

Deutsche Wasserstoffvollversammlung, 27.01.2021

Go4Hy2 – Fliegen mit H₂/BZ-Antrieb

Prof. Dr. J. Kallo
EWS Universität Ulm / DLR Stuttgart



Quelle Bild: © DLR/H2Fly, 2016

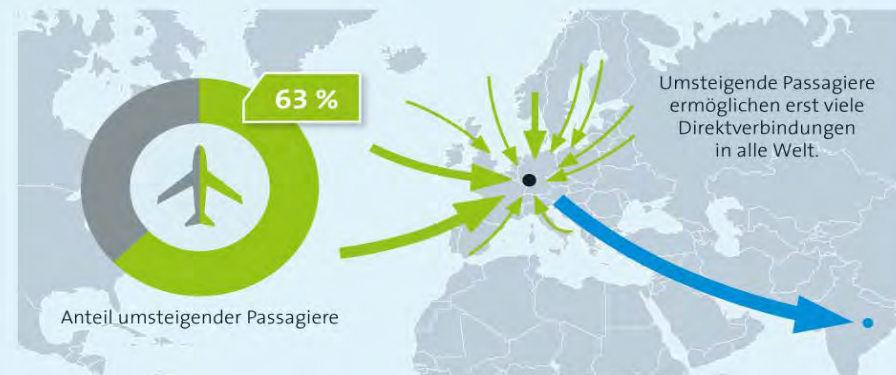
Motivation: Reduktion CO₂ Emissionen und Fluglärm / Green & Silent Aviation

Visualisierung am Beispiel Regionalverkehr – Passagierpotential bis 2000km

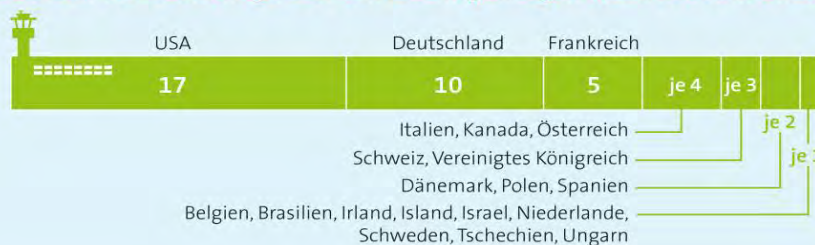
Wie funktioniert ein Drehkreuz?

Beispielflug: Frankfurt – Neu-Delhi

63 Prozent der Passagiere dieses Flugs sind über Zubringerflüge von 65 Herkunftsflughäfen in 20 Nationen nach Frankfurt geflogen, um dort in den Flug nach Neu-Delhi umzusteigen.



Anzahl der Herkunftsflughäfen von Zubringerflügen (nach Herkunftsnation):



Quelle: Fraport AG

www.bdl.aero

Potential für Flug-Regionalverkehr im **Zubringergeschäft** mit bis zu 44% des Passagieraufkommens im Umkreis von 2000 km

→ 0,44*46 Mio. Passagiere/anno

→ ca. 20 Mio. Passagiere/anno für FRA

Im Jahr 2033 werden

91 MEGA-Hubs mit mehr als 511.000.000 Passagiere im Regionalverkehr erwartet.

CO₂ Einsparungen + Lärm Minderung

→ 33.759.726 tonnen CO₂

Die CORSIA - Aktivität des ICAO ist ein erster Schritt zur Erfassung der CO₂ Emissionen

→ Regulierung? → Technologieverfügbarkeit

→ Vorsprung Knowhow → Arbeitsplätze

Ziel: Leistungsfähiger Antriebsstrang für emissionsfreie elektrische Fluganwendungen



H2Fly Hy4, 4-Sitzer, 120kW BZ-Batt.-Hybrid; Erstflug 2016



Scylax Aircraft, E10: 10 Sitzler, 2 260kW E-Motoren u. Batt.; Erstflug geplant 2022



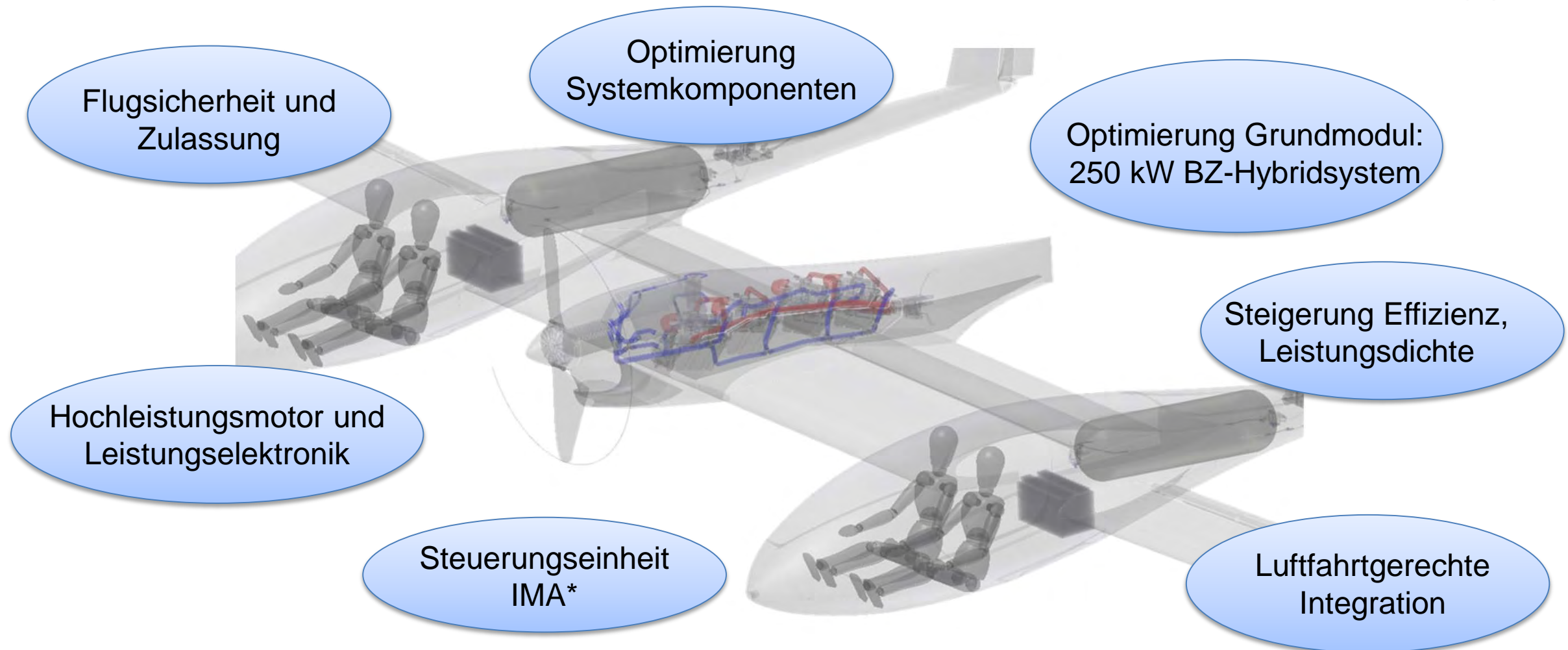
viertersitziges Airbus-Lufttaxi, unbemannt

