

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

2.9.2020, Deutscher Luft- und Raumfahrtkongress 2020

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

(1)DLR Institut für Aeroelastik, Göttingen

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

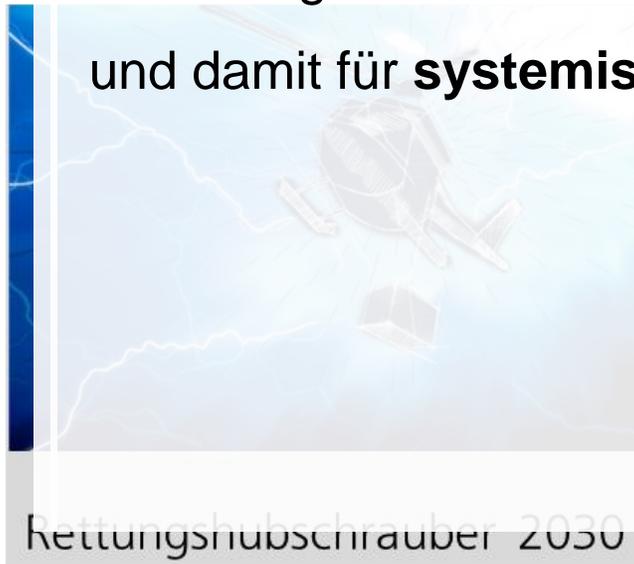
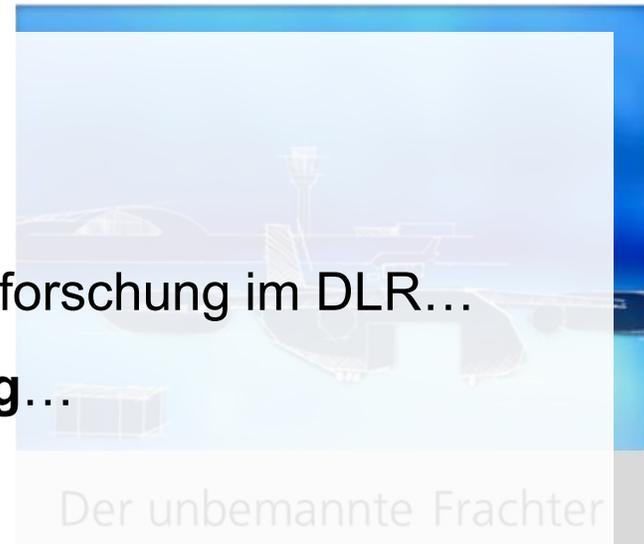
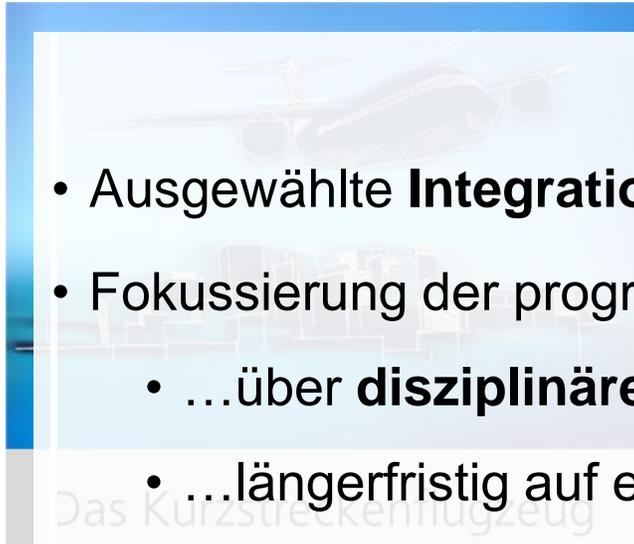
- **Motivation: Leitkonzept Kurzstreckenflugzeug**
- Ausgewählte Arbeiten und Ergebnisse
 - HAP 1: Konfigurationsentwicklung und Bewertung
 - HAP 2: Technologien zur Lärmreduktion
 - HAP 3: Lastanalyse von Kurzstreckenflugzeugen
 - HAP 4: Betriebsaspekte des Kurzstreckenflugzeugs
- Ausblick



