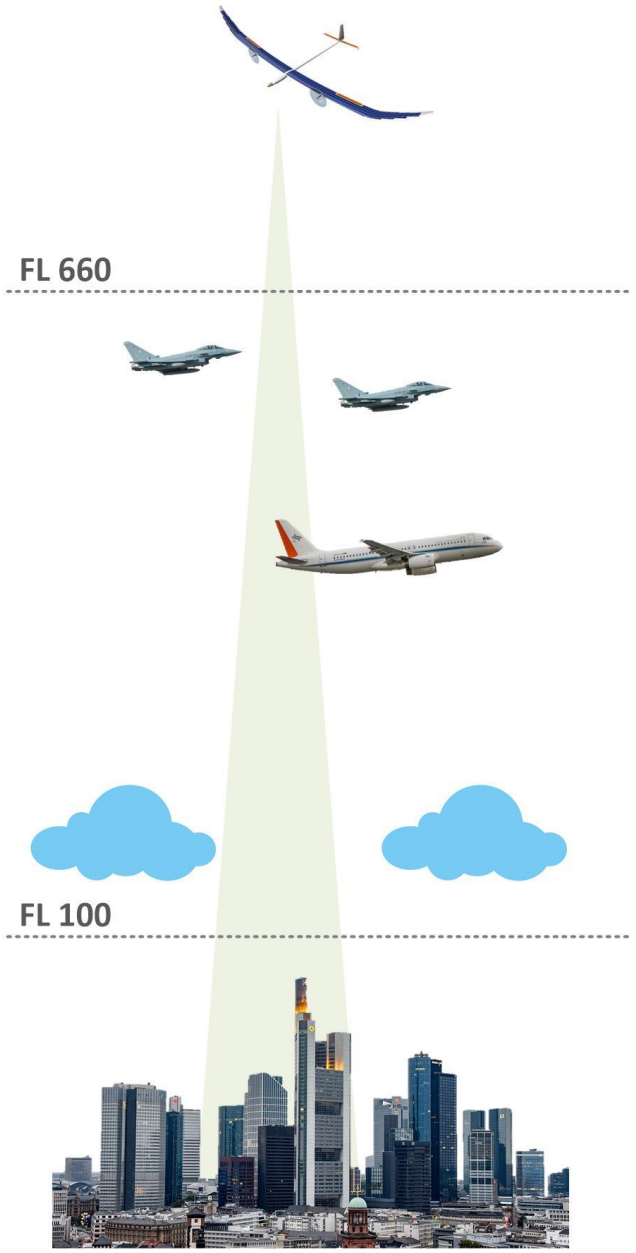
- Hochfliegende und langandauernd stationierbare Luftfahrzeuge stellen eine interessante Alternative zu Satelliten im Bereich der Erdbeobachtung und Kommunikation dar.

- Diese so genannten High Altitude Platforms (HAP) sind insbesondere attraktiv weil

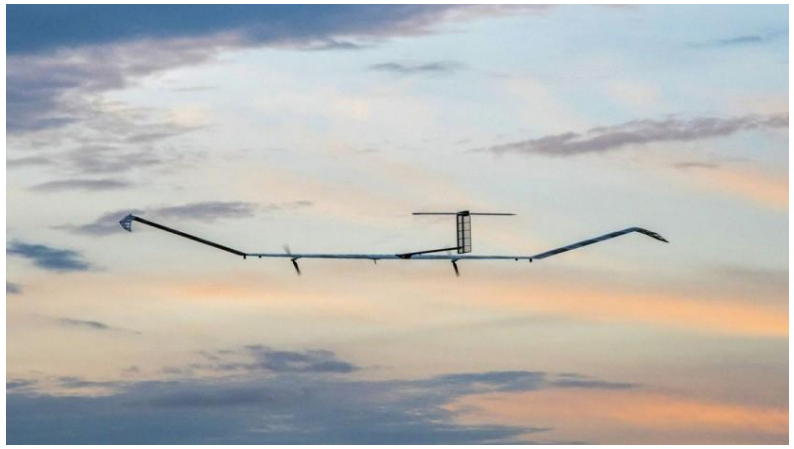
  - ***sie kostengünstig hergestellt, gestartet und gelandet werden können,***

  - ***sie für eine Vielzahl von Aufgaben im Bereich der Kommunikation und Erdbeobachtung einsetzbar sind.***

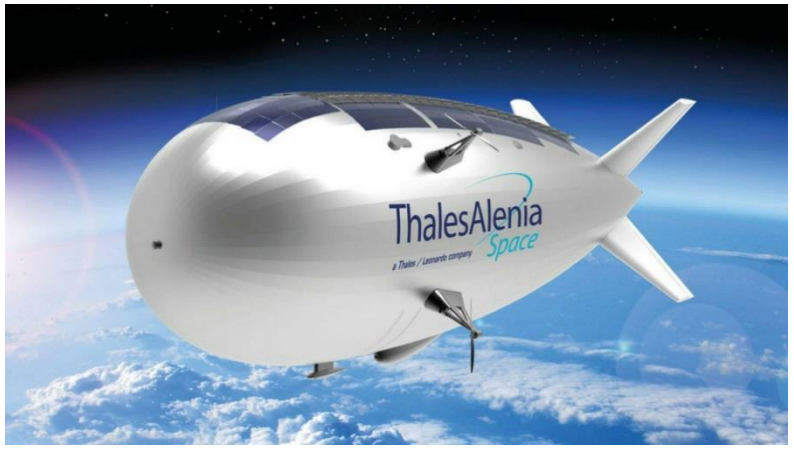
- Das DLR forscht im Bereich der Technologien und Anwendungen für hochfliegende dauerhaft stationierbare Plattformen und entwickelt im Projekt HAP ein Forschungsflugzeug für zukünftige wissenschaftliche Experimente.



