

# DAS DLR-PROJEKT KONTEKST: KONZEPTE UND TECHNOLOGIEN FÜR EMISSIONSARME KURZSTRECKENFLUGZEUGE

2.9.2020, Deutscher Luft- und Raumfahrtkongress 2020

Wolf Krüger<sup>(1)</sup>, Berit Gerlinger<sup>(2)</sup>, Olaf Brodersen<sup>(3)</sup>, Thomas Klimmek<sup>(1)</sup>, Yves Günther<sup>(4)</sup>

*(1)DLR Institut für Aeroelastik, Göttingen*

[Wolf.Krueger@DLR.de](mailto:Wolf.Krueger@DLR.de)

*(2)DLR Institut für Systemarchitekturen in der Luftfahrt, Hamburg*

*(3)DLR Institut für Aerodynamik und Strömungstechnik, Braunschweig*

*(4)DLR Institut für Flugführung, Braunschweig*



Wissen für Morgen

# Inhalt

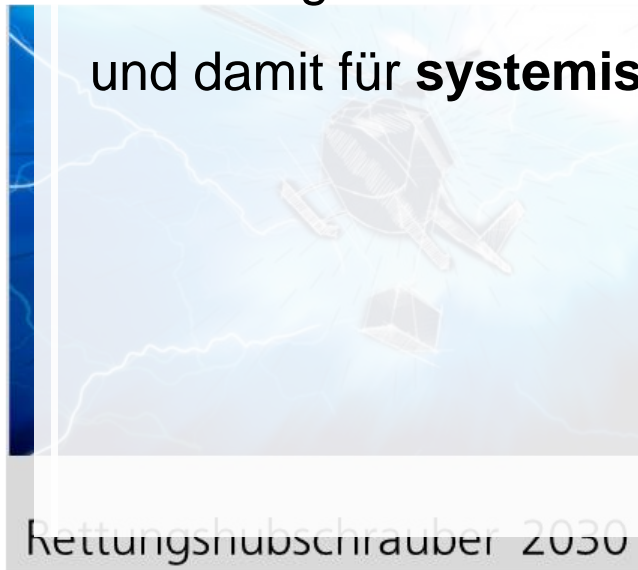
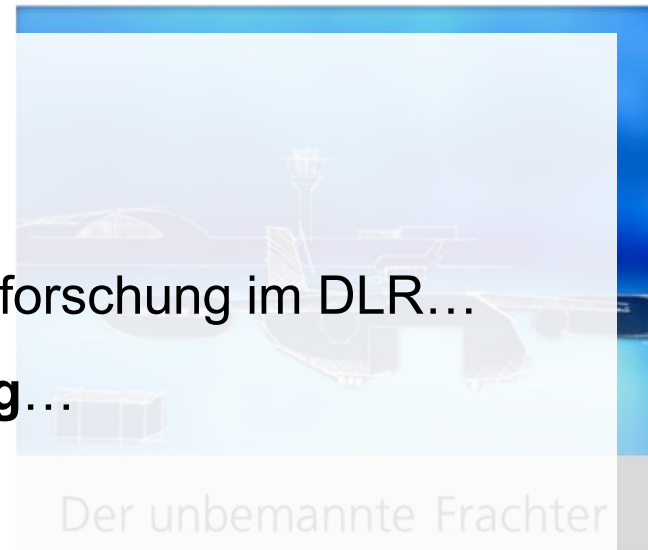
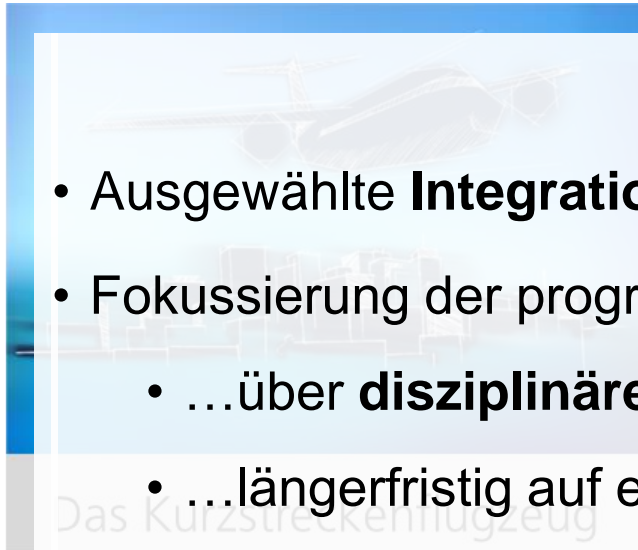
- **Motivation: Leitkonzept Kurzstreckenflugzeug**
- Ausgewählte Arbeiten und Ergebnisse
  - HAP 1: Konfigurationsentwicklung und Bewertung
  - HAP 2: Technologien zur Lärmreduktion
  - HAP 3: Lastanalyse von Kurzstreckenflugzeugen
  - HAP 4: Betriebsaspekte des Kurzstreckenflugzeugs
- Ausblick



# Leitkonzepte 2015 - 2019

- Ausgewählte **Integrationsplattformen**
- Fokussierung der programmatischen (zivilen) Luftfahrtforschung im DLR...
  - ...über **disziplinäre und Instituts Grenzen hinweg...**
  - ...längerfristig auf ein **Zielprodukt**

- Schaffung der Voraussetzung für **Gesamtbewertungsfähigkeit**  
und damit für **systemische Innovationsfähigkeit**