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**



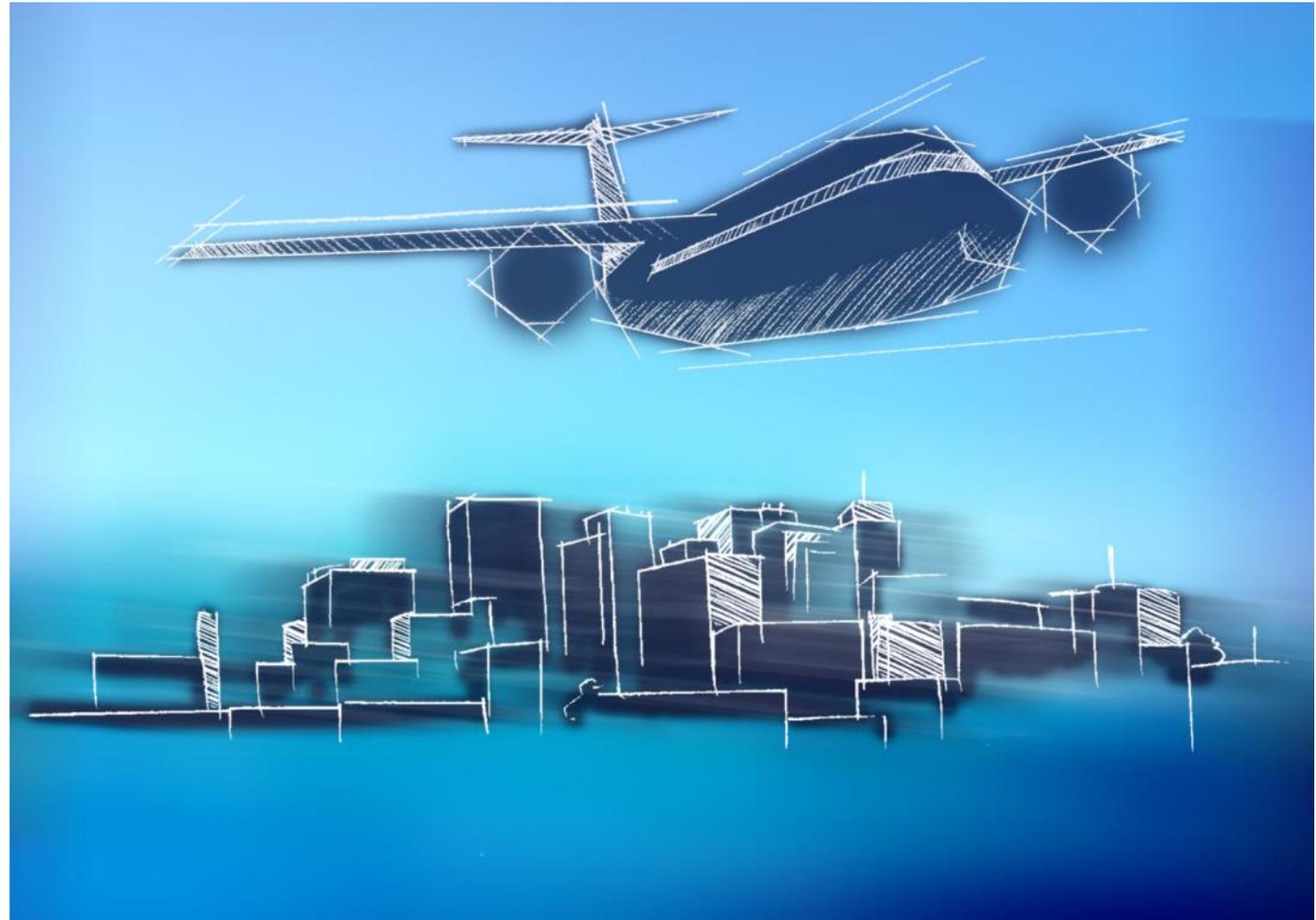
LK 1: Das Kurzstreckenflugzeug

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



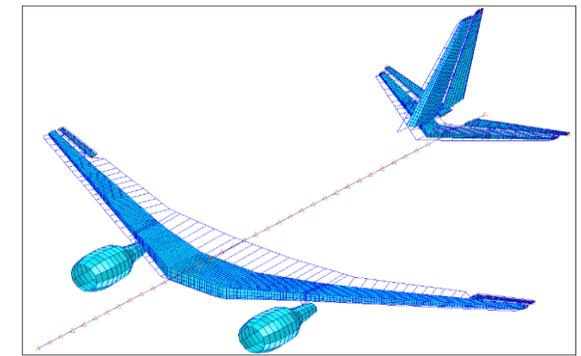
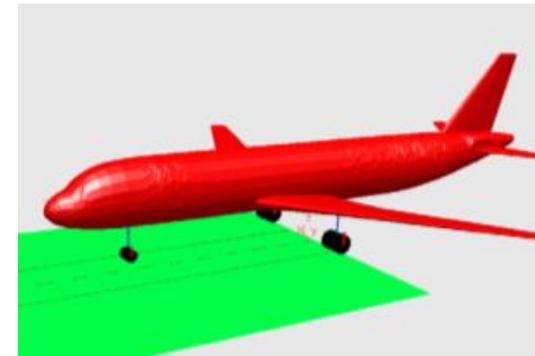
Inhalt

- 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



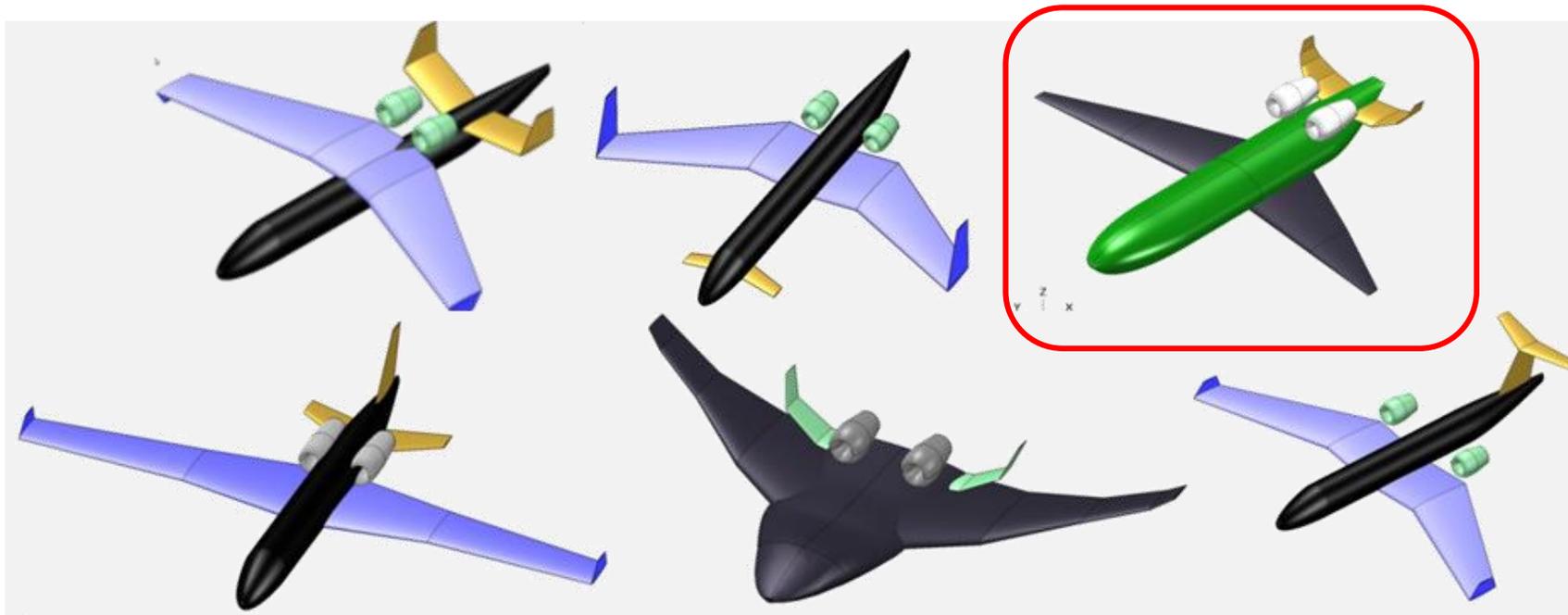
Referenz- und Zielkonfiguration (1/2): Referenzkonfiguration (evolutionär)