Industrielle Aktivitäten

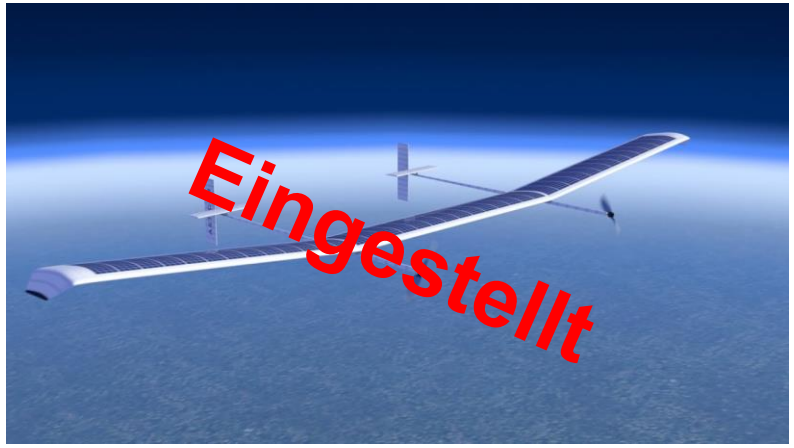


Airbus Zephyr S



ThalesAlenia Stratobus

Google Loon



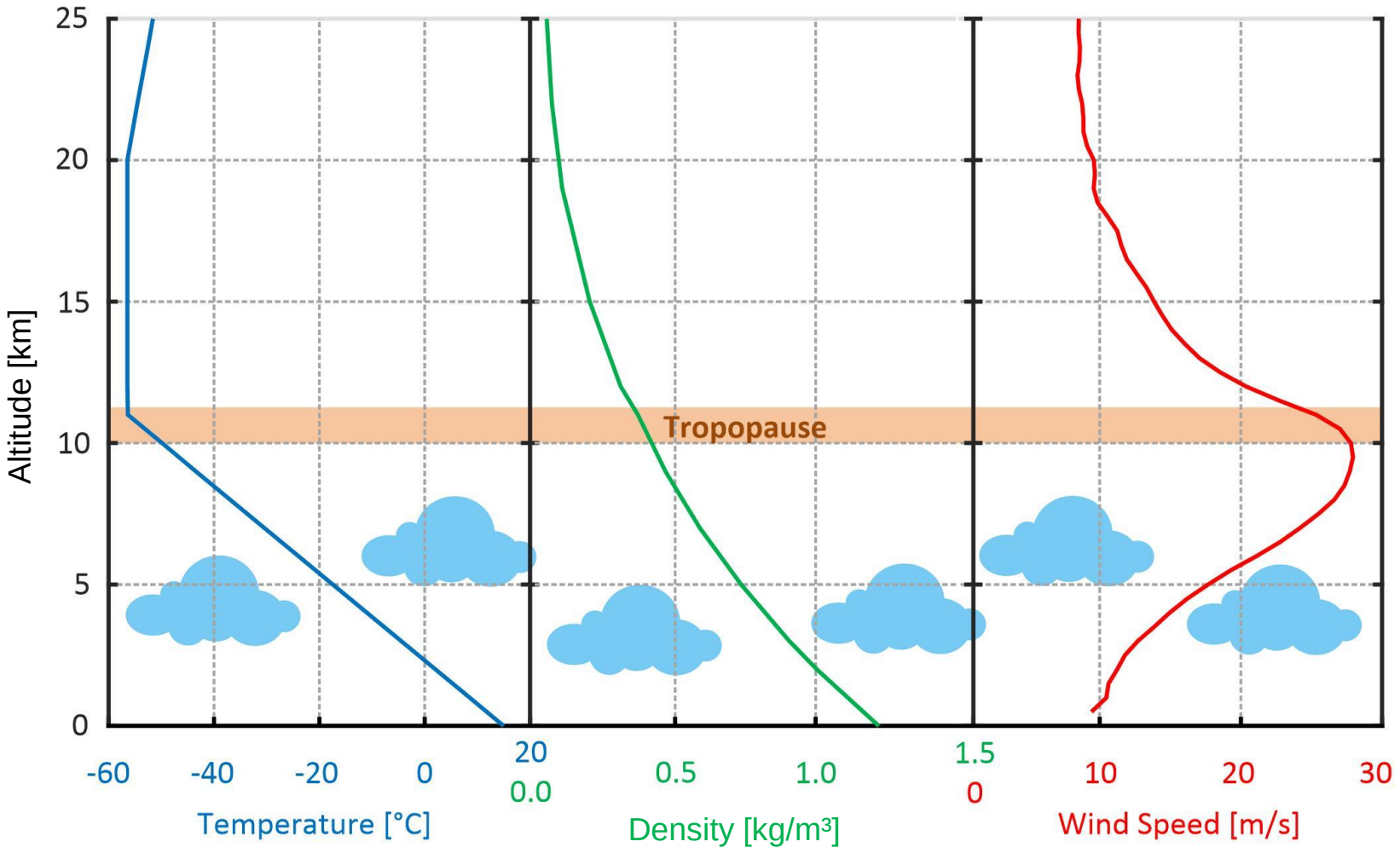
Ordnance Survey Astigan

BAE Phasa 35

Aurora Flight Sciences Odysseus

Grundsätzliche Herausforderungen dauerhaft stationierbarer Flugplattformen

- Geringe Luftdichte
- Niedrige Temperaturen
- Jetstream
- Durchflug kontrollierter Luftraum
- Hohe Systemzuverlässigkeit notwendig
- Weitgehend autonomer Betrieb



Forschungsziele des DLR im Bereich hochfliegender Solarplattformen

- In einem Querschnittsprojekt mit Beteiligungen der Programmbereiche Luftfahrt, Raumfahrt sowie der Sicherheit entwickelt das DLR einen Technologieträger für hochfliegende Solarplattformen.