D328ZE



Bildquellen: H2Fly, DLR, Airbus https://www.deutschlandfunkkultur.de/media/thumbs/b/b641c3729d4fae5850ad6939a9618ea9v1_max_635x357_b3535db83dc50e27c1bb1392364c95a2.jpg?key=359b1a; Lilium <https://www.electrive.net/2020/03/23/>

Projektübersicht: Entwicklung eines flugrelevanten BZ-Hybrid-Antriebsstranges, ca. 250 kW



Quelle Bild: © DLR/H2Fly, 2016

* IMA: Integrierte Modulare Avionik

Projektziele

- **Entwicklung eines BZ**-Batterie-Hybrid Antriebssystems, flugrelevant, für Passagierflugzeuge (Gen. 1)**
- **Antriebs-Systemlösung im 250kW Bereich mit einer ca. 2-3fach höheren Leistungsdichte wie bisher!**
- **Übertrag von druckaufgeladener automotive-BZ-Stacktechnologie in die Luftfahrtanwendung**
- **Luftfahrtzulassungs-nahe Steuerung, basierend auf IMA*-Technologie**
- **Hochleistungs-Elektroantrieb und Leistungskomponenten**
- **Integration unter Luftfahrtraspekten**
- **Beurteilung des BZ-Hybrid Antriebssystems Regionalflugzeuge mit MW-Antrieben**
- **Integration, Test und Demonstration des Brennstoffzellen-Hybrid-Antriebs in der Flugtestplattform Hy4**

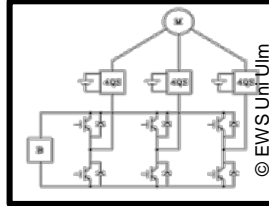
* IMA: Integrierte Modulare Avionik

** BZ: Brennstoffzellen

Projekt Go4Hy2 - Partner



- Leistungsverteilung PMCD
- Gesamtintegration und Test am Boden und in der Luft
- P-Luftversorgung



H2FLY



- Dokumentation/Modifikationen
- Anforderungslisten für Einbauten, Sicherheit, Gesamtantriebsarchitektur unter Sicherheits- u. Zuverlässigkeitsaspekten
- Bereitstellung der Flugzeugplattform UA
- Flugtestdurchführung
- Integrationskonzept und Systemarchitektur für sichere und verlässliche Komponenten



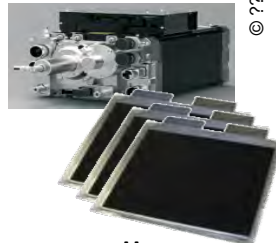
PIONEERS OF POWER

- Anforderungen Elektromotor
- Entwicklung & Bereitstellung Elektromotor und DC/AC Ansteuerung
- Testbegleitung und Auswertung



Deutsches Zentrum
für Luft- und Raumfahrt

- Grundlagen BZ-System + Hybridtechnologie
- Wissenschaftliche Fragestellungen Unterdruck
- Unterstützung Flugtest



DIEHL Aerospace



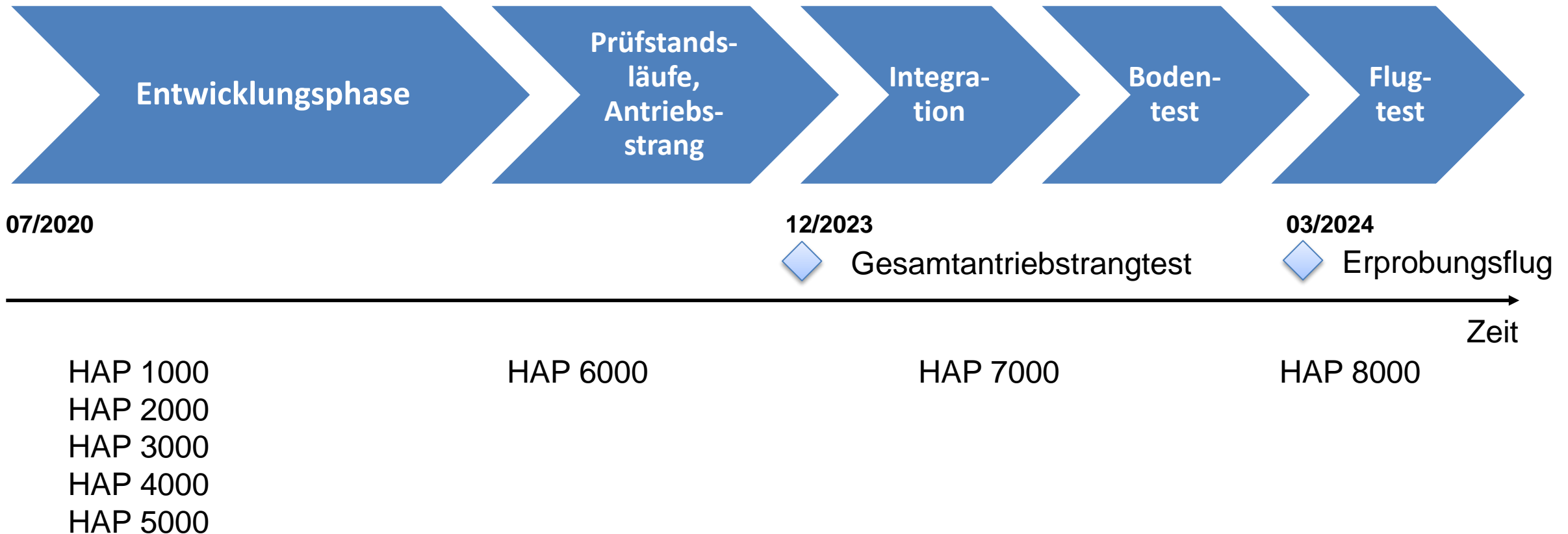
- Zuarbeit Gesamtsystemanforderungen und Architektur
- IMA* mit neuer I/O Karte
- Integrationssupport des BZ-Systems auf IMA*
- Support Gesamtsystemtest und Gesamtsystemintegration