- 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



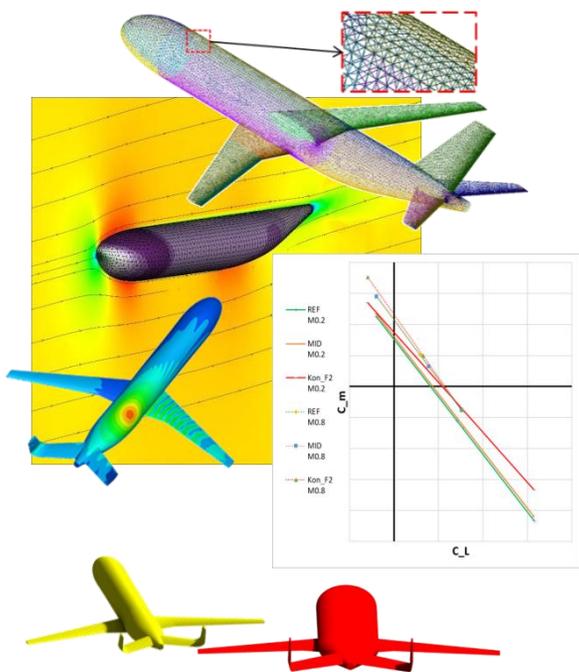
Referenz- und Zielkonfiguration (2/2): Zielkonfiguration (revolutionär)

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

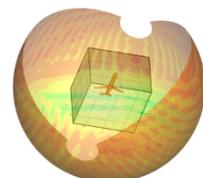
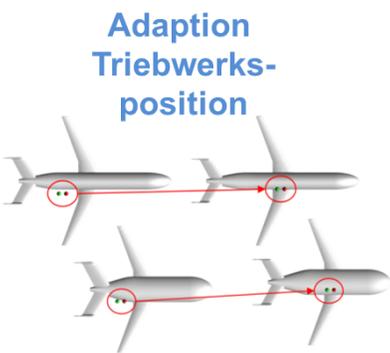
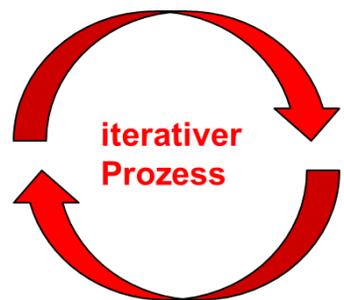


Flugzeugentwurf und akustische Bewertung

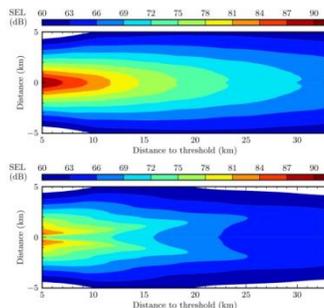
Gesamtentwurf



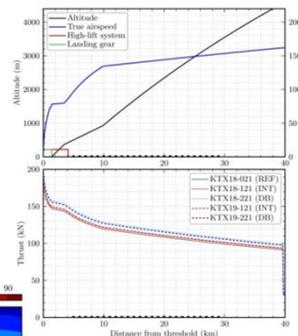
Akustische Simulation



2) Modellierung der Flugbahn

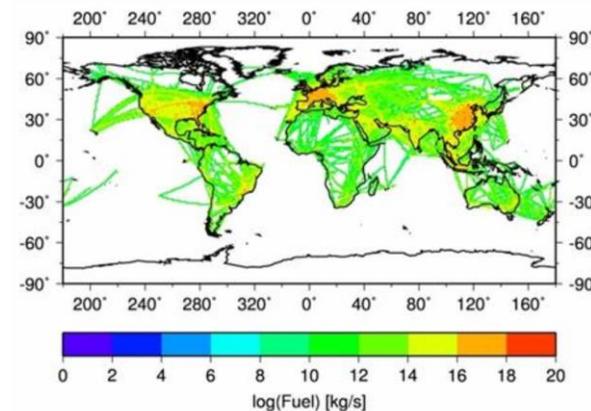


1) Abschätzung Triebwerkslärm

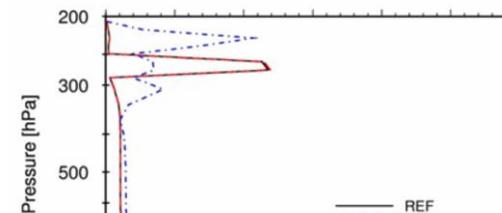


3) vollständige Immissionsprognose

Bewertung nach Umweltkriterien



Geografische Verteilung der Emissionen



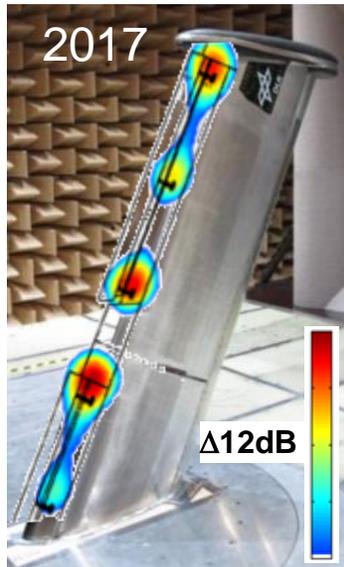
Heute, 14:40 Uhr:
 M.D. Krengel et al: Entwurf und Bewertung einer lärmarmen Kurzstreckenkonfiguration im Vorentwurf – Erkenntnisse aus dem DLR Projekt KonTeKst