- Ziele der Entwicklung sind

  - ***Erarbeiten neuartiger Systemkonzepte und Technologien zur Realisierung robuster und kosteneffizienter hochfliegender Solarplattformen.***

  - ***Erarbeitung und Erprobung innovativer Sensorsysteme zur Erdbeobachtung. Hierbei wird insbesondere hohe Performance mit hochausgereiztem Leichtbau kombiniert.***

  - ***Erarbeiten von Betriebsstrategien und Missionsszenarien zur Demonstration der Leistungsfähigkeit hochfliegender Solarplattformen.***

  - ***Demonstration und Flugerprobung neuartiger Technologien, Verfahren und Sensorsysteme.***

Technologieträger HAP alpha

- Zum Aufbau von Know-how im Bereich der Flugdurchführung in großen Höhen realisiert das DLR zunächst ein Flugzeug mit den folgenden Eigenschaften
  - ***Aufstiegsfähigkeit auf über 20.000 m Flughöhe***
  - ***Robustes, modulares Design zur einfachen Modifizierbarkeit***
  - ***Keine Übernachtflugfähigkeit***
  - ***Flugzeuggröße entspricht der für dauerflugfähiges Flugzeug, allerdings mit höherem Gewicht***
  - ***Flug zunächst auf Testranges in Luftsperrgebieten***

- Der Technologieträger soll insbesondere genutzt werden um
  - ***Erfahrung bei den Auf- und Abstiegsflügen zu sammeln***
  - ***operationelle Erfahrung aufzubauen und die angenommenen Umweltbedingungen zu verifizieren***
  - ***die Leistungsfähigkeit miniaturisierter Sensorsysteme zu demonstrieren***

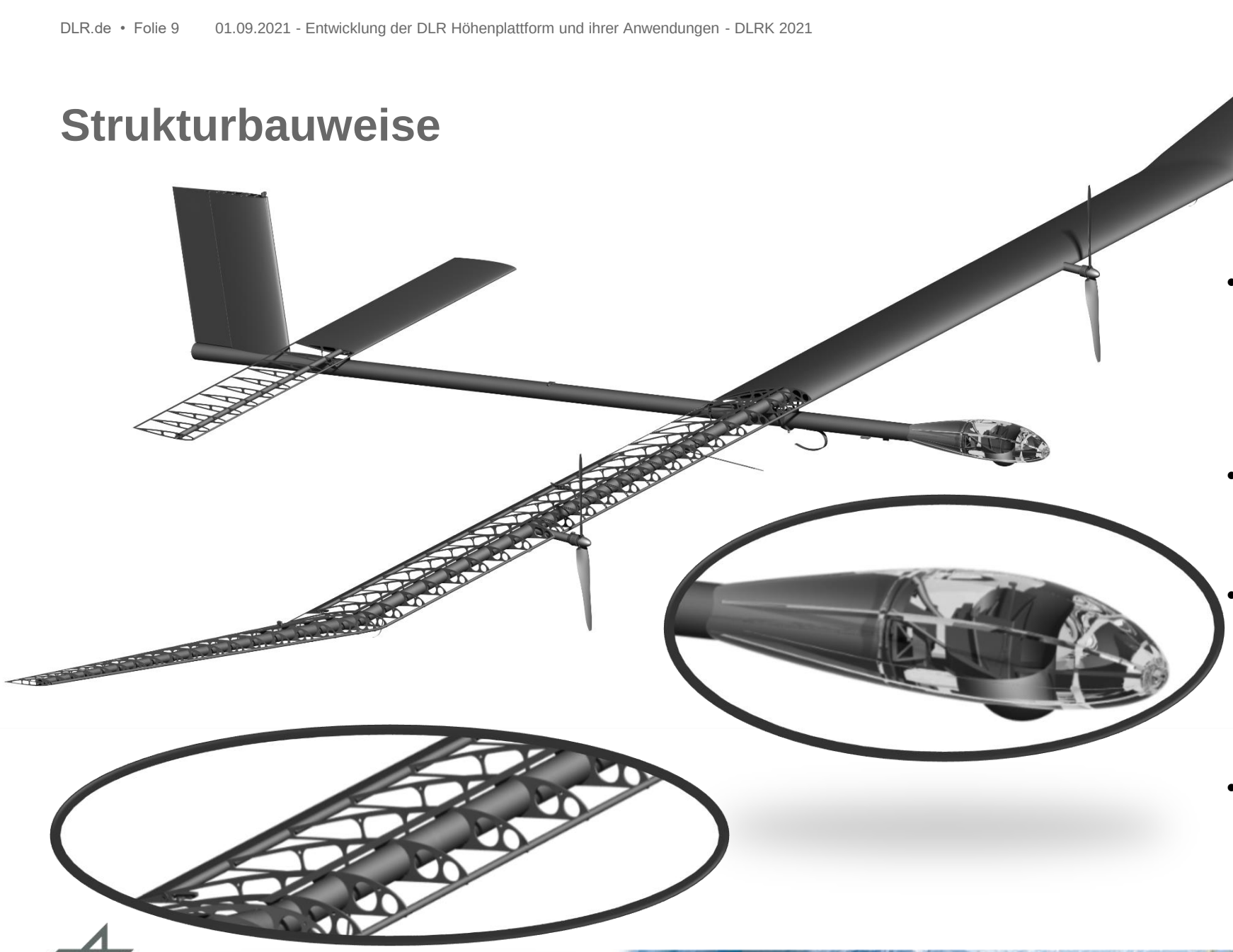
Technologieträger HAP alpha

- Spannweite 27 m
- Abfluggewicht 138 kg
- Dienstgipfelhöhe >22 km
- 5 kg Nutzlastkapazität
- Entwickelte Nutzlasten: Hochauflösende Kamera und ein Radar mit synthetischer Apertur