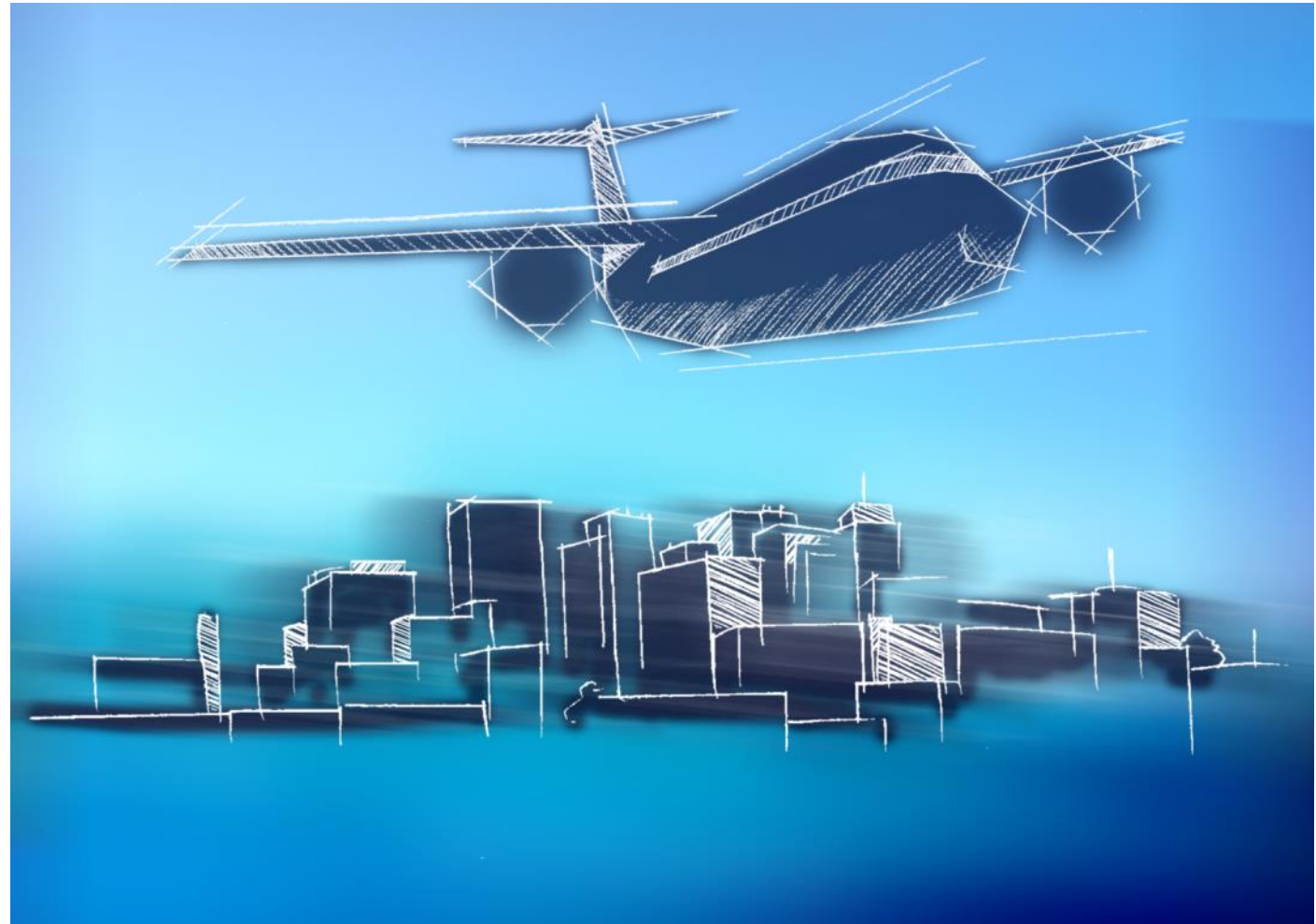
# LK 1: Das Kurzstreckenflugzeug

## Szenario:

- **Leise** Kurzstreckenflugzeuge
- fliegen von **kurzen Start- und Landebahnen**
- zwischen **Regionalflughäfen**

## Ziel:

- Gesamtsystemischer Entwurf und Beurteilung eines Kurzstreckenflugzeug
- Betrachtung der Integration des Flugzeugs in das Gesamtsystem Luftverkehr bereits in der Entwurfsphase



## DLR-Projekt KonTeKst (2016 - 2019)

- Projekt im Leitkonzept 1, Kurzstreckenflugzeug
- Schwerpunkte:
  - **Konfiguration:** Entwurf und Bewertung spezifischer Konfigurationen für lärmarmes Fliegen
  - **Technologien:** spezifische Technologien für lärmarmes Fliegen (Hochauftriebssysteme, Triebwerke)
  - **Analyseverfahren:** Verfahren zur Lastanalyse und -reduktion für leichte Strukturen
  - **Lufttransportsystem:** Integration performanter Kurzstreckenflugzeuge in den Luftverkehr am Boden und in der Luft



# Definition des Kurzstreckenflugzeugs für das Leitkonzept

- Flugzeuge der A320-Klasse:
  - ausgelegt für Distanzen bis 4500 Kilometer
  - Betrieb aber vorwiegend auf bis zu 1500 Kilometer langen Strecken
  - These: auf Kurzstrecke optimiertes Flugzeug bietet Vorteile
  
- Definition der Transportaufgaben:
  - Reichweite: 500 nm / 1000 nm
  - Passagiere: 70 PAX (wie ATR72 / DASH8)  
150 PAX („A320 Regional“)  
300 PAX („A330 Regional“)
  - Startstrecke: 2000 m / 1400 m



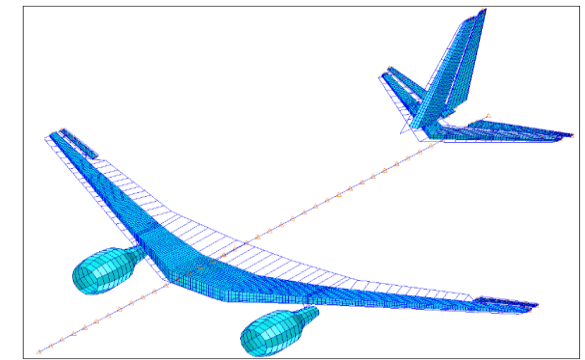
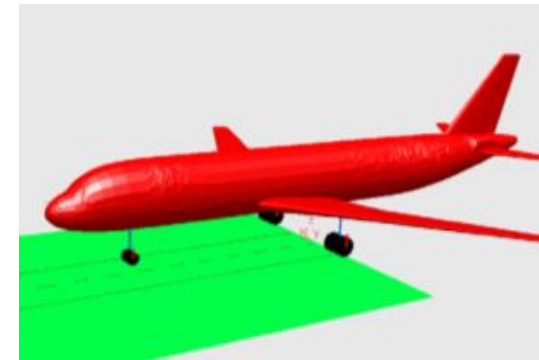
# Inhalt

- Motivation: Leitkonzept Kurzstreckenflugzeug
- **Ausgewählte Arbeiten und Ergebnisse**
  - **HAP 1: Konfigurationsentwicklung und Bewertung**
  - HAP 2: Technologien zur Lärmreduktion
  - HAP 3: Lastanalyse von Kurzstreckenflugzeugen
  - HAP 4: Betriebsaspekte des Kurzstreckenflugzeugs
- Ausblick