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

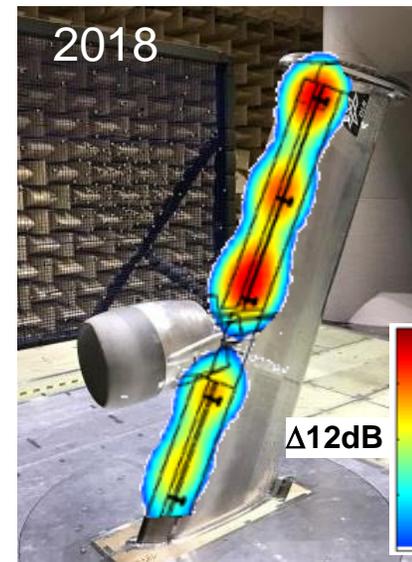


Aeroakustische Effekte der Triebwerksintegration

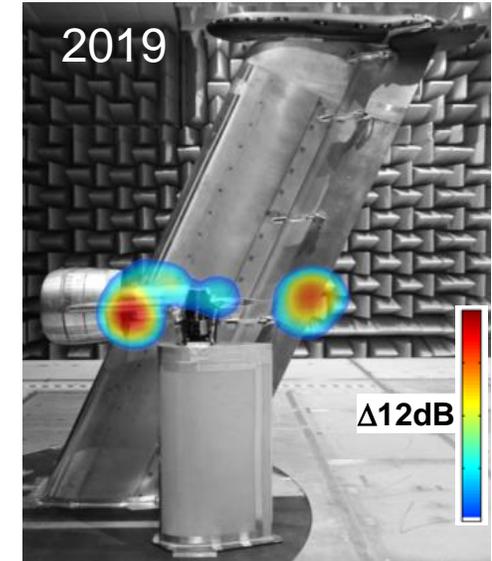


Vorflügelkanten

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



+ UHBR Gondel



Installiertes TPS

Einfluss des Triebwerks auf die Schallerzeugung am Hochauftriebssystem:

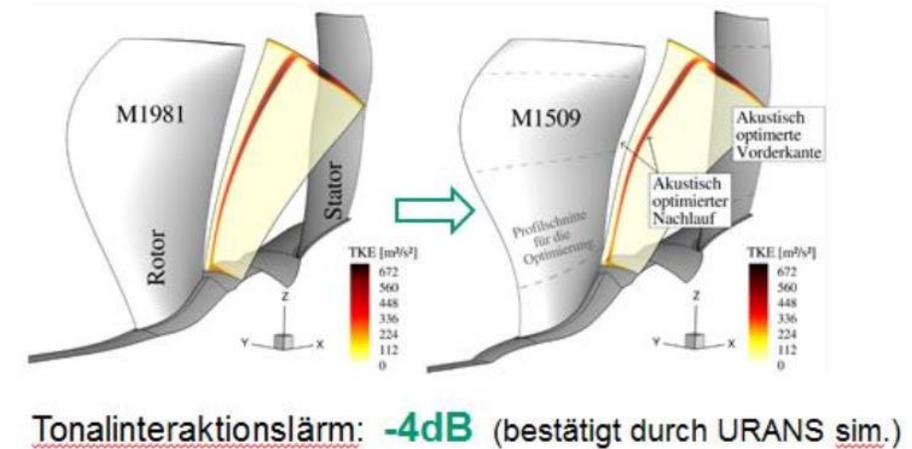
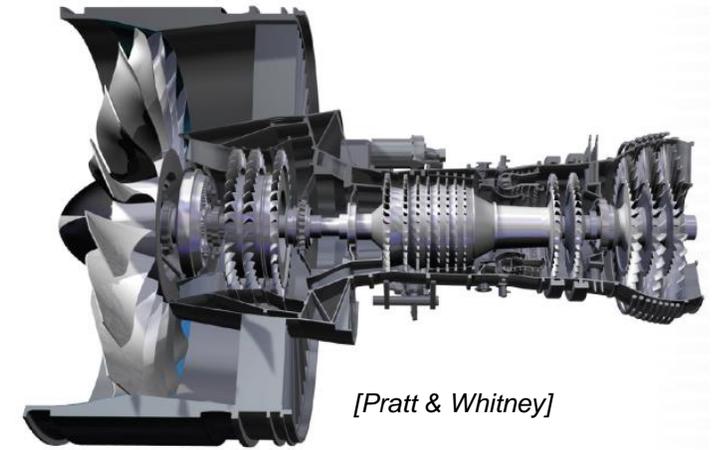
- Quelllärmminderung an der freien Vorflügelkanten durch Formgebung und den Einsatz poröser Werkstoffe
- Einfluss der installierten Gondel (ohne Schub)
- Einfluss Triebwerk mit Schub (TPS) – deutliche akustische Strahl-Klappen Wechselwirkung