Besondere Herausforderungen der Flugzeugentwicklung

- Trotz Verzichts auf Übernachtflugfähigkeit für den Technologieträger ist ein extrem hohes Maß an Leichtbau erforderlich: Flächenbelastung des Flugzeuges unter 4 kg/m²
- Durchfliegen niedriger Atmosphärenschichten mit hohem Turbulenzpotenzial
- Trotz hoher Leichtbauanforderungen sollen mehrere Starts und Landungen mit dem Flugzeug möglich sein
- Anspruchsvolles Thermalmanagement: Temperaturen von -80°C nachts und hohe Strahlungsleistung der Sonne am Tag; hohe Abwärme der Nutzlasten
- Komplexes Zusammenwirken aller Systemkomponenten: Dauerhaftes Verweilen auf 20.000 m Höhe ist nur mit Solargenerator und Batterien zusammen möglich

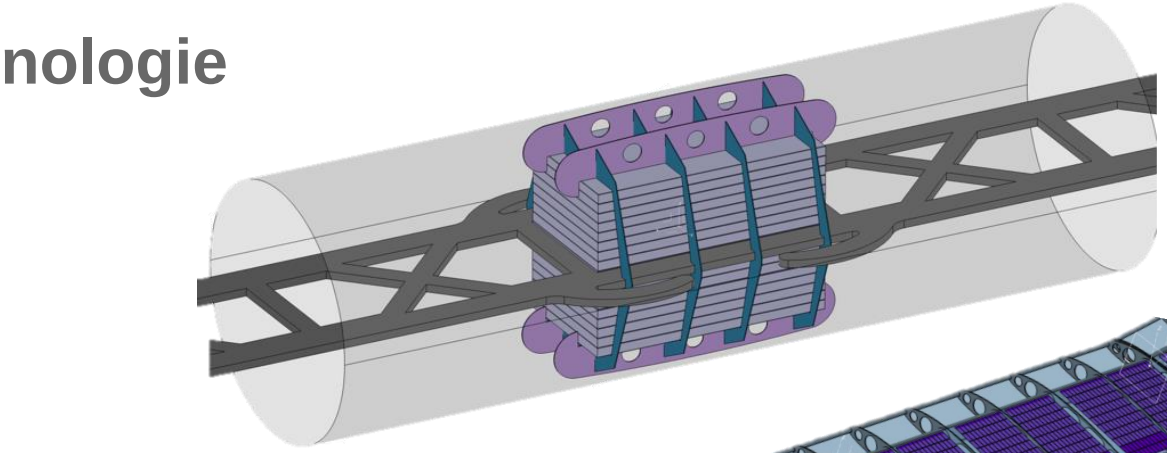
Strukturbauweise

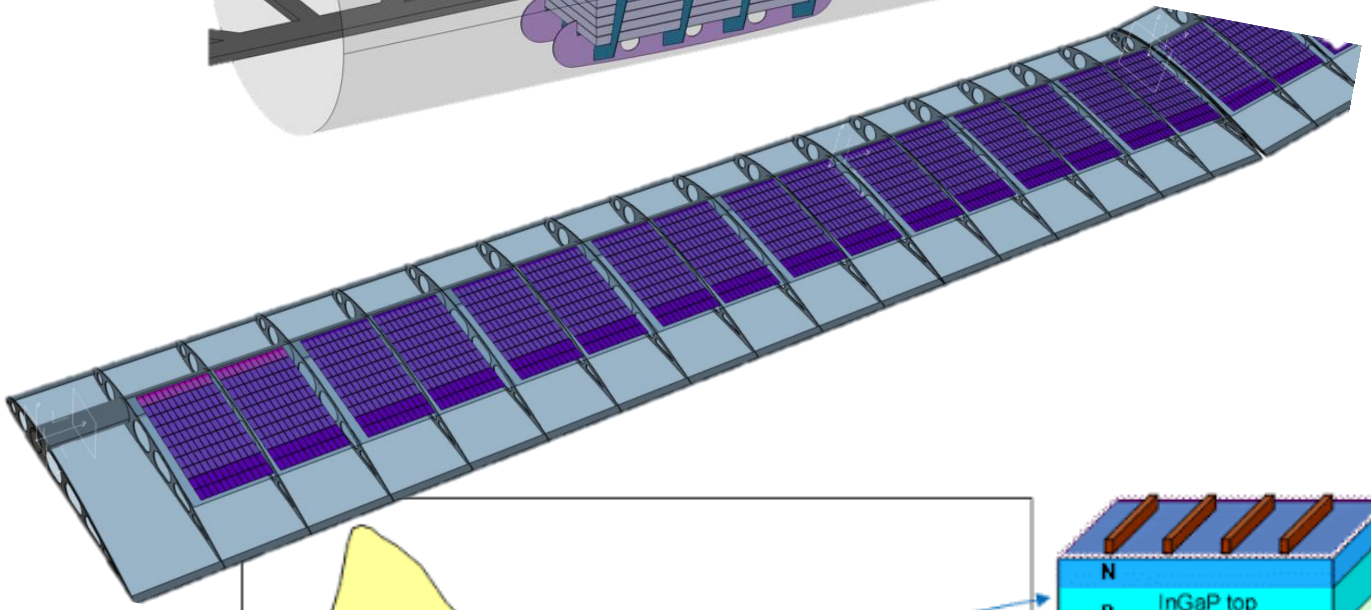


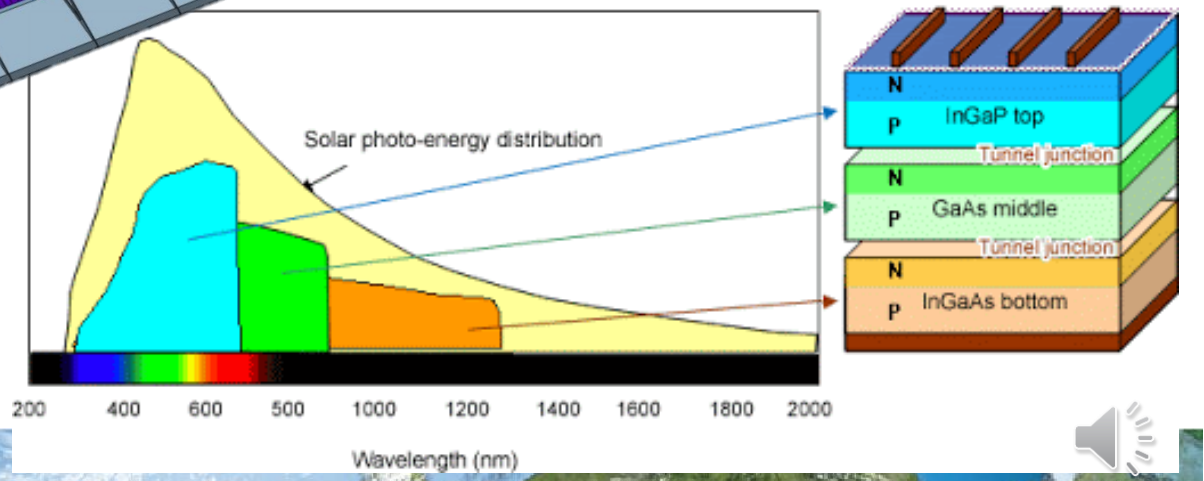
- Gesamtstrukturgewicht (Primär- und Sekundärstruktur): 48 kg, davon entfallen ca. 75% auf den Hauptflügel
- Flügelbauweisenkonzept: Rohrholm + Rippen + Bespannung
- Hauptholm, Rumpf und Leitwerksholme werden als gewickelte Rundrohre mit variierender Wandstärke ausgeführt
- CFK-Sandwichrippen werden im Hauptflügel und in den Leitwerken verbaut

Batterietechnologie und Solartechnologie

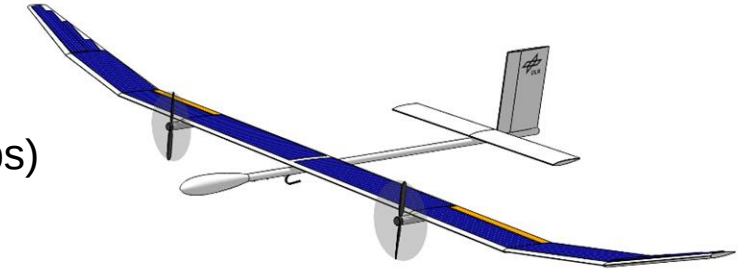
- Wiederaufladbare Lithium-Ionen-Batterien im Flügelholm verteilt
- Energiedichte der Zellen: ca. 350 Wh/kg (pro Zelle), später 500 Wh/kg
- Jeder Batterieblock ist mit einem Batteriemanagementsystem und einer Heizung ausgerüstet
- Micro-Link Triple Junction Solarzellen auf Gallium-Arsenid-Basis, aufgebracht auf Flügelbespannung
- Wirkungsgrad bis zu 32% bei einer Leistungsdichte von 1,4 Wp/g