# Referenz- und Zielkonfiguration (1/2): Referenzkonfiguration (evolutionär)

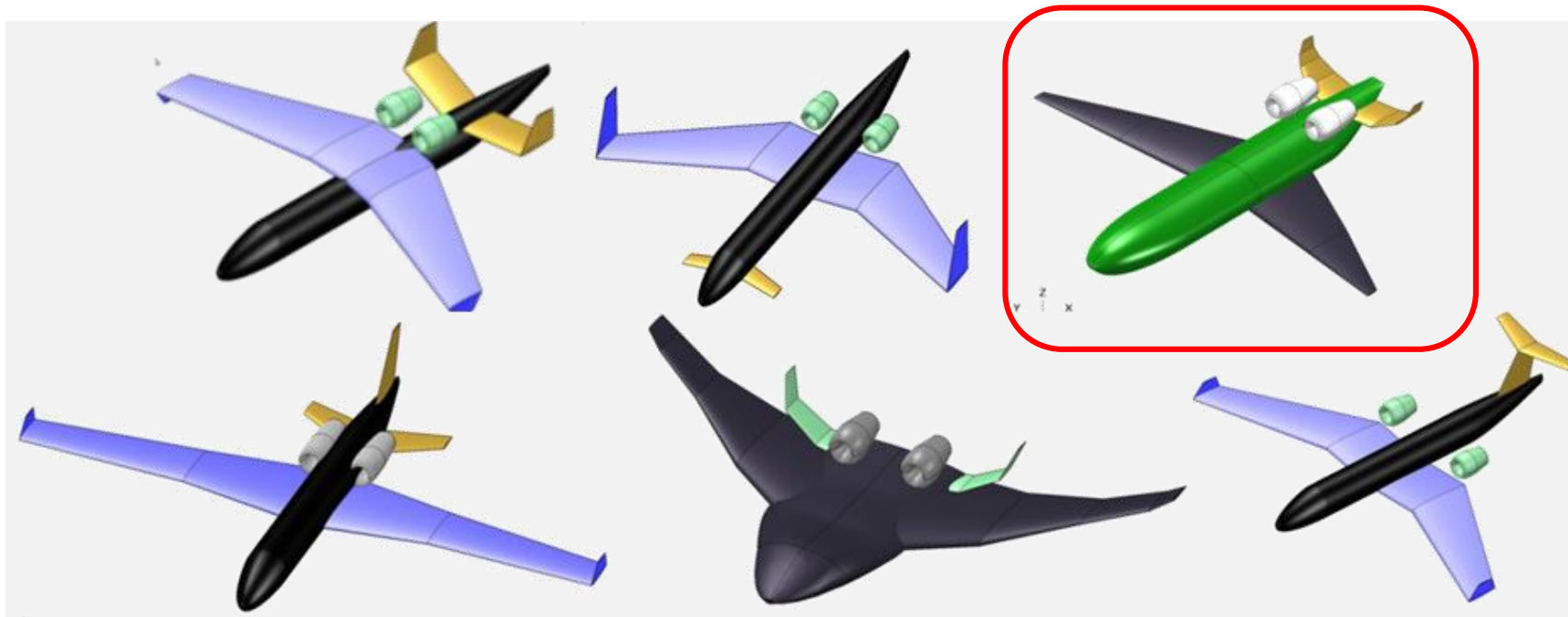
- 150-Sitzer (Turbofan), prognostizierter Technologiestand 2030 (evolutionär)
- 150-Sitzer:
  - größtes Marktsegment
  - umfangreiche Daten: DLR-D150-Modell, A320, u.a. ATRA (Validierungsmöglichkeit)
  - aktuell größere Modellierungstiefe und bessere Technologiebewertung möglich
  - Datenbasis: D150-2030





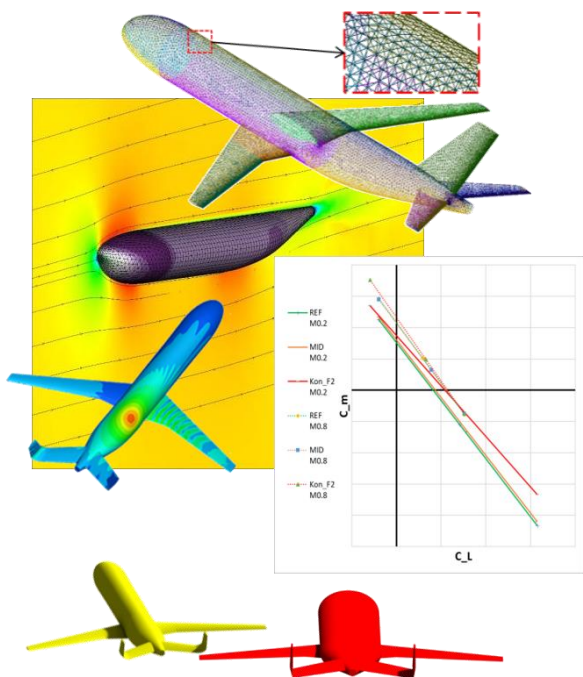
## Referenz- und Zielkonfiguration (2/2): Zielkonfiguration (revolutionär)

- unkonventioneller Entwurf „lärmminimale Konfiguration“ (revolutionär)
- Entwürfe, „Down-selection“ und weitere Untersuchungen



# Flugzeugentwurf und akustische Bewertung

## Gesamtentwurf

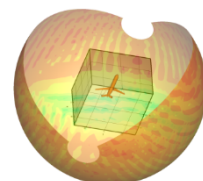
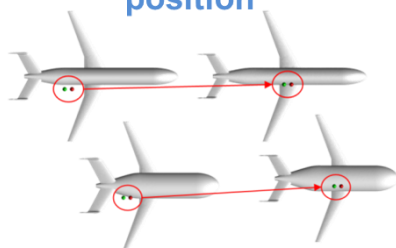


## Akustische Simulation

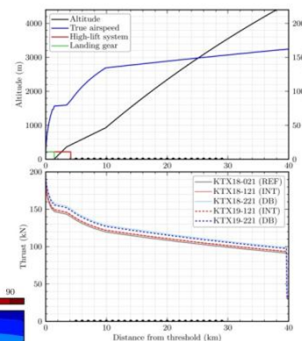
## Bewertung nach Umweltkriterien



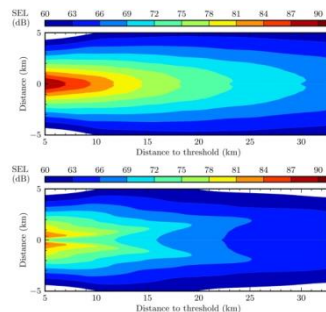
Adaption  
Triebwerks-  
position



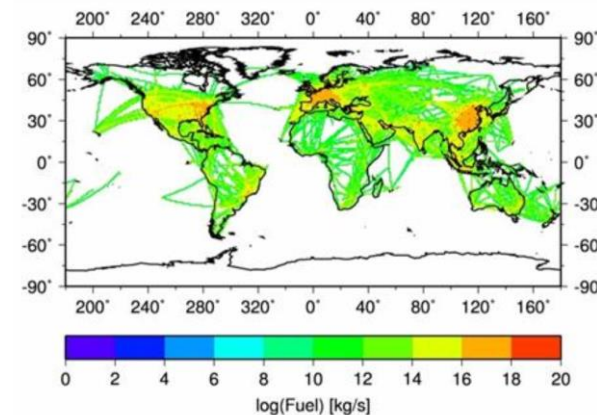
### 1) Abschätzung Triebwerkslärm



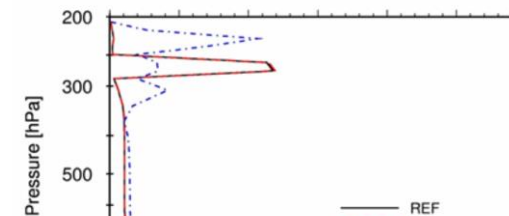
### 2) Modellierung der Flugbahn



### 3) vollständige Immissions- prognose



Geografische Verteilung  
der Emissionen



Heute, 14:40 Uhr:

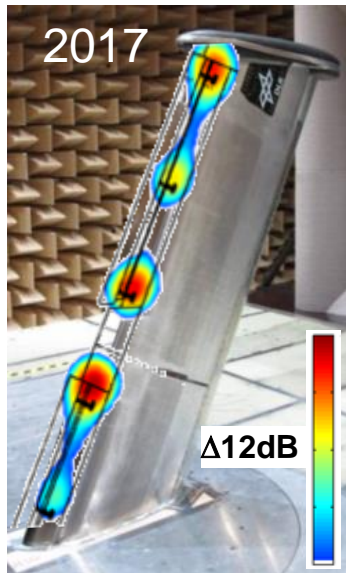
M.D. Krengel et al: Entwurf und Bewertung einer lärmarmen Kurzstreckenkonfiguration im Vorentwurf – Erkenntnisse aus dem DLR Projekt KonTeKst