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



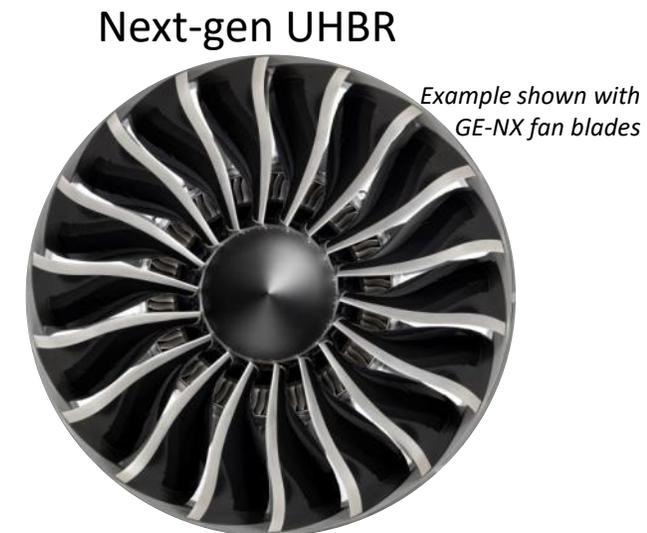
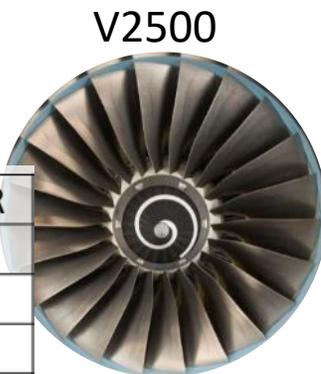
A. Moreau: geplante Publikation auf der ECT (European Turbomachinery Conference)
Konferenz in Danzig / Gdansk 2021



Lärmarme Triebwerke : Vorhersagen zur Entwicklung des Triebwerkslärms

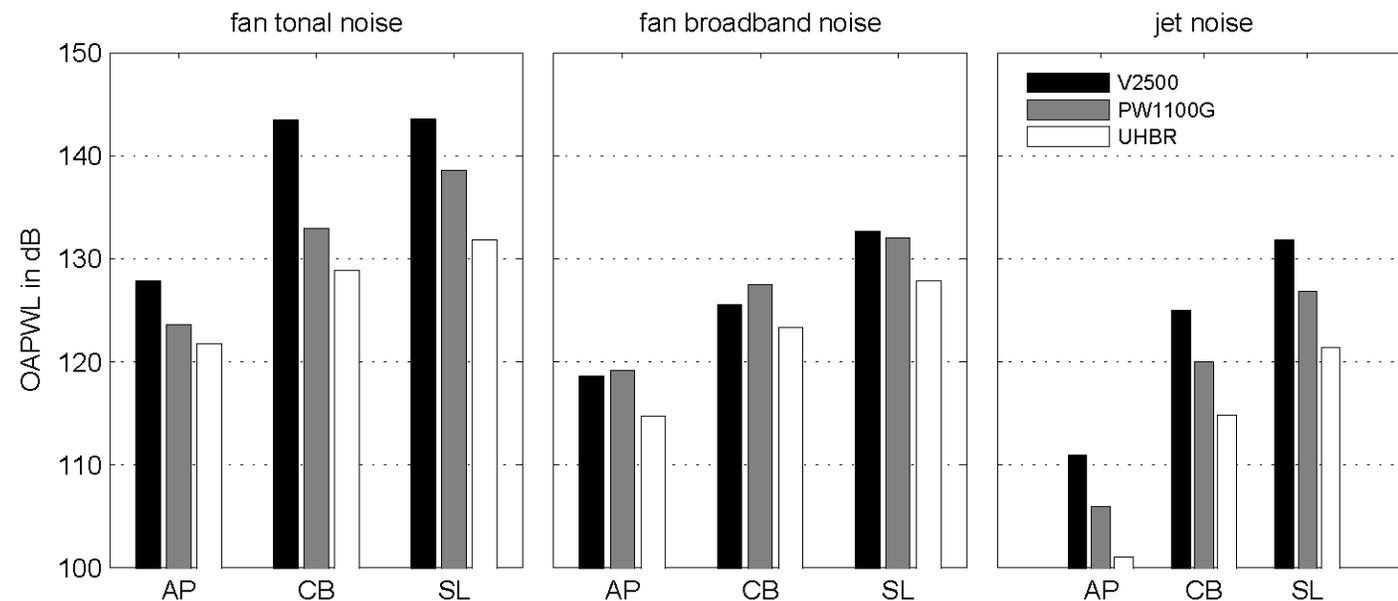
Berechnung von 3 Triebwerken mit Tool *PropNoise*

