

# GEHT'S VIELLEICHT EIN BISSCHEN LEISER?

## DLR-PROJEKT SIAM

Michael Mößner, DLR, Technische Akustik, 30. September 2024, DLRK



- Die vorgestellten Arbeiten stammen zum größten Teil von den Projektbeteiligten, nicht von mir. Vielen Dank allen!
- Beteiligte DLR-Institute: AS, AT, BT, FL, FT, ME, SHT, SL
- Diese Projekt-Vorstellung ist nicht fair! Sie spiegelt in keiner Weise die Aufwände einzelner wieder, Zeit ist viel zu knapp!

# SchallimmissionsArmes Mittelstreckenflugzeug (SIAM)



- Hier geht's um Fluglärm!
- Pegel müssen ~10dB-15dB und mehr runter, um im Flughafennähe die Gesundheitsauswirkungen (Schlafstörungen) zu minimieren.

**Geht's also evt. etwas leiser???**

Daten: Sarah Weidenfeld

# Ein bisschen Geschichte ...



## Das Grüne 24-Stunden Flugzeug



**Triebwerksintegration**

- großes Nebenstromverhältnis
- abgeschirmter Einlauf
- Vollintegration für USB/CC

**Leitwerke**

- Strahlinterferenz
- Trimmung
- Steuerbarkeit

**Integriertes Fahrwerk**

- aerodynamisch optimiert
- akustisch optimiert

**Tragflügel**

- keine Vorflügel
- möglichst keine Spalte
- reduzierte Flächenbelastung
- Laminarflügel möglich
- Hochauftriebstechnologien wie USB/CC möglich

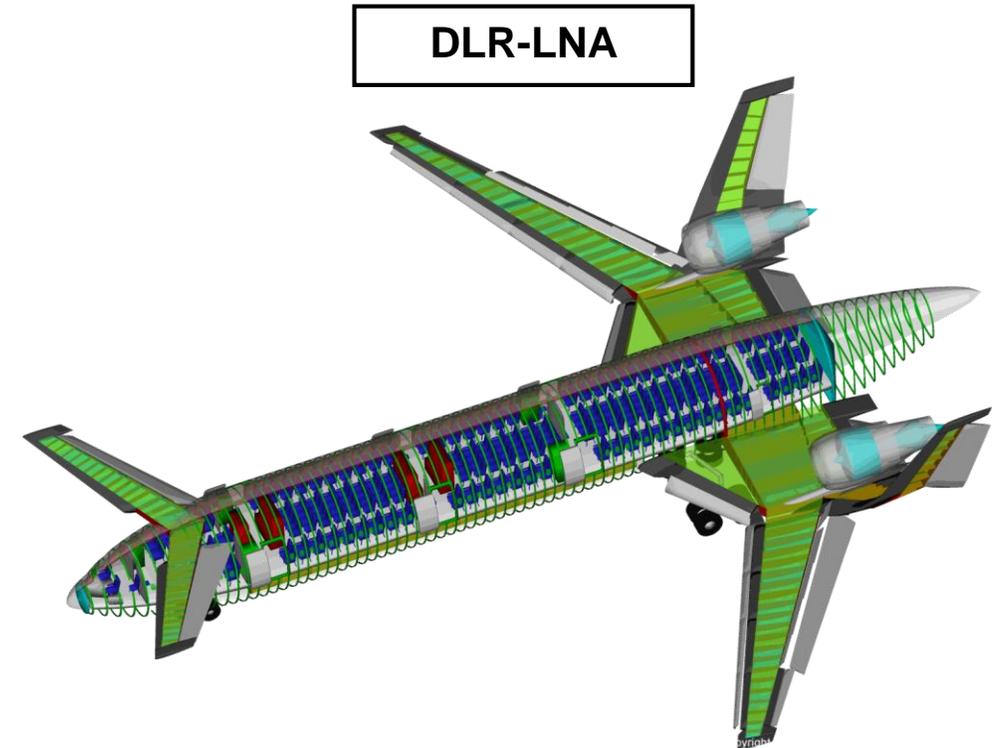
**An- und Abflug**

- größere Bahnwinkel
- niedrigere Geschwindigkeit
- instationäre Manöver
- Wirbelschleppenmodellierung