# Inhalt

- Motivation: Leitkonzept Kurzstreckenflugzeug
- **Ausgewählte Arbeiten und Ergebnisse**
  - HAP 1: Konfigurationsentwicklung und Bewertung
  - **HAP 2: Technologien zur Lärmreduktion**
  - HAP 3: Lastanalyse von Kurzstreckenflugzeugen
  - HAP 4: Betriebsaspekte des Kurzstreckenflugzeugs
- Ausblick

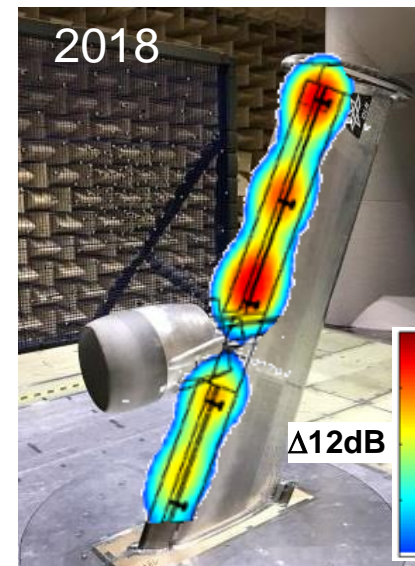


# Aeroakustische Effekte der Triebwerksintegration

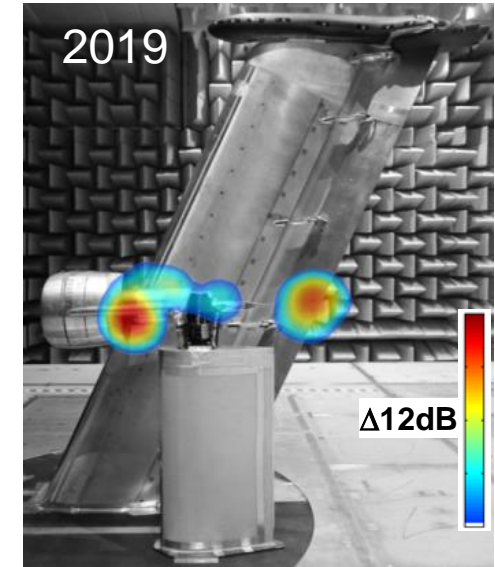


Vorflügelkanten

Formänderung und  
Einsatz poröser  
Werkstoffe.  
**Lärmminderung  
bis zu - 3dB**



+ UHBR Gondel



Installiertes TPS

Einfluss des Triebwerks auf die Schallerzeugung am Hochauftriebssystem:

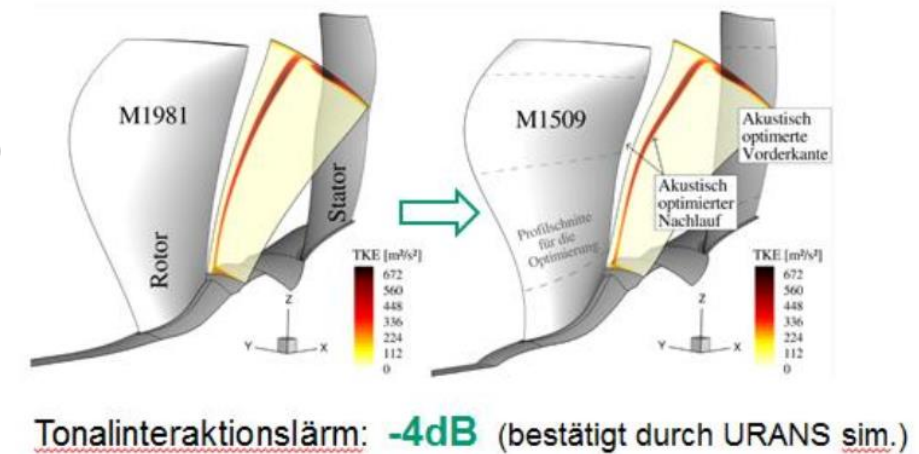
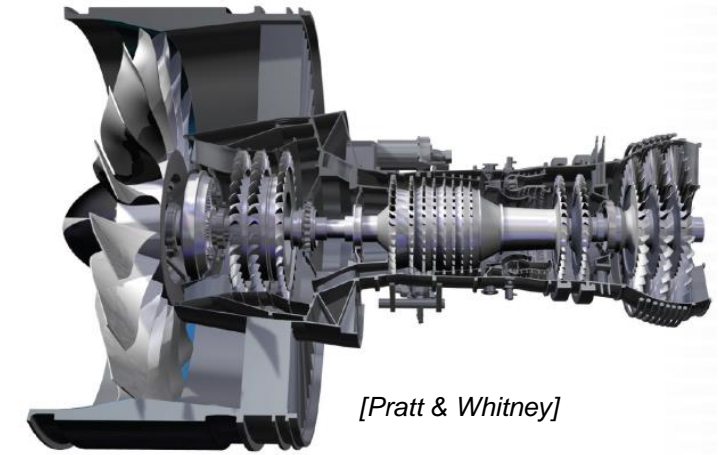
- Quelllärmminderung an der freien Vorflügelkanten durch Formgebung und den Einsatz poröser Werkstoffe
- Einfluss der installierten Gondel (ohne Schub)
- Einfluss Triebwerk mit Schub (TPS) – deutliche akustische Strahl-Klappen Wechselwirkung

Heute, 15:30 Uhr:

M. Pott-Pollenske: Akustische Effekte der Triebwerksinstallation – Ergebnisse der DLR Projekts Kontekst (0250)

# Lärmarme Triebwerke

- Akustische Bewertung eines GTF-Triebwerks / Potential von Maßnahmen zur Lärmreduktion
  - Variation des Fandruckverhältnisses
  - Variation der Schaufelbelastung
  - Variation der 3D-Geometrie
- Ermittlung der Lärmtrends für Buzz-Saw Noise
- Modellierung von Triebwerkskreisprozessen für die Analyse der in KonTeKst betrachteten Konfigurationen (inkl. Emissionsmodell)
  - Geared Turbo Fan
  - Counter Rotating Turbo Fan
  - Turboprop