- Auslegung eines zukünftigen hybrid elektrischen Regionalflugzeuges
- Anforderungsanalyse und Technologiebewertung aus Sicht des Anwenders

* IMA: Integrierte Modulare Avionik

Projektphasen in Go4Hy2

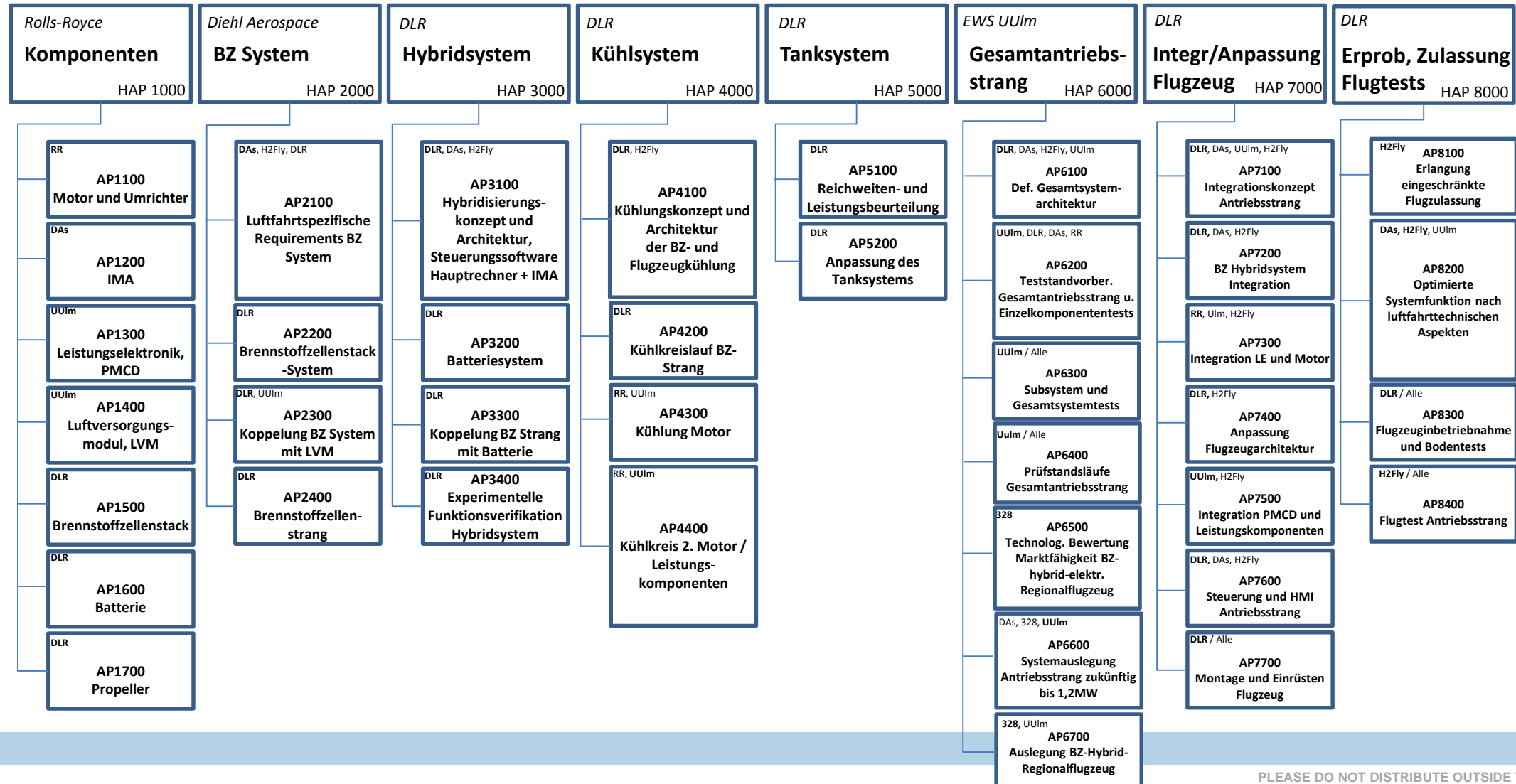


Druckaufgeladene Brennstoffzellen im 250kW Antriebsstrang für ein Passagierflugzeug mit bis zu 4 Personen