USB ... Upper Surface Blowing  
CC ... Circulation Control

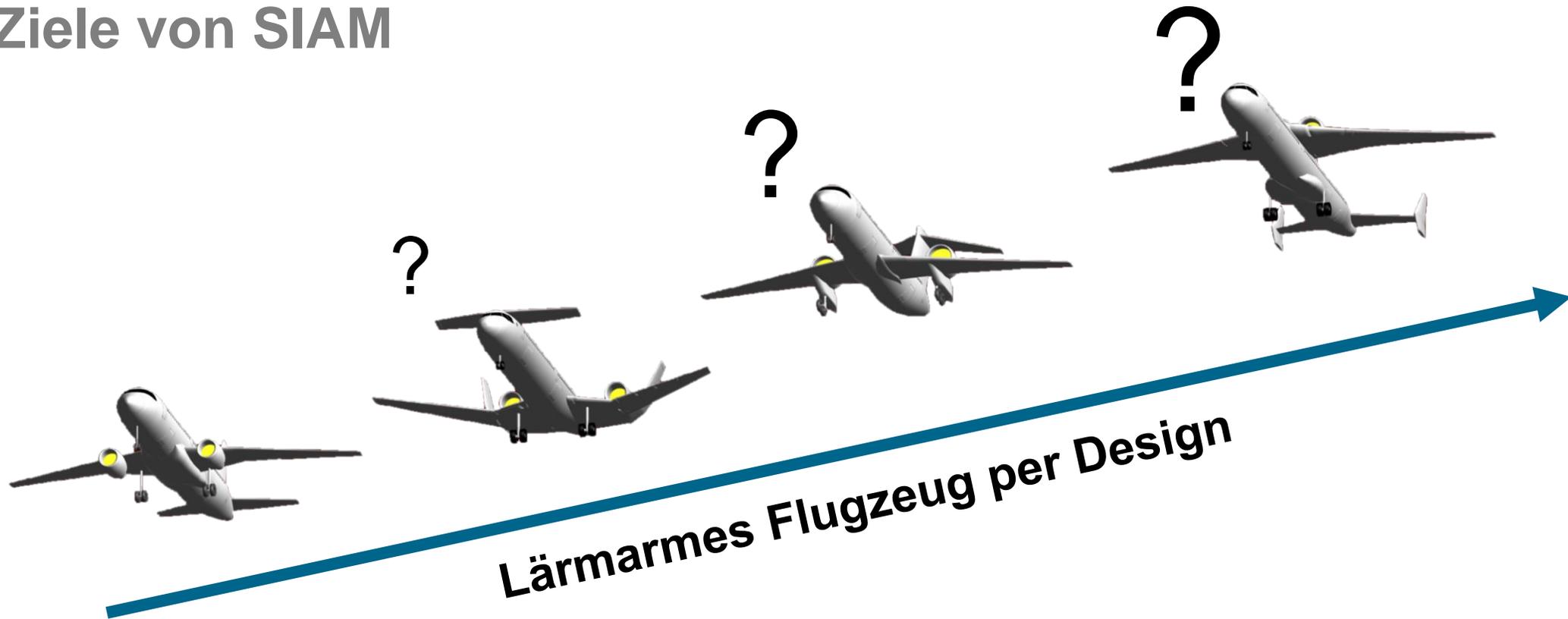
09.09.20x

Dr. Martin Hepperle



**Wie geht's weiter? Der Teufel steckt bekanntlich im Detail ...**

# Ziele von SIAM



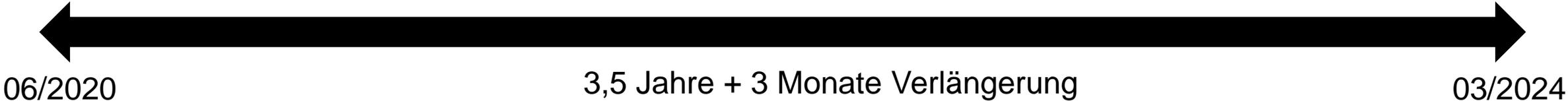
- Einbeziehung verschiedener Disziplinen (Aerodynamik, Flugmechanik, Struktur, Triebwerk, Akustik)
- **Design über den Vorentwurf hinaus**
- **Nachweisführung**

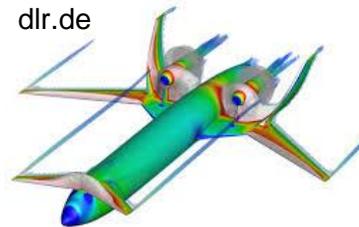
# SIAM Randbedingungen



- TLARs ähnlich zu A320
- EOS 2035
- Lärmgetriebener Entwurf  
(Effizienz sollte aber zumindest nicht wirklich verschlechtert werden)