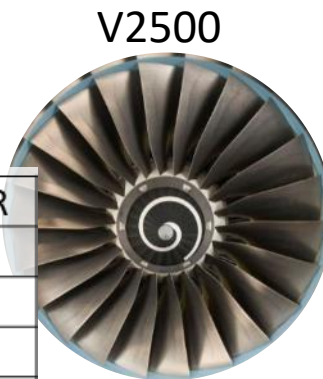


A. Moreau: geplante Publikation auf der ECT (European Turbomachinery Conference)  
Konferenz in Danzig / Gdansk 2021

# Lärmarme Triebwerke : Vorhersagen zur Entwicklung des Triebwerkslärms

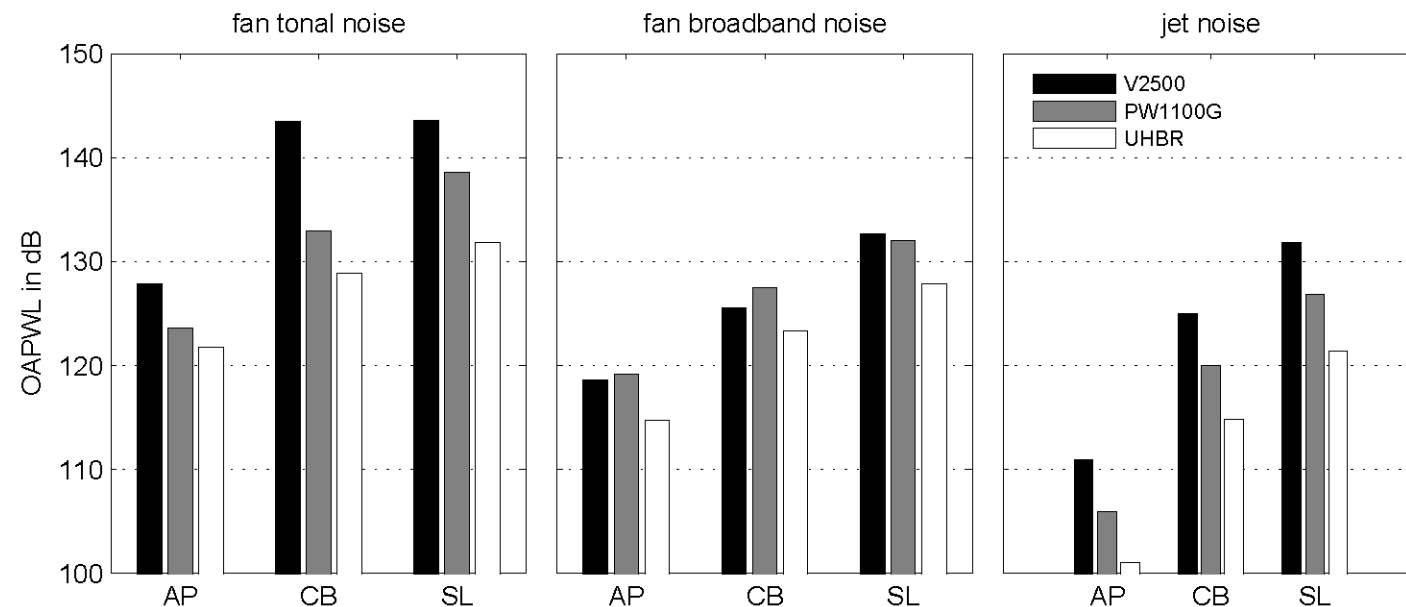
Berechnung von 3 Triebwerken  
mit Tool *PropNoise*

	V2500	PW1100G	next UHBR
Year of EIS	1993	2016	2035
fan diameter	1,61 m	2,06 m	2,5 m
BPR	4,8	12,5	16
fan blade count	22	20	18
FPR	1,6	1,4	1,3
Mtr	1,46	1,12	1,03



Der Weg V2500→PW1100G→UHBR liefert signifikante Schallpegelminderungen:

- -5 bis -10 dB bei Fan-Tonallärm  
(durch subsonischen Betrieb des Fan-Rotors)
- -5dB bei Fan-Breitbandlärm  
(Erhöhung der Stufenbelastung mindert den Vorteil)
- -10 dB bei Strahlärm  
(durch geringere Strahlgeschwindigkeit)



# Inhalt

- Motivation: Leitkonzept Kurzstreckenflugzeug
- **Ausgewählte Arbeiten und Ergebnisse**
  - HAP 1: Konfigurationsentwicklung und Bewertung
  - HAP 2: Technologien zur Lärmreduktion
  - **HAP 3: Lastanalyse von Kurzstreckenflugzeugen**
  - HAP 4: Betriebsaspekte des Kurzstreckenflugzeugs
- Ausblick



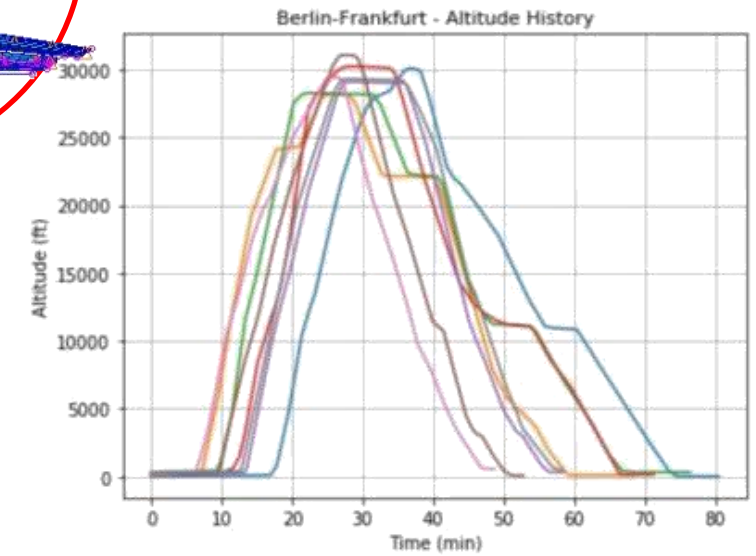
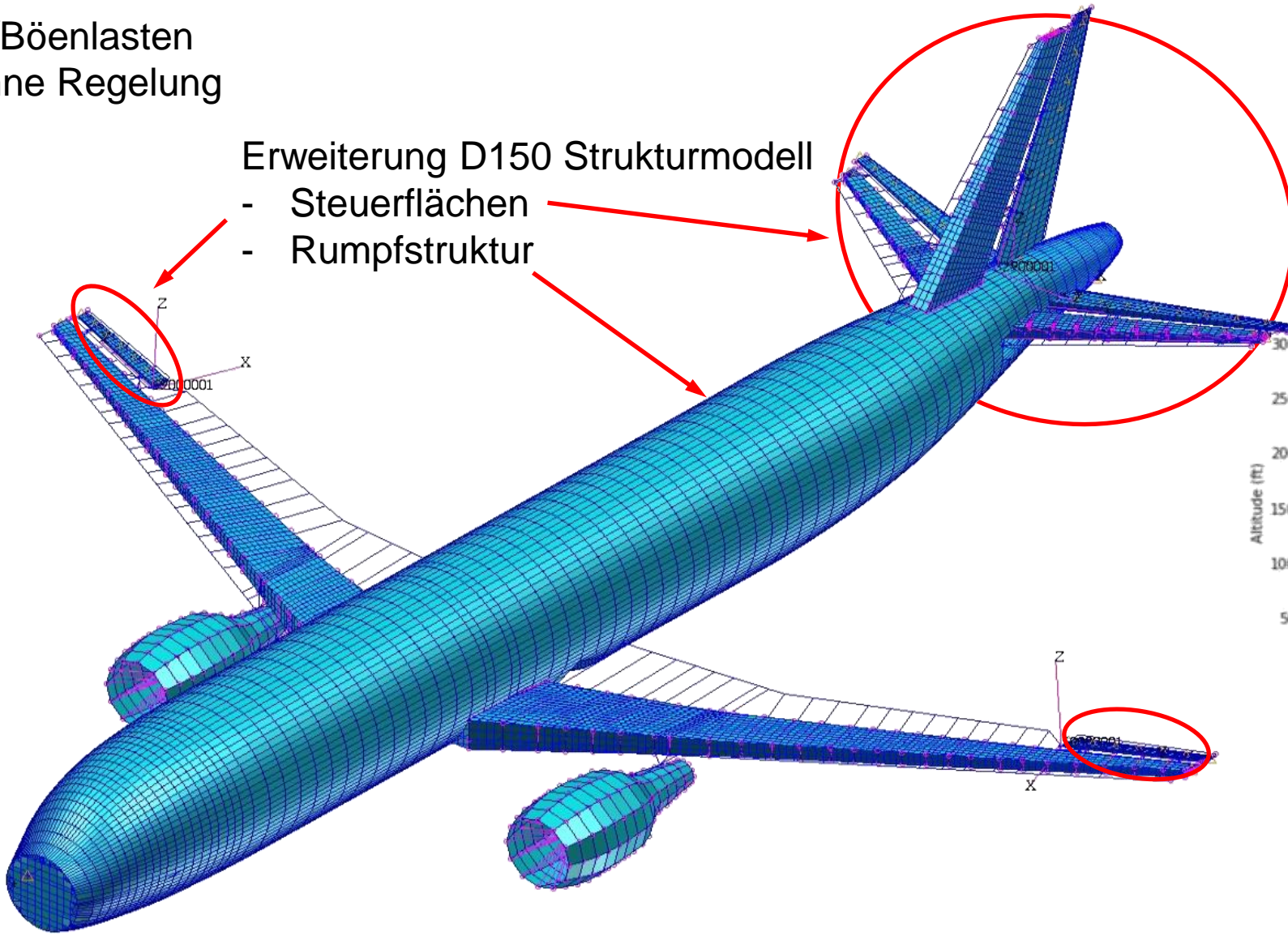
# KonTeKst & GLAWI / Struktur + Lasten @ Kurzstreckenkonfiguration DLR-D150