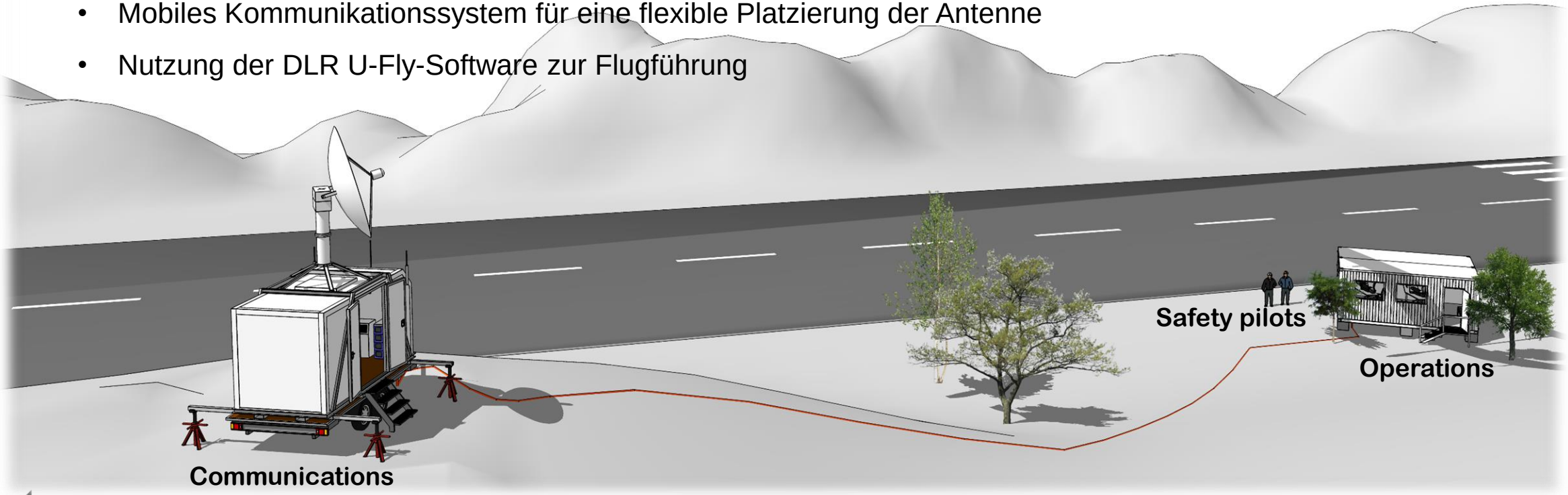




Bodensegment

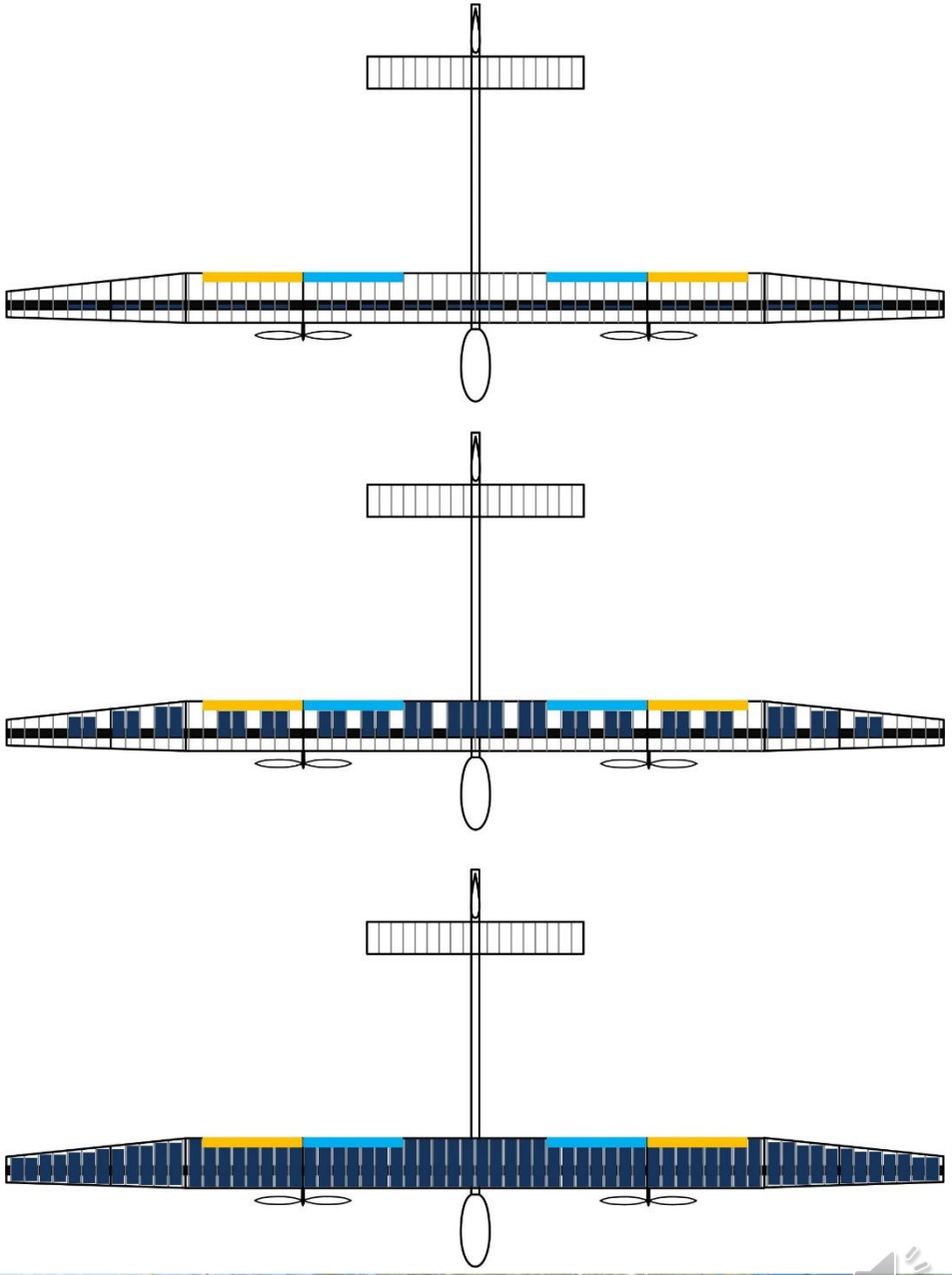


- Command and Control über bi-direktionalen S-band Link (bis zu 1 Mbps)
- Standardisiertes Kommunikationsprotokoll (STANAG 4586)
- Sensor Data über X-Band-Daten-Downlink (bis zu 100 Mbps)
- Eine Parabolantenne stellt die Kommunikation über lange Distanzen sicher
- Mobiles Kommunikationssystem für eine flexible Platzierung der Antenne
- Nutzung der DLR U-Fly-Software zur Flugführung



Ausbaustufen Flugzeug

- Die Solarpanele sind extrem teuer (~ 90 k€/m²)
- Zur Risikominimierung während der ersten Flugversuche wird zunächst nur eine kleine Fläche mit Solarzellen belegt