	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



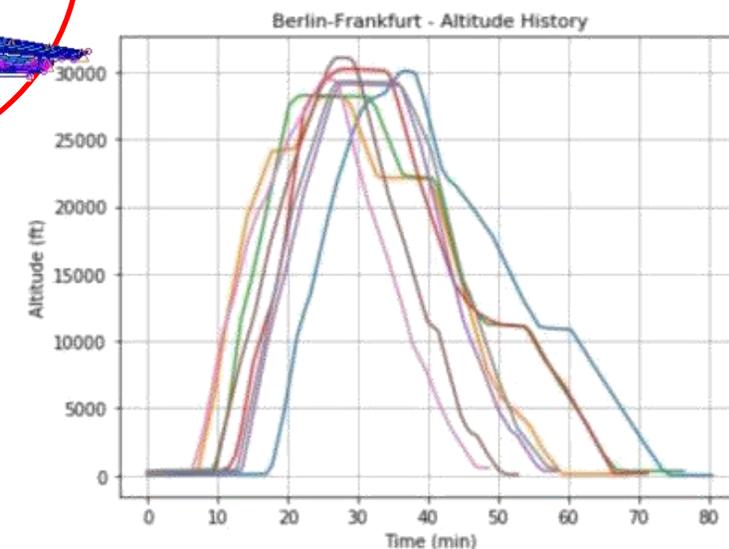
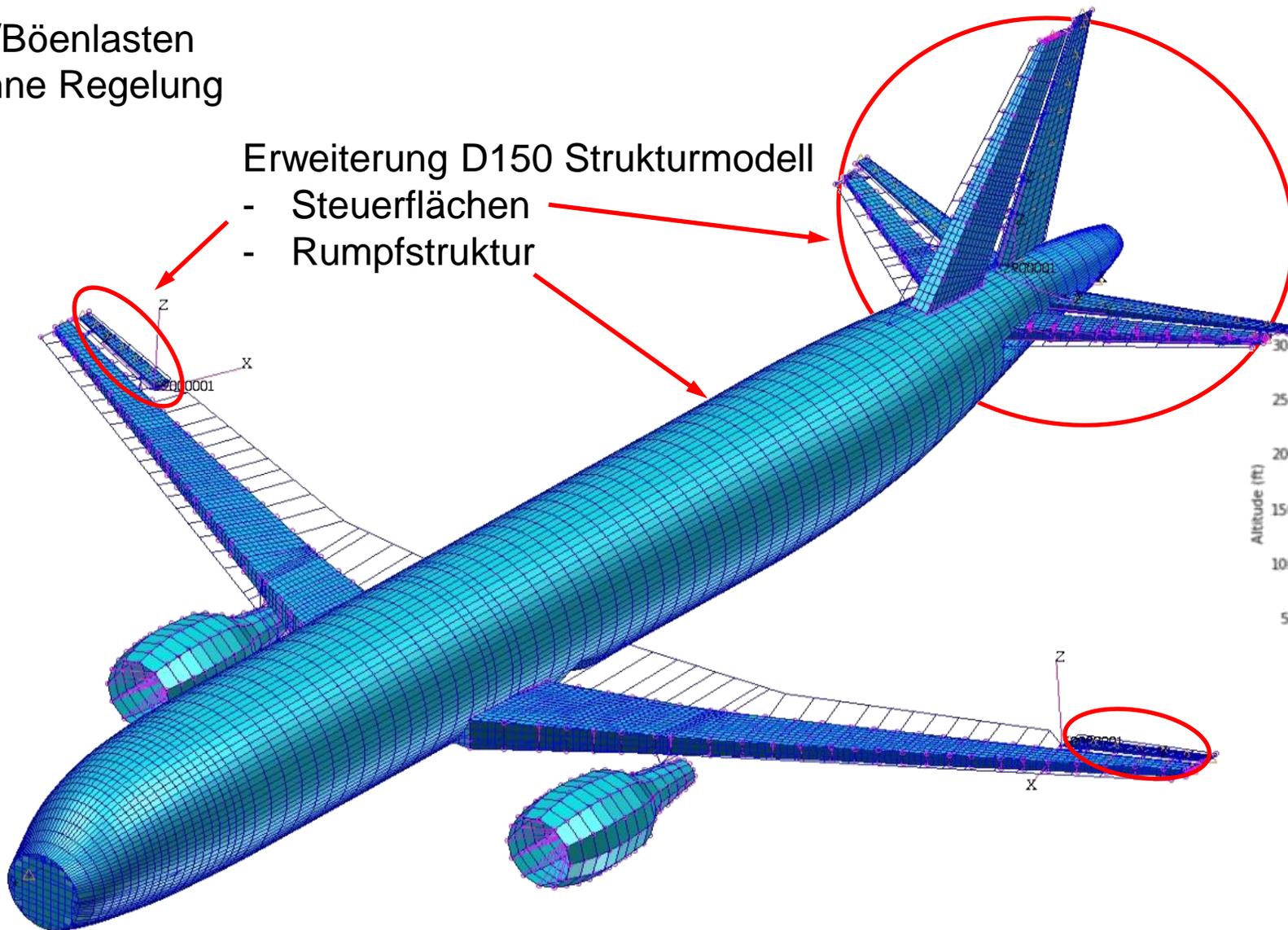
KonTeKst & GLAWI / Struktur + Lasten @ Kurzstreckenkonfiguration DLR-D150

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)

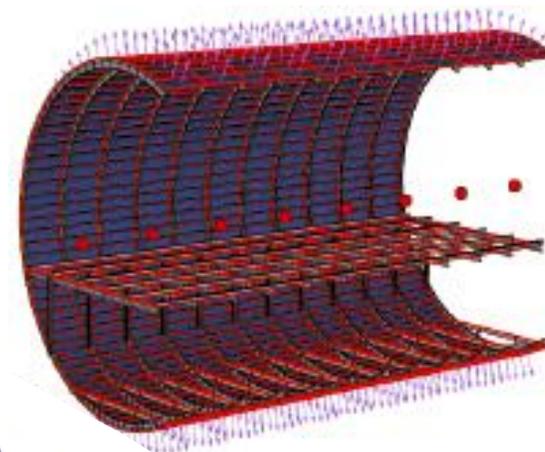
2

Fatigue Mission Profil



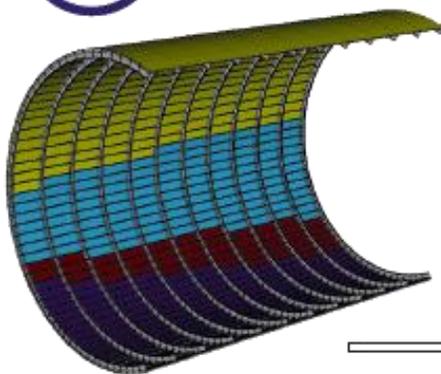
3

**Aircraft Structure
(Structural Sizing)**



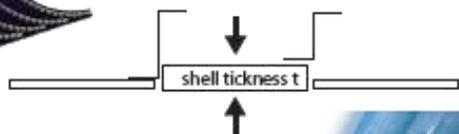
5

**fully automatic sized
Aircraft Structure**



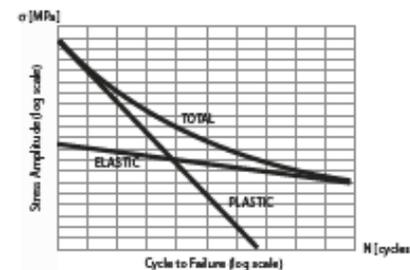
design criteria:

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

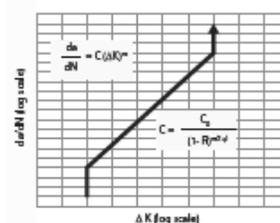


4

**Material Fatigue Data
(Woehler Curves)**



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

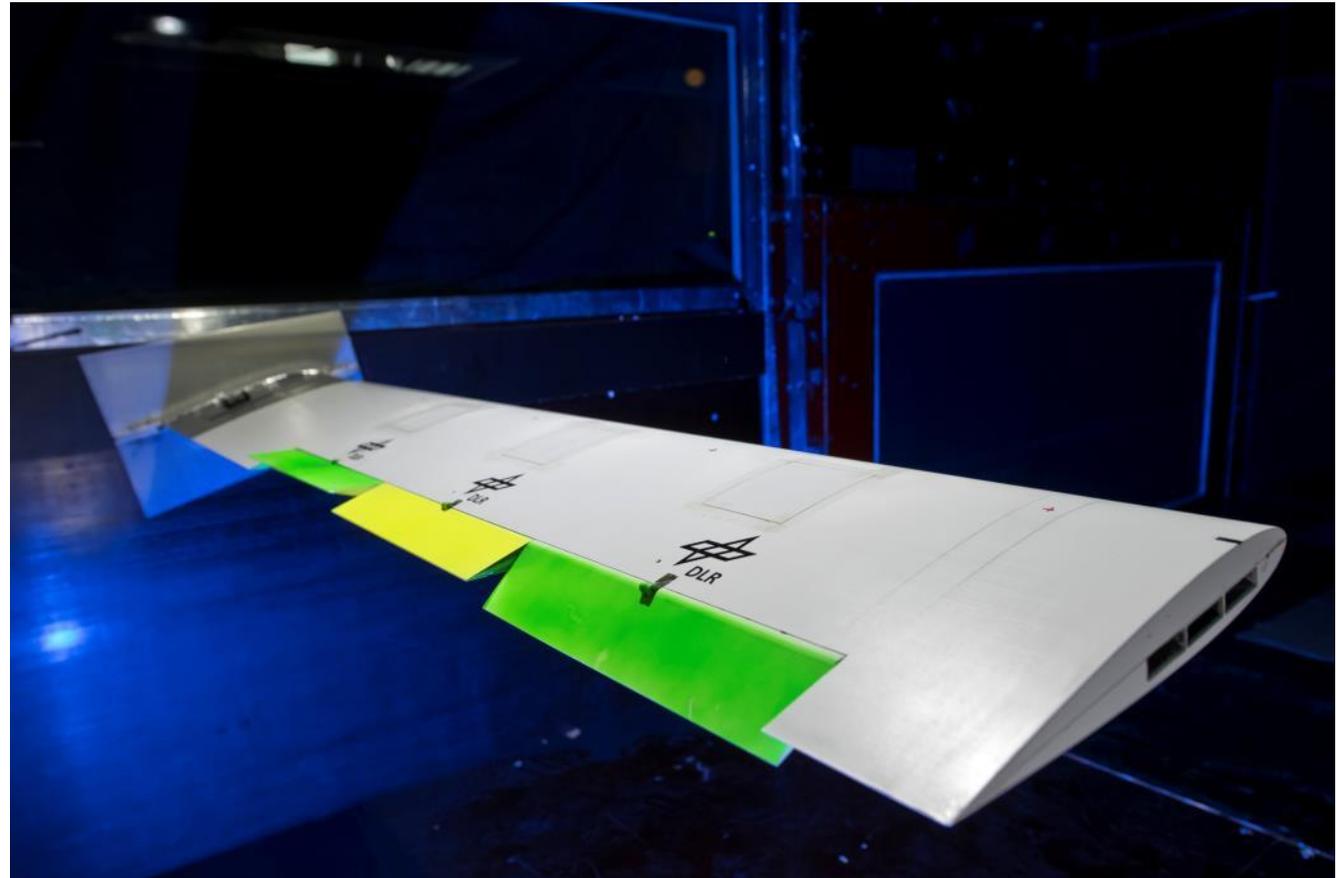


Auslegung und Test eines aktiv geregelten flexiblen Flügels

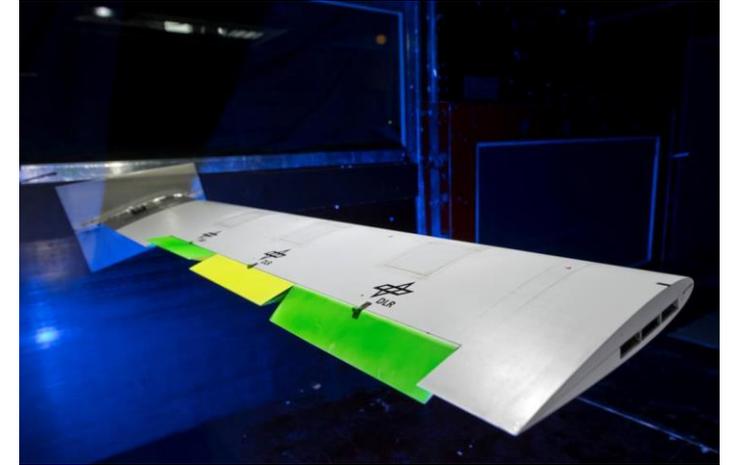
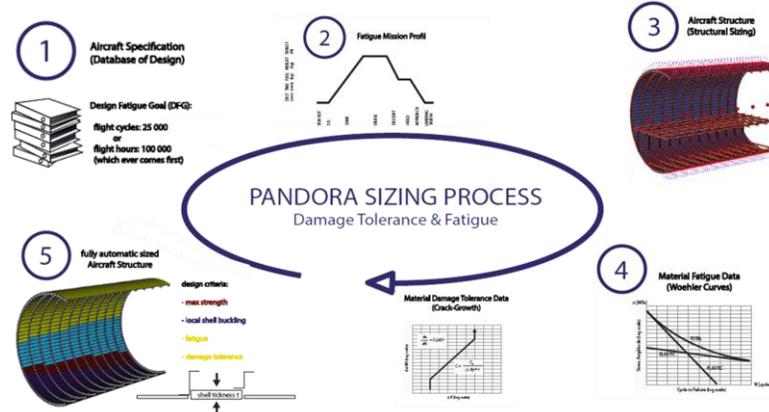
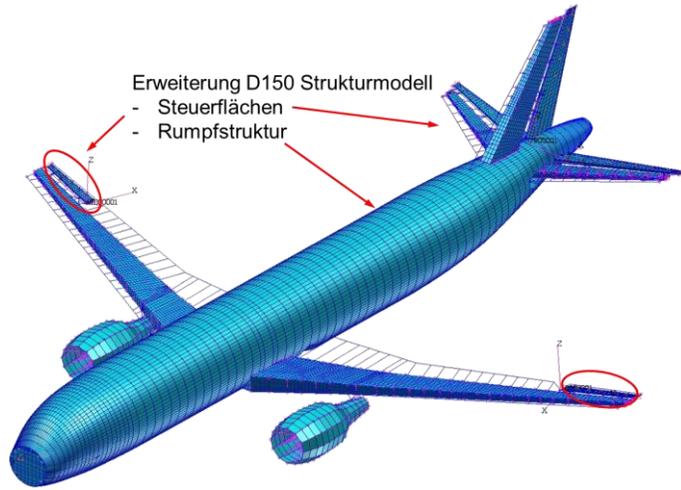
Erweiterung der aeroservoelastischen Entwurfs- und Testfähigkeiten des DLR