Manöver/Böenlasten  
mit und ohne Regelung

Lastspektren  
Kurzstreckennutzung

Erweiterung D150 Strukturmodell

- Steuerflächen
- Rumpfstruktur





# Sizing for Damage Tolerance and Fatigue

1

**Aircraft Specification  
(Database of Design)**



**Design Fatigue Goal (DFG):**

flight cycles: 25 000  
or  
flight hours: 100 000  
(which ever comes first)

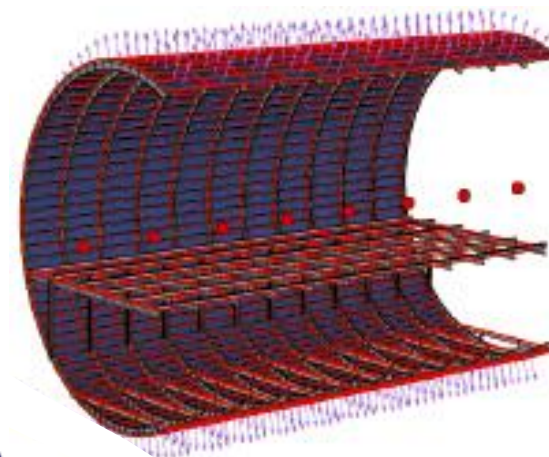
2

**Fatigue Mission Profil**



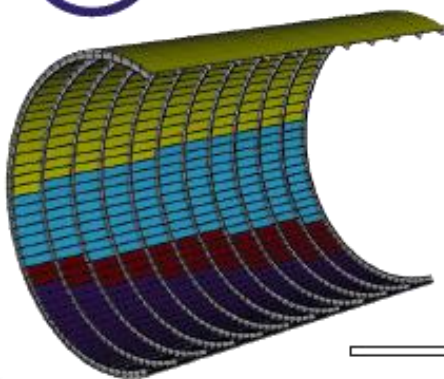
3

**Aircraft Structure  
(Structural Sizing)**



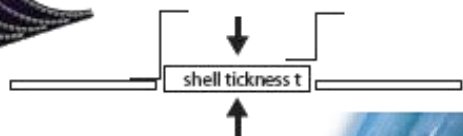
5

**fully automatic sized  
Aircraft Structure**



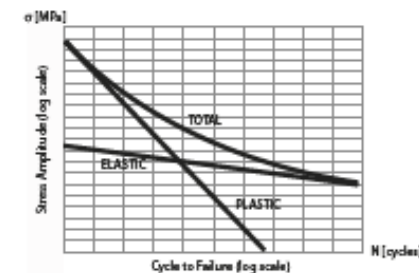
**design criteria:**

- max strength
- local shell buckling
- fatigue
- damage tolerance

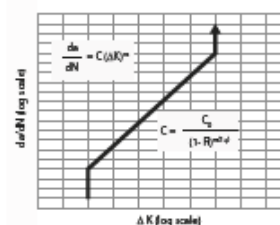


4

**Material Fatigue Data  
(Woehler Curves)**