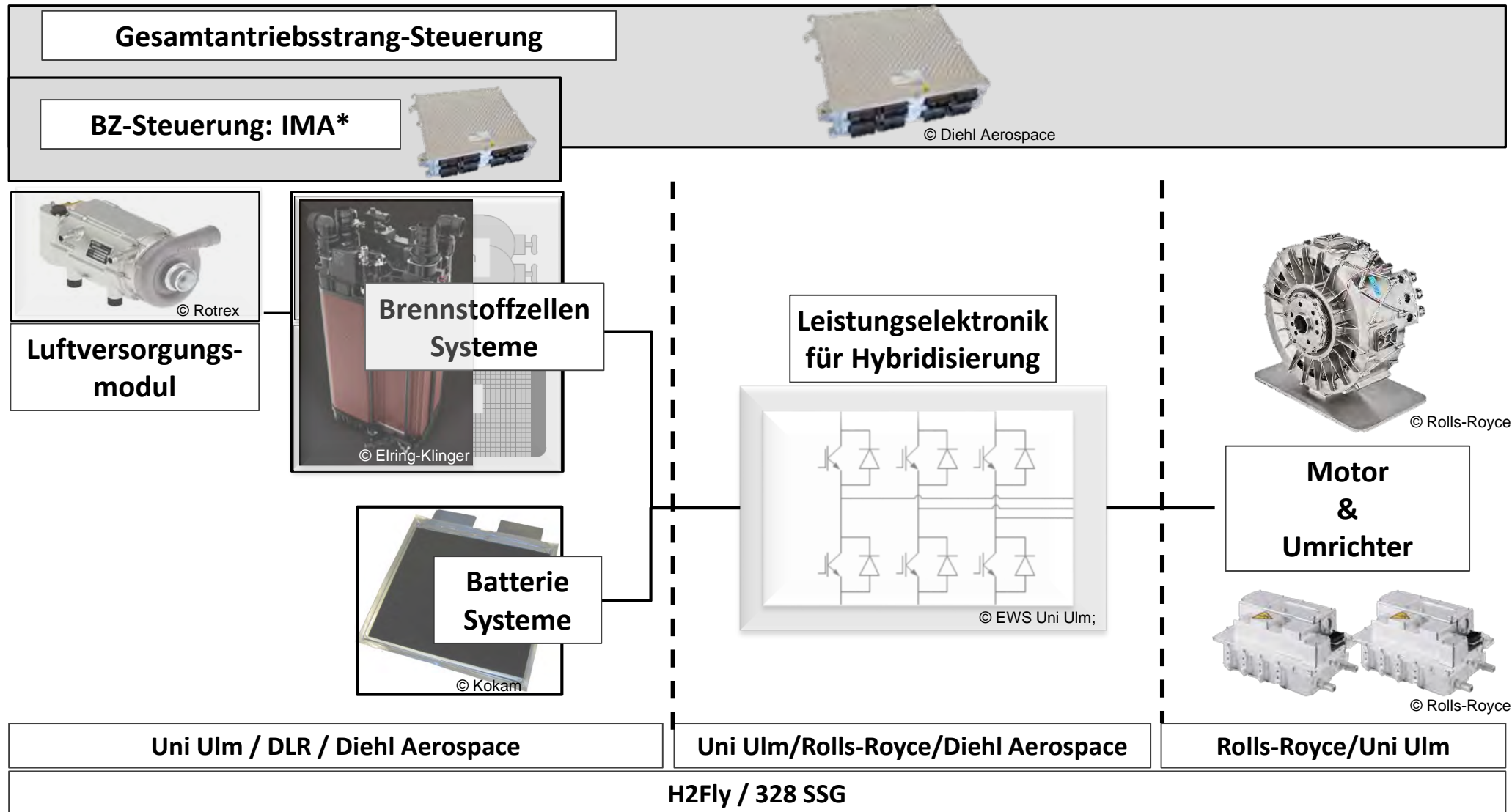


Projektstrukturplan

Go4Hy2 - Druckaufgeladene Brennstoffzellen im 250kW Antriebsstrang für ein Passagierflugzeug mit bis zu 4 Personen



Vereinfachte Systemarchitektur - Gesamtantriebsstrang



* IMA: Integrierte Modulare Avionik

Testplattform – Hy4



Quelle Bild: © DLR/H2Fly, 2016

H2Fly GmbH – H2-Fuel Cell based electric flight in HY4

H2FLY

- Operator of worlds first 4-seater hydrogen fuelcell aircraft HY4
- Promote the idea of emission free flying to the public
- Networking the Stakeholders
- Development of H2-FC based power trains for AC Applications



Rolls-Royce Deutschland

Go4Hy2 Beitrag:
Entwicklung...

...effizienter,
redundanter,
leistungsdichter
Elektromotoren

...sicherer,
kompakter,
zertifizierbarer
Umrichter



Rolls-Royce Electrical: Integrierte, elektrische Energie- und Antriebs-Gesamtsysteme für die Luftfahrt

Electrical Machines

Magnetic materials
High voltage insulation
Composite banding

Controls

High speed and integrity
Modular architectures

Energy Storage

Solid state cells
Thermal containment
Embedded sensors

Power Electronics

Wide band gap devices
High voltage topologies
Advanced cooling

Systems

Electrical protection
High voltage cabling
Integrated system cooling



Rolls-Royce Deutschland



PIONEERS OF POWER

Kompetenz

Integrierte, elektrische Energie- und Antriebs-Gesamtsysteme für die Luftfahrt

Electrical Machines

Magnetic materials
High voltage insulation
Composite banding



Controls

High speed and integrity
Modular architectures



Energy Storage

Solid state cells
Thermal containment
Embedded sensors



Power Electronics

Wide band gap devices
High voltage topologies
Advanced cooling



Systems

Electrical protection
High voltage cabling
Integrated system cooling



© Rolls-Royce

Go4Hy2-Beitrag

Entwicklung effizienter,
redundanter,
leistungsdichter
Elektromotoren

Entwicklung sicherer,
kompakter,
zertifizierbarer
Umrichter

Diehl Aerospace

DIEHL
Aerospace

Kompetenzen

Go4Hy2 Beiträge



Modular Avionics

Luftfahrttaugliche, integrierte modulare Avionik (IMA) zur Steuerung einfacher bis sicherheitskritischer Funktionen, aus CS-25 Anforderungen adaptiert auf GA, UAM und CS-23



© Diehl Aerospace

Flight
Control
Applic.

Radar
Applic.

Graphic
Applic.

Display
Applic.

DAL A

DAL B

DAL C

DAL D

ARINC 653 RTOS APEX/API

HARDWARE AND WIRING

**IMA Hardware und Software
für komplexe Steuer-
und Regelungsaufgaben**
HAP: Komponenten



Energy Generation

Nutzung Batterie-Brennstoffzellen-Hybrid-basierter Energieerzeugungssysteme, inkl. Sensorik, Power-Management, Steuerung und Überwachung nach Luftfahrtanforderungen



SOLID STATE
HIGH POWER
SWITCHES



© Diehl Aerospace

**Kompetenzeinbringung
für BZ-System und
Anbindung an IMA**
HAP: BZ System, Hybridsystem



System Integration

zur Integration und Zulassung für (vollelektrische) Luftfahrzeuge verschiedener Marktsegmente (Hy4, VC200, 328FC), basierend auf Batterie-Brennstoffzellen-Hybriden



© H2FLY | Volocopter | Wikipedia

**Architekturkompetenz für
Gesamtsystemintegration**
HAP: Gesamtantriebsstrang,
Integration/Anpassung Flugzeug,
Erprobung, Zulassung und Flugtests