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:

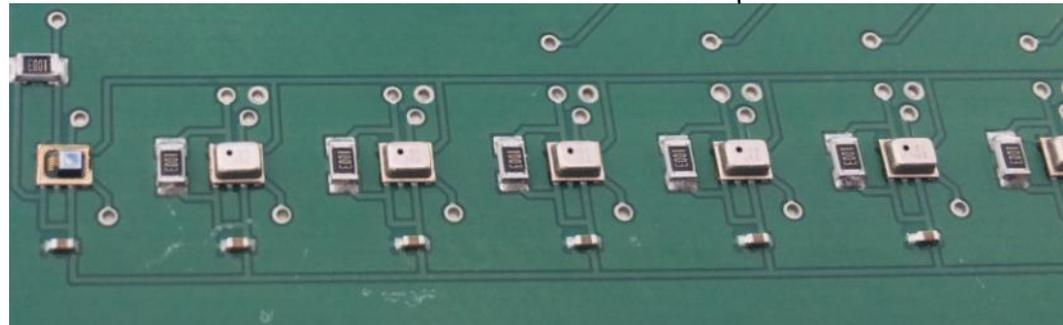
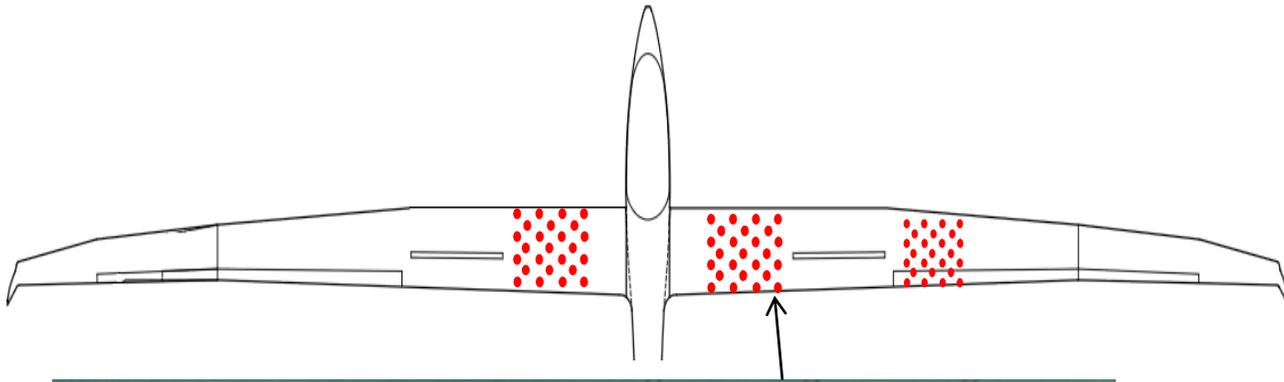
T. Klimmek et al: Aircraft Loads – A Wide Range of Disciplinary and Process-Related Issues in Simulation and Experiment (0200)



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

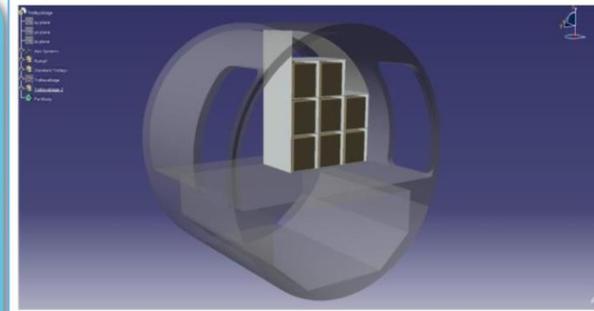


Abbildung 6.2: Entwurf eines zusätzlichen Ablagefachs

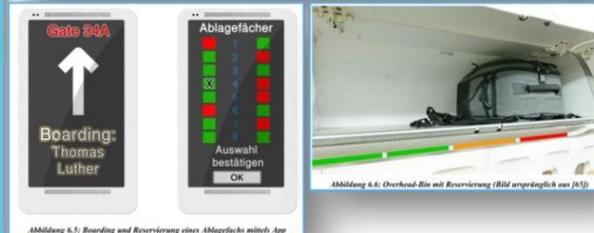
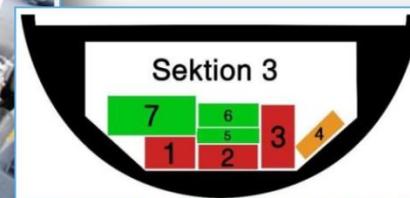


Abbildung 6.5: Boarding und Reservierung eines Ablagefachs mittels App



Abbildung 6.8: 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 !