  - *Ausbaustufe 1: ~ 1.5 m² Solarfläche*
  - *Ausbaustufe 2: ~ 12 m² Solarfläche*
  - *Ausbaustufe 3: ~ 22 m² Solarfläche (wird aktuell nicht näher betrachtet)*
- Abgesehen von der Größe des Solargenerators unterscheiden sich die Ausbaustufen nicht



Nutzlastsysteme

- Das Flugzeug soll verschiedenste Nutzlasten tragen können und damit insbesondere als attraktive Alternative für LEO-Satelliten dienen können.

- Zunächst werden im Querschnittsprojekt HAP zwei Nutzlasten entwickelt

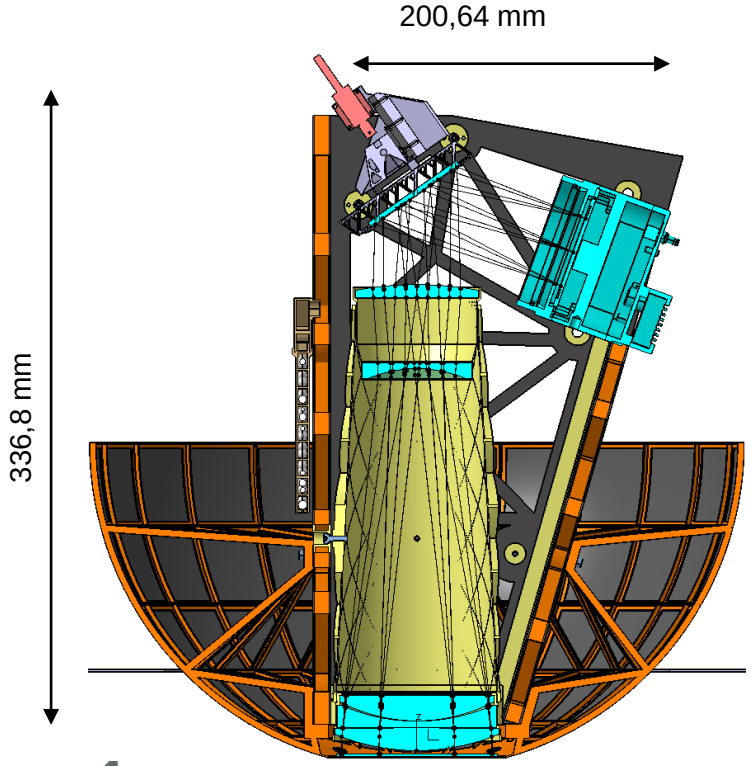
  - ***Modular Aerial Camera System (MACS),***