AP6700 - Auslegung BZ-Hybrid-Regional-Flugzeug



AP6500

Anforderungen aus den
Zulassungsvorschriften

AP6600

Technische Daten zukünftiger
Antriebsstrang

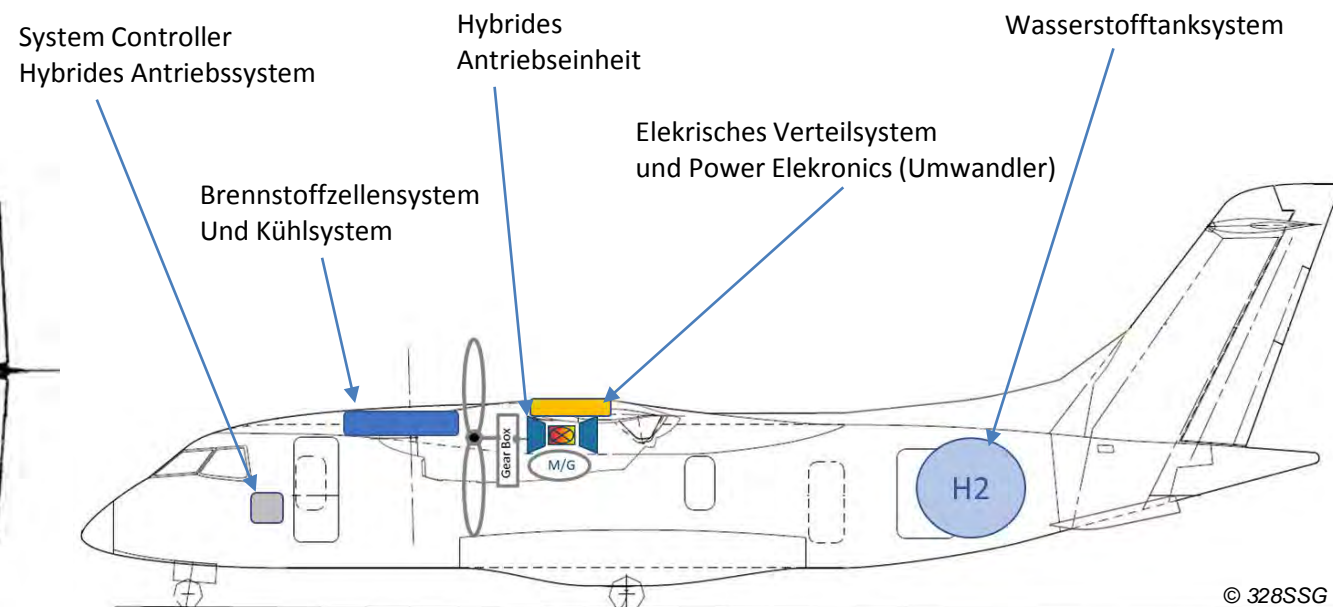
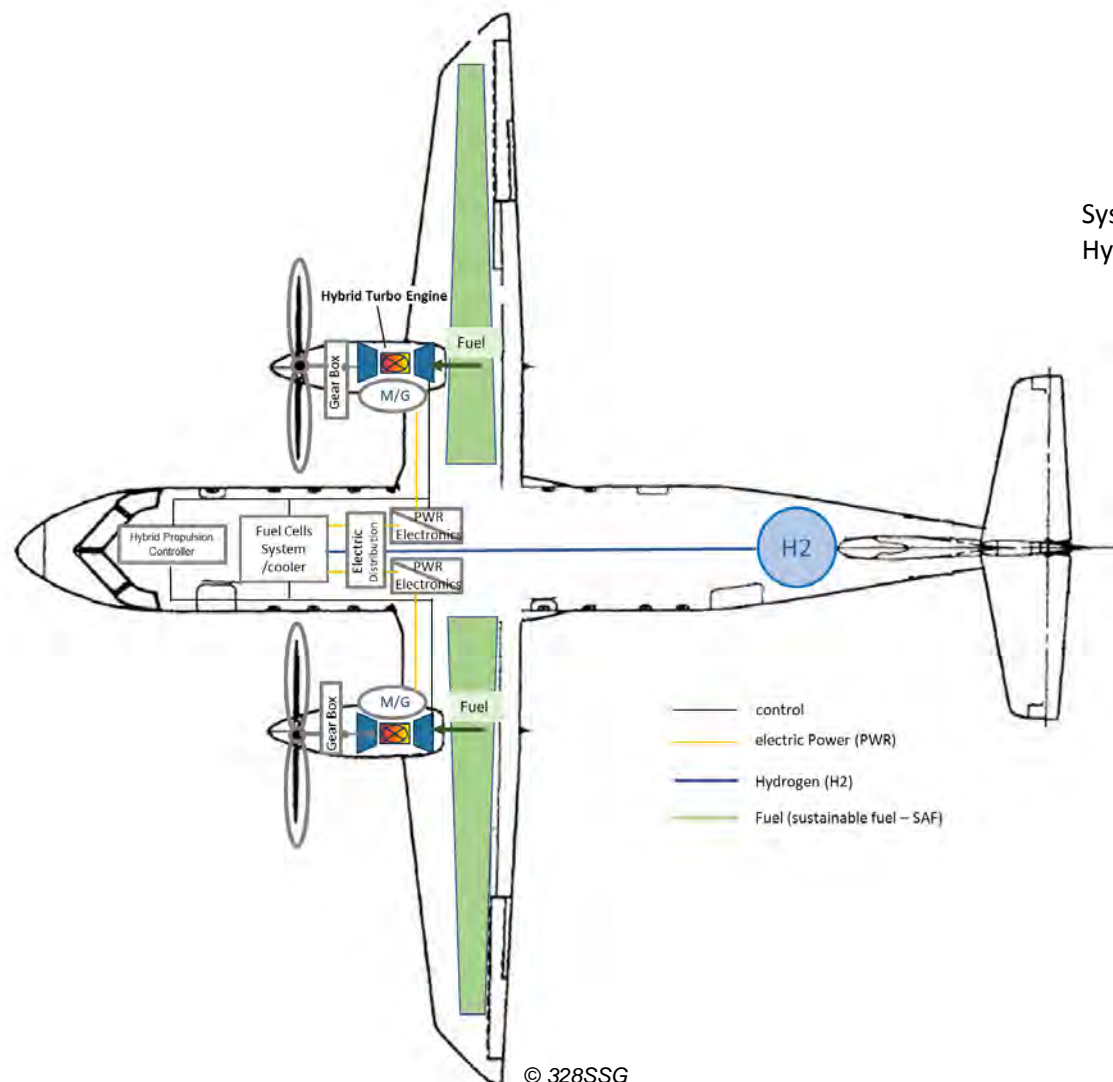
AP6700 - Auslegung BZ-Hybrid-Regional-Flugzeug