**Material Damage Tolerance Data  
(Crack-Growth)**

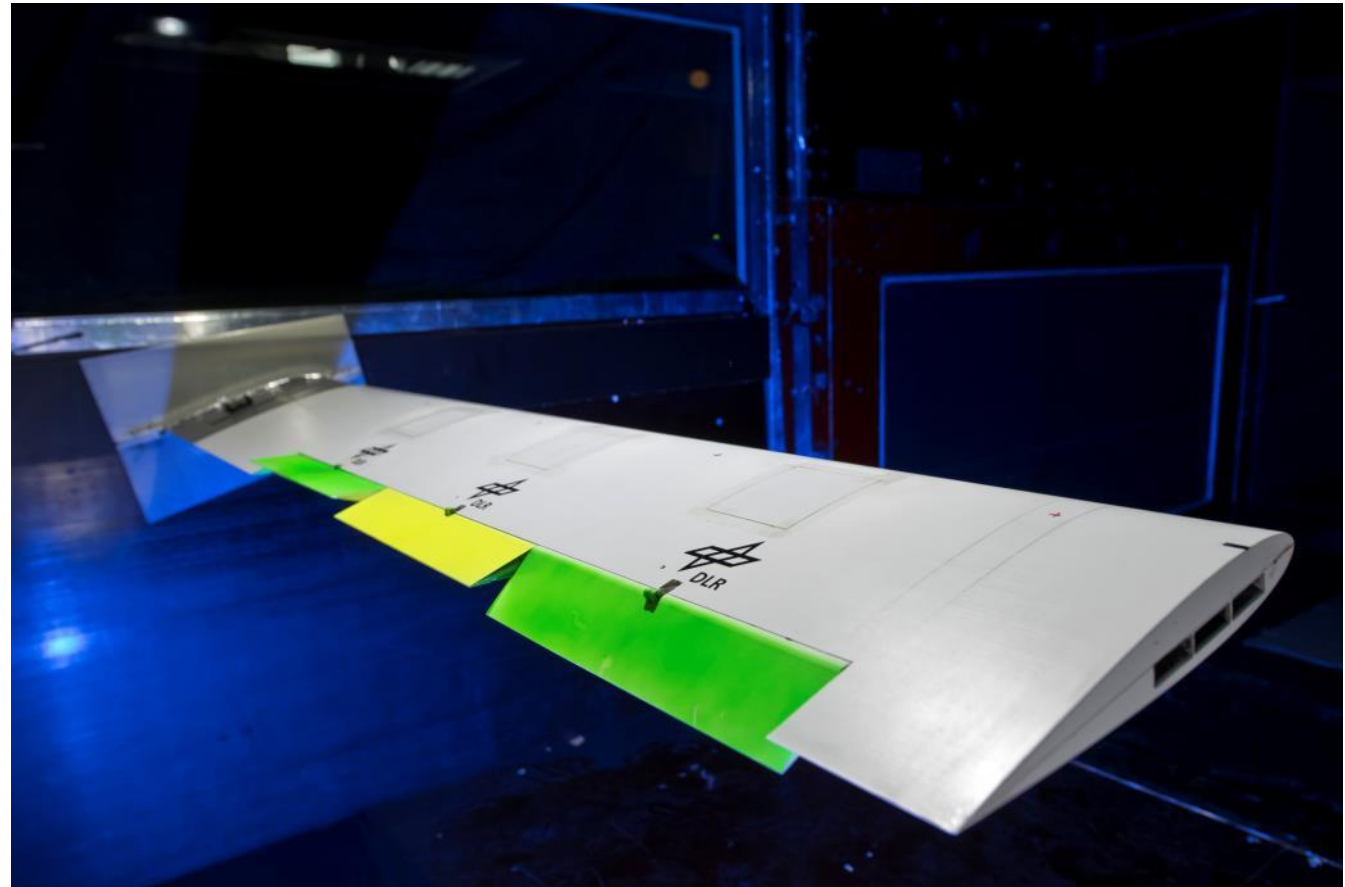


# Auslegung und Test eines aktiv geregelten flexiblen Flügels

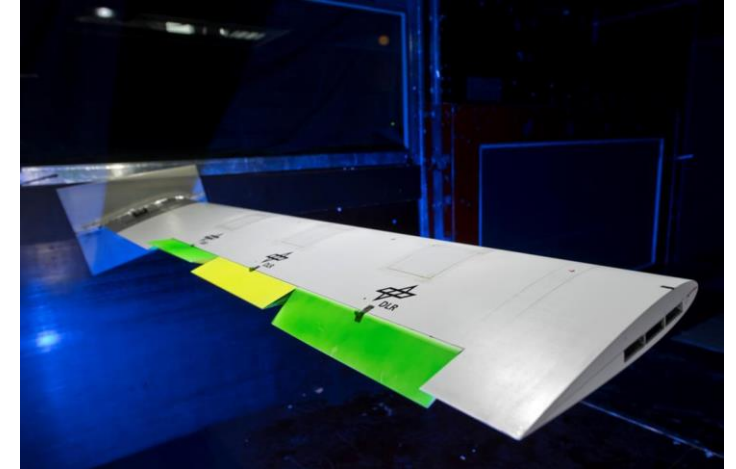
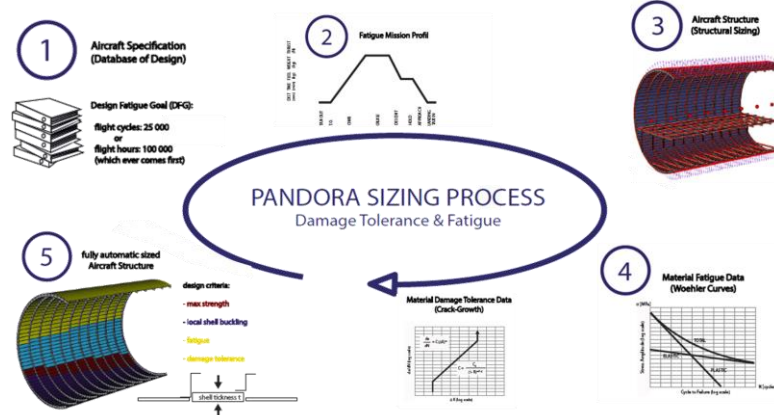
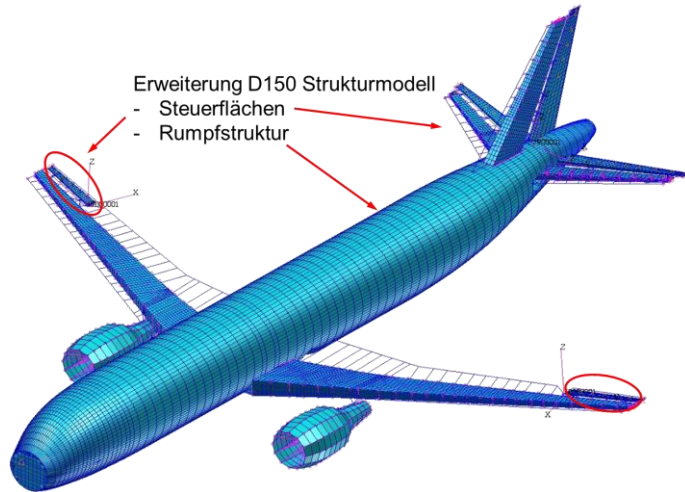
## Erweiterung der aeroservoelastischen Entwurfs- und Testfähigkeiten des DLR

insbesondere:

- Validierung des Aeroelastic-Tailoring-Prozesses
- Validierung der Entwurfsstrategie für Lastregelung
- Weiterentwicklung von Online-Strukturidentifikationsmethoden
- Weiterentwicklung der Echtzeit-Testfähigkeiten



# HAP 3: Lastanalyse von Kurzstreckenflugzeugen



Heute, 15:05:

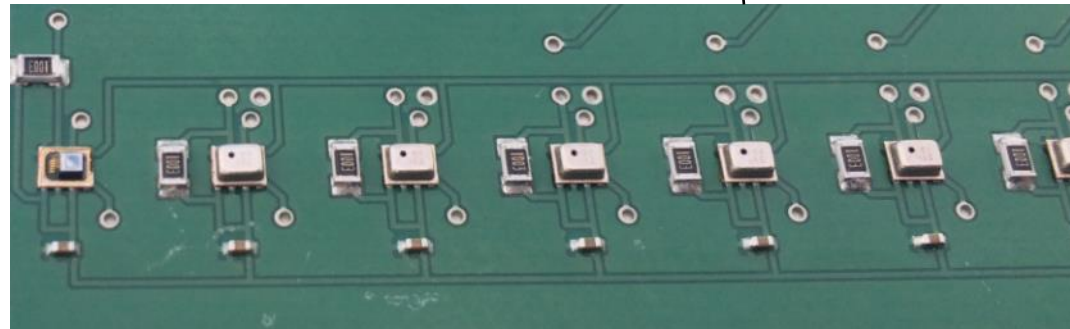
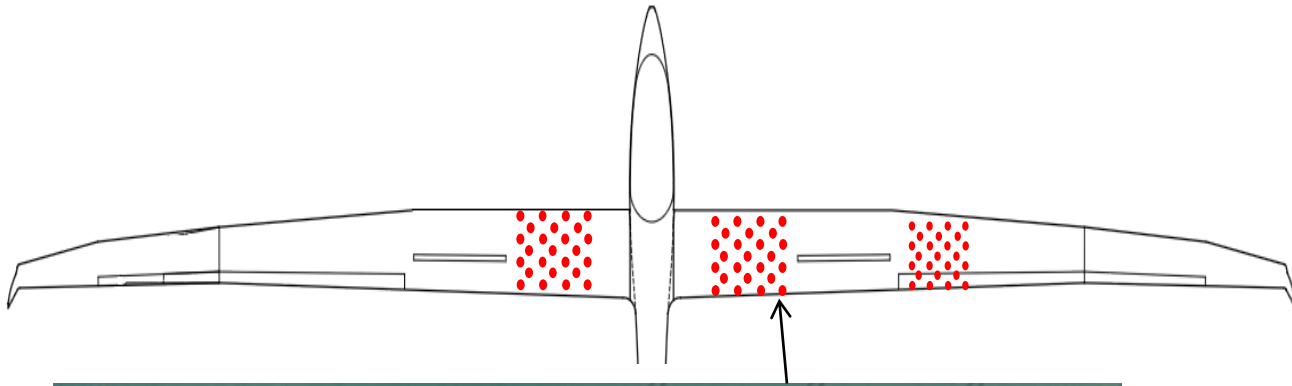
T. Klimmek et al: Aircraft Loads – A Wide Range of Disciplinary and Process-Related Issues in Simulation and Experiment (0200)