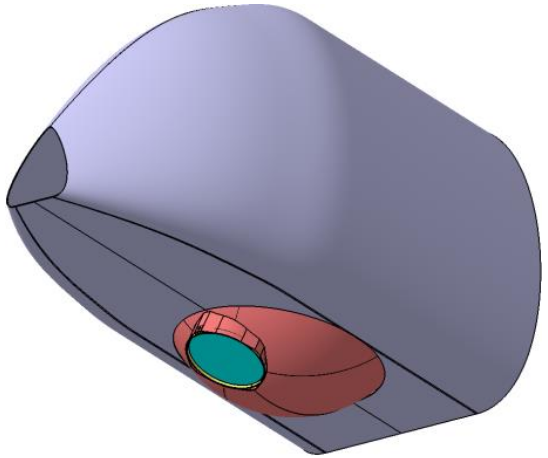
  - ***Radar with Synthetic Aperture (HAPSAR).***

- Es wird angestrebt, das MACS während der ersten Flugversuchskampagnen des Luftfahrzeuges einzurüsten und erste Erprobungen unter realen Bedingungen durchzuführen.

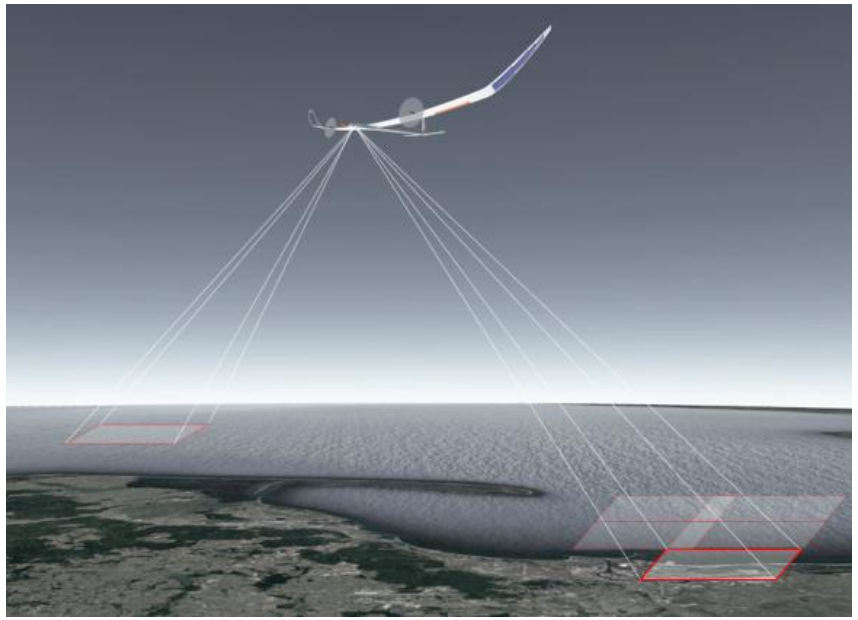
MACS-Kamerasystem

- Entwicklung eines selbstausrichtenden Kamerasystems
- 150 Mpix-Sensor, Bodenauflösung 15 cm
- Onboard-Bildanalyse zur automatischen Erkennung von Zielobjekten
- 5 Linsen + Umlenkspiegel und 500 mm Brennweite



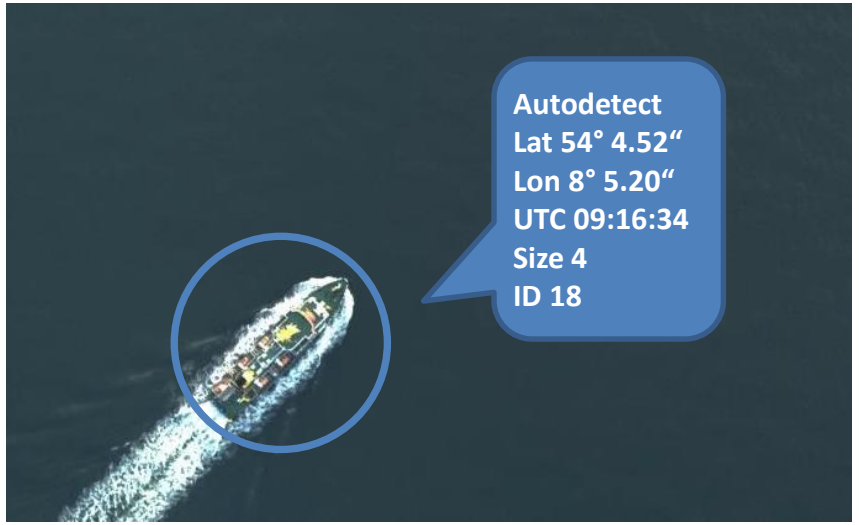


60 deg Rollen / Nicken zum Ausrichten und zur HAP-Energieverbrauchsminimierung



Tracking: Beobachtung eines Gebiets oder eines Objekts

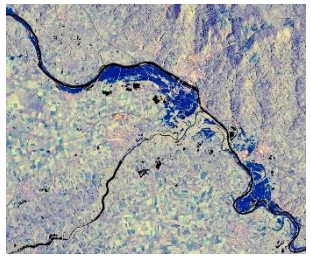
Scanning: Erstellung eines Mosaiks größerer Gebiete



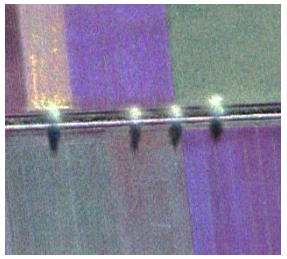
HAPSAR - Radar mit synthetischer Apertur auf HAP

Ein hochperformantes Multi-Mode-Radar unter härtesten Bedingungen.