- Modellierung D328
- Modellierung BZ-Hybrider Antriebsstrang
- Flugzeug-Architektur-Untersuchungen
- Berechnung der Flugleistungen

AP6500

Flugleistungen

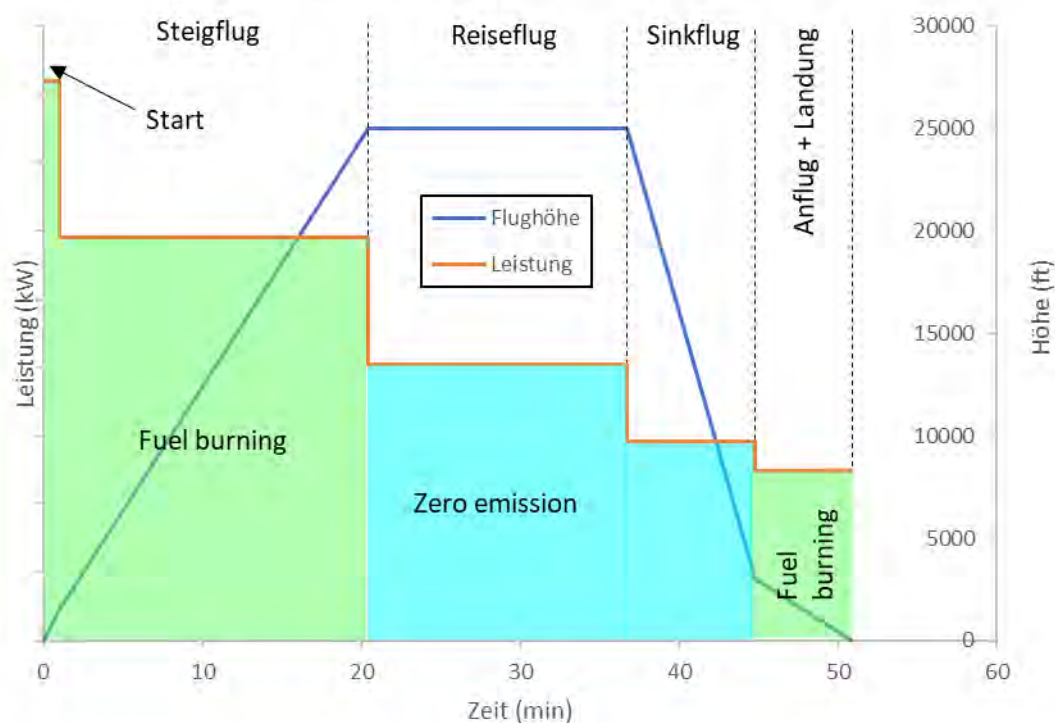
Zero Emission Flugzeugarchitektur



Konzept 1: Vortriebsleistung für Start und Steigflug durch Gasturbine und für Reise- und Sinkflug durch BZ/elektrischem Antriebsstrang