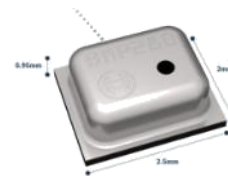
# Verfahren zu Lastmessungen im Flug

## Lastmessungen im Flugversuch mit dem Discus-2c

- Flugversuchskampagne mit dem Discus-2c mit Sensoren auf Flügelvorder- und -hinterkante



MEMS Sensor



Do, 03.9.2020, 16:25:

C. Raab: Dynamic Flight Load Measurements with MEMS Pressure Sensors (0186)

# Inhalt

- Motivation: Leitkonzept Kurzstreckenflugzeug
- **Ausgewählte Arbeiten und Ergebnisse**
  - HAP 1: Konfigurationsentwicklung und Bewertung
  - HAP 2: Technologien zur Lärmreduktion
  - HAP 3: Lastanalyse von Kurzstreckenflugzeugen
  - **HAP 4: Betriebsaspekte des Kurzstreckenflugzeugs**
- Ausblick



# Betriebsaspekte des Kurzstreckenflugzeugs

- **Lufttransportsystem:** Integration performanter Kurzstreckenflugzeuge in den Luftverkehr am Boden und in der Luft
- Integration in den Flugverkehr:
  - Lärmarme Konfigurationen unterscheiden sich nicht substantiell von aktuellen Flugzeugen im Hinblick auf Flugführung (z. B. Fluggeschwindigkeiten) und Abfertigung am Boden
- Schwerpunkt auf Reduktion der Turn-Around-Zeiten



# Bewertung von Betriebskonzepten für Kurzstreckenflugzeuge

- Wechselwirkung von Turn-Around-Zeiten und Infrastruktur am Flugplatz

**Ziel:** Herausstellung der Abhängigkeit der Länge des Turnarounds von der Menge der zur Verfügung stehenden Ressourcen

**Verkehrsszenario:** Flughafen HAM

**Anzahl Kurzstreckenflüge:**  
82ARR+82DEP (<=500NM)

**Auslastungsanpassung:**  
3,5fache Komprimierung der Flüge,  
Aufteilung auf kleineren Zeitraum

**Simulation:**  
Nutzung der Turnaroundsimulation  
TASIM mit variabler  
Ressourcennutzung

## Sensitivität in der Modellierung

- untersucht Beziehung zwischen Eingangsdaten (Input) und Ausgangsdaten (Output)
- Sensitivität wird mit Sensitivitätsanalyse (SA) analysiert
- Ziele der SA
  - Untersuchung der Auswirkung von Parametervariation auf das Modellergebnis
  - Untersucht Empfindlichkeit eines Ergebnis auf Änderung der Parameter
  - Identifikation wichtiger Eingangsgrößen (Rangfolge der Parameter)
  - Einfluss von Inputfaktoren auf das Ergebnis



Quelle: Fohrer

# Bewertung von Betriebskonzepten für Kurzstreckenflugzeuge

- Wechselwirkung von Turn-Around-Zeiten und Infrastruktur am Flugplatz

**Ziel:** Maßnahmen zur Reduktion der Turn-Around-Zeit

**Masterarbeit:** „Optimierungspotenzial des A320 Turnarounds“

- Weiteres Gepäckablagefach anstatt der vorderen Galley
- App: Vorauswahl der Ablagefächer für eigenes Gepäck
- Augmented Reality bei der Beladung zur genaueren Verladung und ggf. schnellerem Auffinden

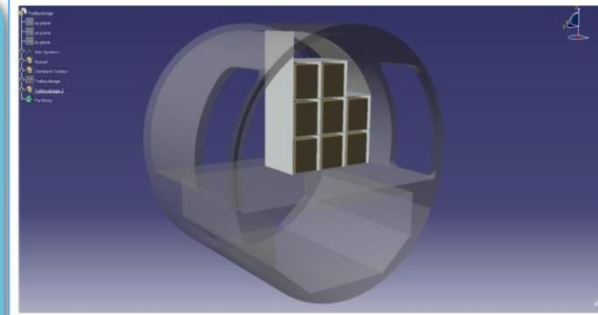


Abbildung 6.2: Entwurf eines zusätzlichen Ablagefachs



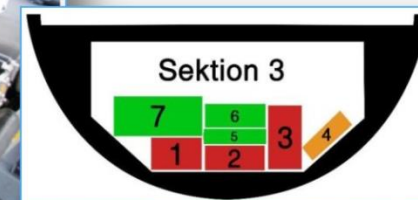
Abbildung 6.5: Boarding und Reservierung eines Ablagefachs mittels App



Abbildung 6.6: Overhead-Bin mit Reservierung (Bild ursprünglich aus [45])



Abbildung 6.8: Vorstellung von Augmented Reality im Frachtraum (Bild ursprünglich aus [47])





# Inhalt

- Motivation: Leitkonzept Kurzstreckenflugzeug
- Ausgewählte Arbeiten und Ergebnisse
  - HAP 1: Konfigurationsentwicklung und Bewertung
  - HAP 2: Technologien zur Lärmreduktion
  - HAP 3: Lastanalyse von Kurzstreckenflugzeugen
  - HAP 4: Betriebsaspekte des Kurzstreckenflugzeugs
- **Ausblick**



# Neuausrichtung der Leitkonzepte 2020 - 2029

LK1



Das elektrische Flugzeug

LK2



Das Transportflugzeug der Zukunft

LK3



Der urbane Luftverkehr

LK4



Rettungshubschrauber 2030

LK5



Der leistungsfähige Luftverkehr

LK6



Das virtuelle Produkt



## Weitere Vorträge zu KonTeKst beim DLRK 2020

- Di, 01.9.2020:
  - (14:15) W. Krüger et al: Das DLR-Projekt KonTeKst: Konzepte und Technologien für emissionsarme Kurzstreckenflugzeuge (0092)
  - (14:40) M.D. Krenzel et al: Entwurf und Bewertung einer lärmarmen Kurzstreckenkonfiguration im Vorentwurf – Erkenntnisse aus dem DLR Projekt KonTeKst (0053)
  - (15:05) T. Klimmek et al: Aircraft Loads – A Wide Range of Disciplinary and Process-Related Issues in Simulation and Experiment (0200)
  - (15:30) M. Pott-Pollenske: Akustische Effekte der Triebwerksinstallation – Ergebnisse der DLR Projekts Kontekst (0250)
- Do, 03.9.2020:
  - (16:25) C. Raab: Dynamic Flight Load Measurements with MEMS Pressure Sensors (0186)

**Vielen Dank !**