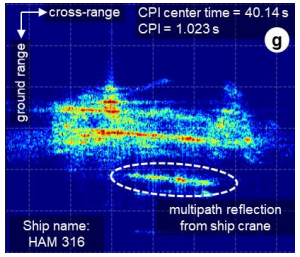
Katastrophenmonitoring

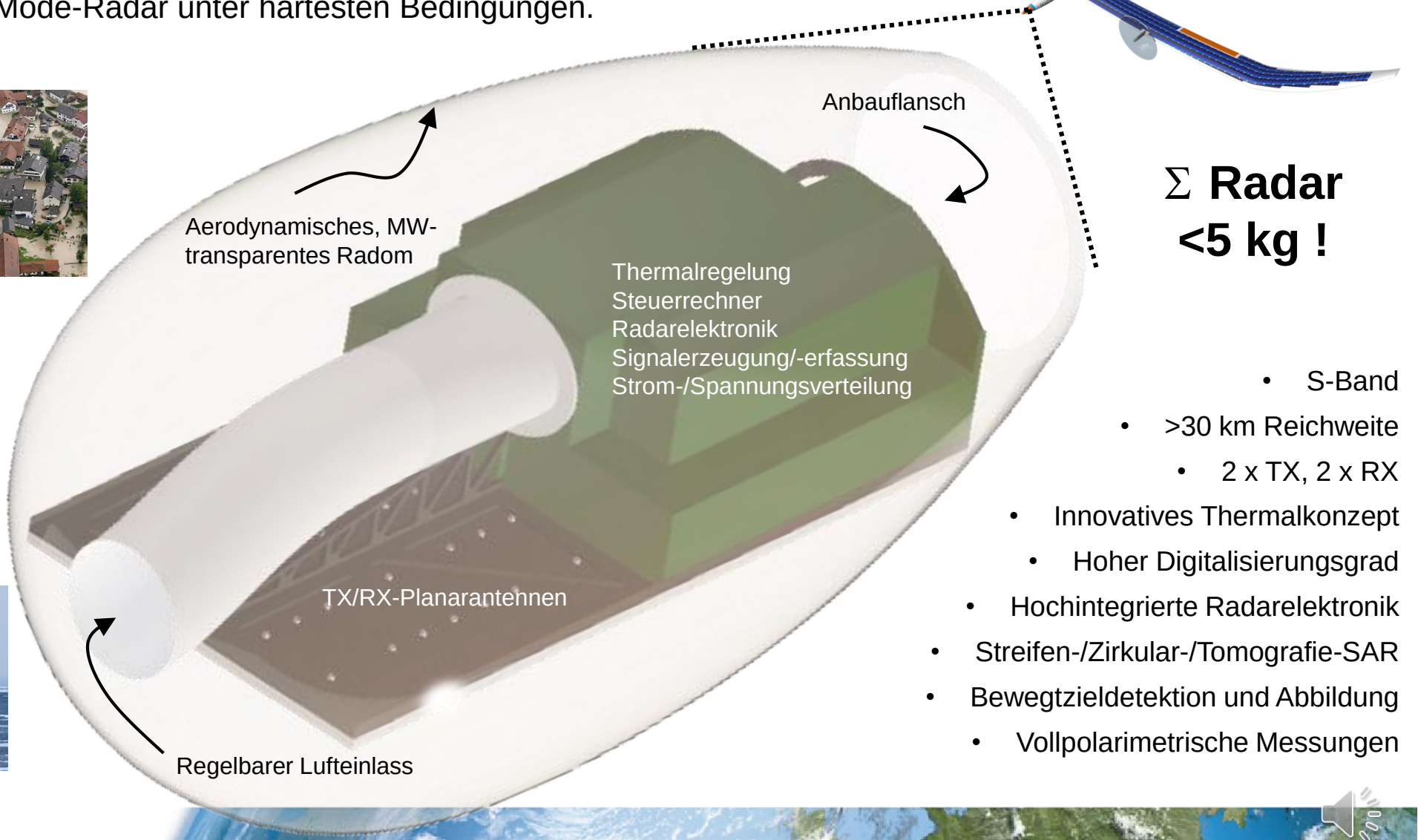


Routenüberwachung



Monitoring von Schifffahrtswegen





Σ Radar
<5 kg !

- S-Band
- >30 km Reichweite
- 2 x TX, 2 x RX
- Innovatives Thermalkonzept
- Hoher Digitalisierungsgrad
- Hochintegrierte Radarelektronik
- Streifen-/Zirkular-/Tomografie-SAR
- Bewegtzieldetektion und Abbildung
- Vollpolarimetrische Messungen

Nächste Schritte

- Anfang 2022: Critical Design Review
- Ende 2022: HAP alpha Technologiedemonstrator (*Ausbaustufe 1*) für Erstflug verfügbar
- Mitte 2023: Erstflug und Flugtests in niedriger Höhe (*Ausbaustufe 1*) im nationalen Erprobungszentrum für UAV des DLR in Cochstedt
- In 2024: Flugversuche in großer Höhe (*Ausbaustufe 2*) in Esrange, Schweden und/oder Ceduna, Australien

Vielen Dank!