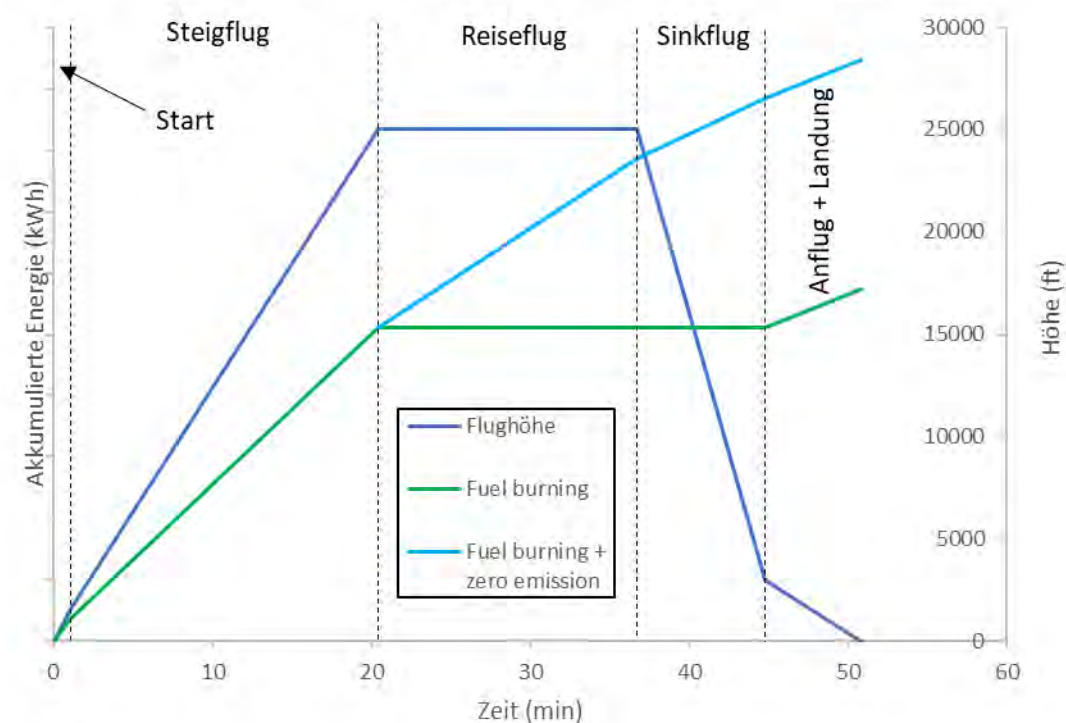


Leistungsbedarf über eine 200nm-Mission - Konzept 1



© 328SSG

Akkumulierter Energiebedarf über eine 200nm-Mission - Konzept 1



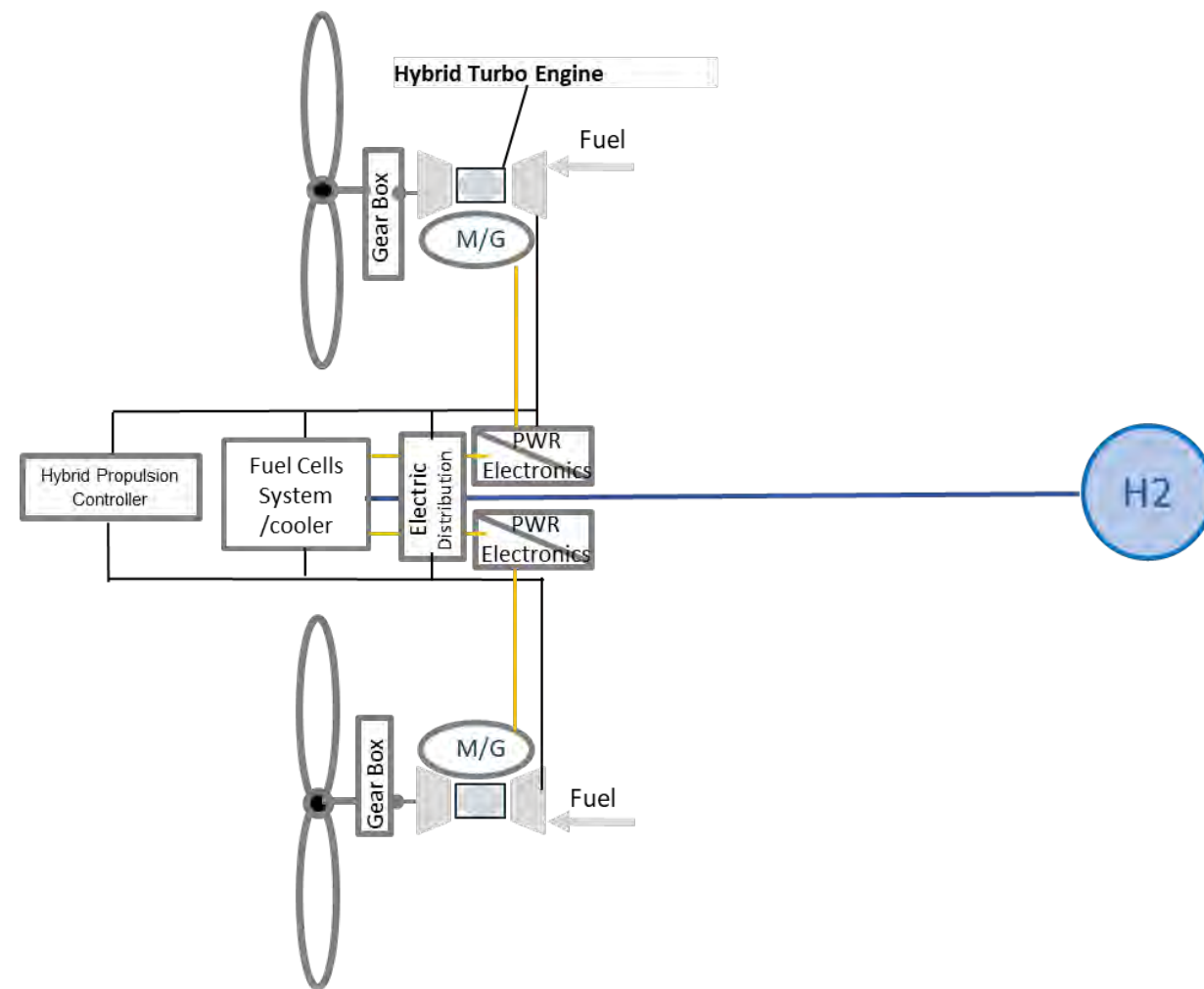
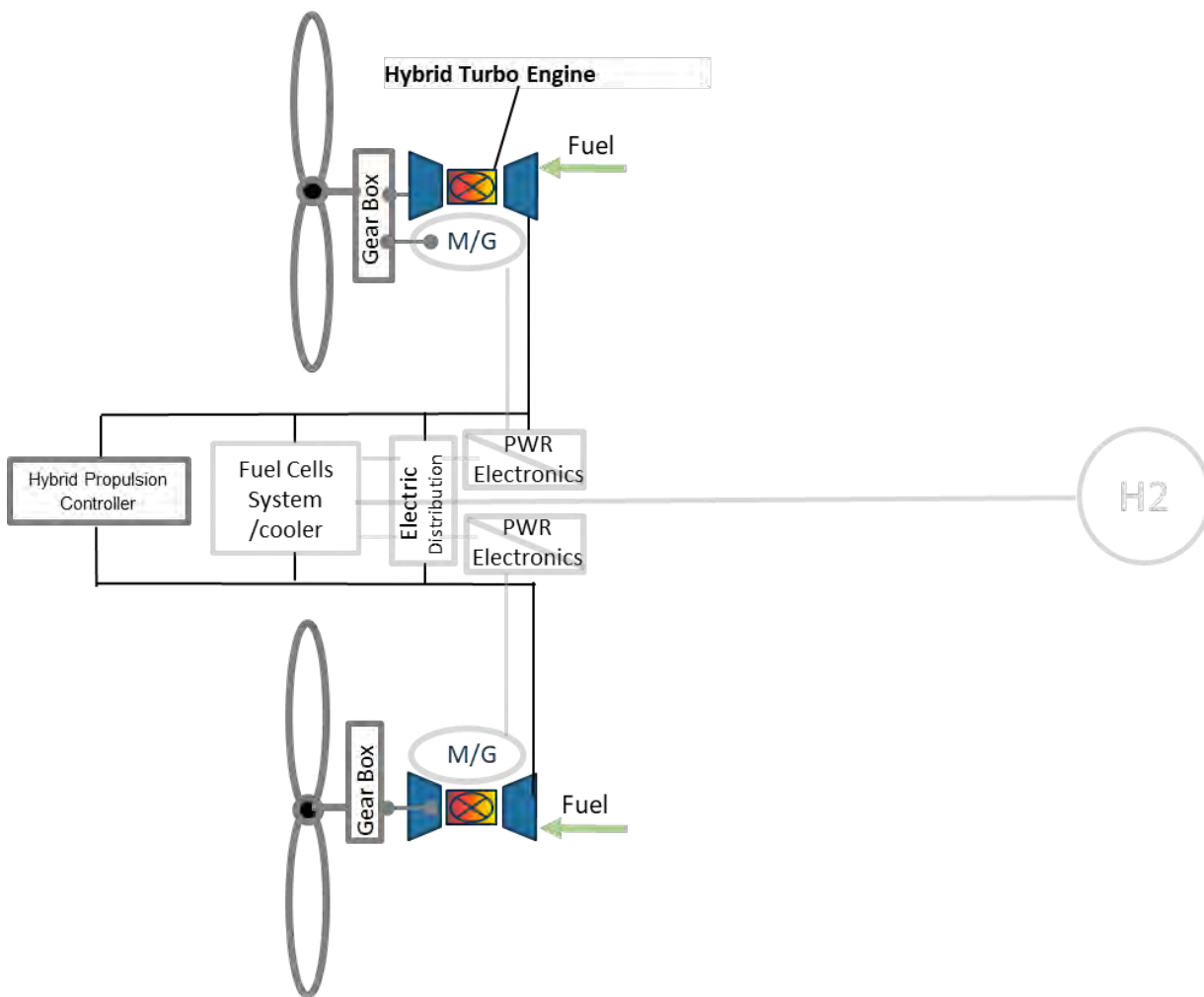
© 328SSG

Betriebszustände für Konzept 1

Start/Steigflug:



Reise-/Sinkflug:



Allgemeines Flugprofil für bemannte Fluganwendungen



Taxiing & Takeoff

Departure

Cruise

Descent

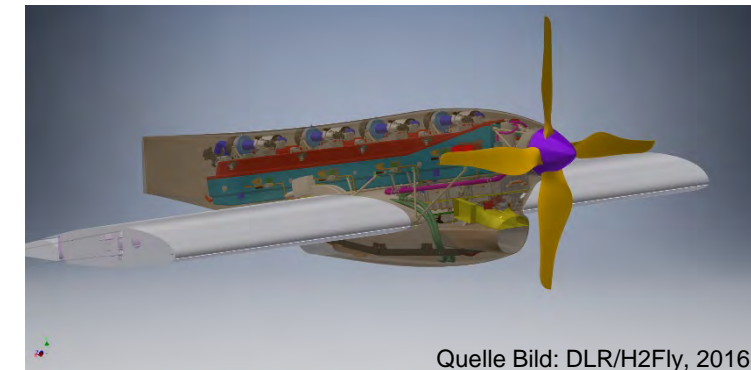
Landing & Taxiing

Flugphase unterliegt unterschiedlichen Drucken und Temperaturen

→ $200\text{mbar} < P_{\text{AIR outside}} < 1013\text{mbar}$

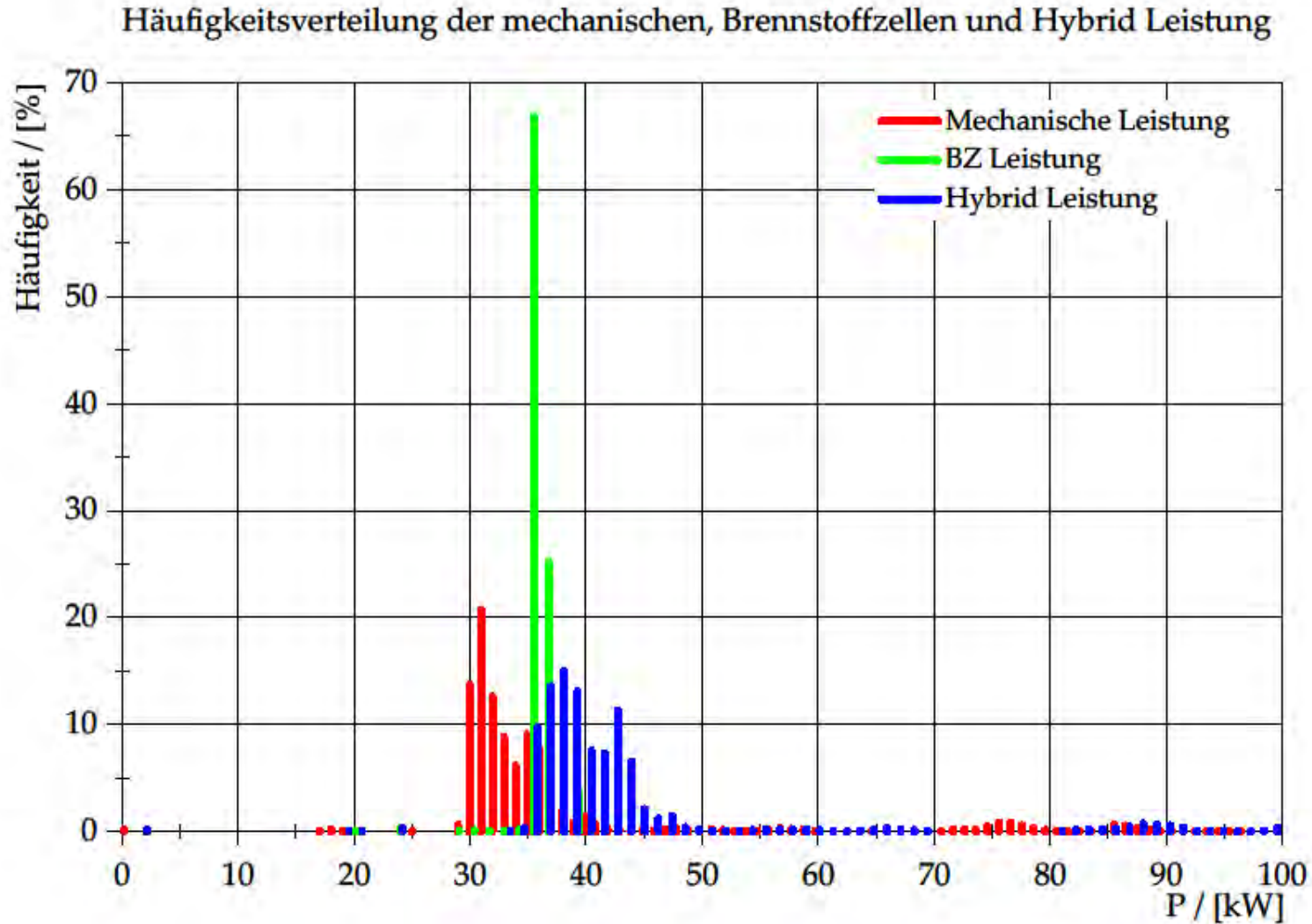
Herausforderungen für den Betrieb einer PEM FC:

- Variation im O₂-Partialdruck
- Variation im Wasseraufnahmeverhalten der Luft bei unterschiedlichen Luftdrucken
- relative Luftfeuchte muss kontrolliert werden
- Sensitivität des Gesamtsystems für die elektrische Feldstärke steigt im Unterdruck



Quelle Bild: DLR/H2Fly, 2016

Abgerufene Leistung im realen, bemannten Flugversuch 11/2020



- Flugdauer: 111 min



Team Hy 4 ... *creating the future ...*