Entry <u>Into</u> Service (EIS)	[M]	2035	[year]
Design Range	[M]	2600	[nm]
Cruise Mach Number	[O]	0.78	[-]
Max. operating Mach Number	[O]	0.82	[-]
Max. operating Speed	[O]	350	[ <u>kt</u> ] CAS
Initial Cruise Altitude	[O]	330	[FL]
Alternate Distance	[M]	200	[nm]
Time Loiter in 1500 [ft]	[M]	30	[min]
Passenger Capacity single class layout	[M]	180	[Pax]
Mass per Pax	[M]	95	[kg]
Design Cargo	[M]	0	[kg]
Design Payload	[M]	17100	[kg]
Max. Payload	[O]	20000	[kg]
Take-Off field length	[M]	< 2200	[m]
LFI	[M]	< 1850	[m]

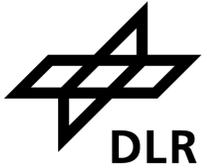




# VORAUSWAHL

# Was machen wir nicht?

- Grenzschichteinsaugung zu laut und unsicher (Fehlentscheidung?)
- Verteilte Antriebe zu starke Unsicherheiten
- Strut-braced wing u.ä. hohe Unsicherheiten bei zu wenig Minderungspotential



dlr.de



onera.fr



nasa.gov



# Konzeptlinien (erst mal nur Vorentwurf)



## **Tube-and-wing in verschiedenen Variationen**

- Lärminderung durch Abschattung von Triebwerkslärm

## **Blended wing body**

- Realistisch?
- DAS Konzept für lärmarme Flugzeuge, können wir nicht ignorieren

## **Propellerflugzeug**

- Als weitere Referenz, aus zeitlichen Gründen aber kein finaler Vergleich

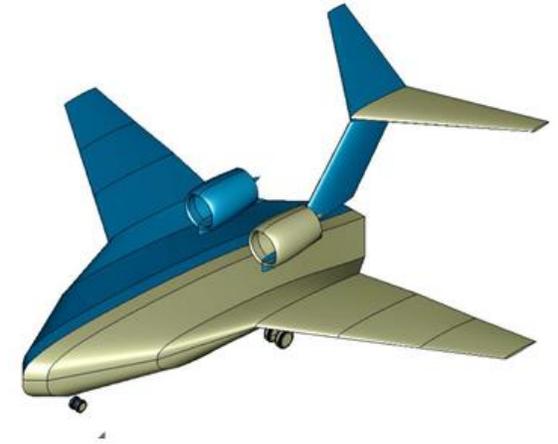


# VORENTWURF

# Konfigurationen



Bilder: Felix Wienke, Michael Iwanizki



Unsicherheit

eher gering

mittel

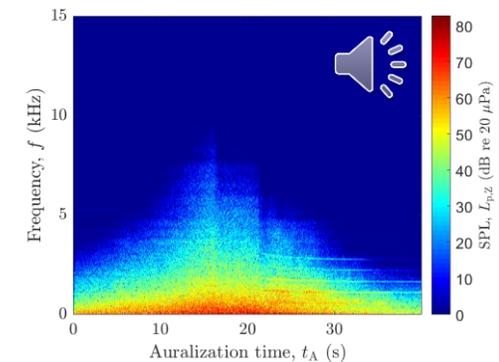
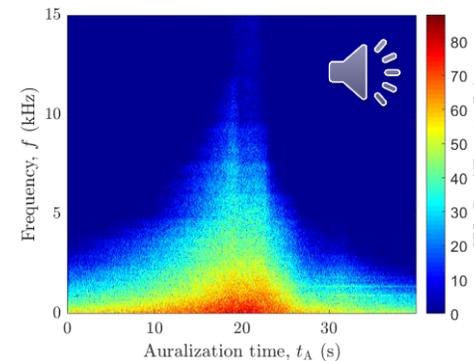
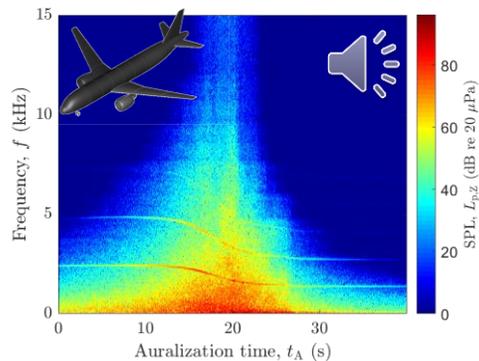
hoch

Lärminderungspotential

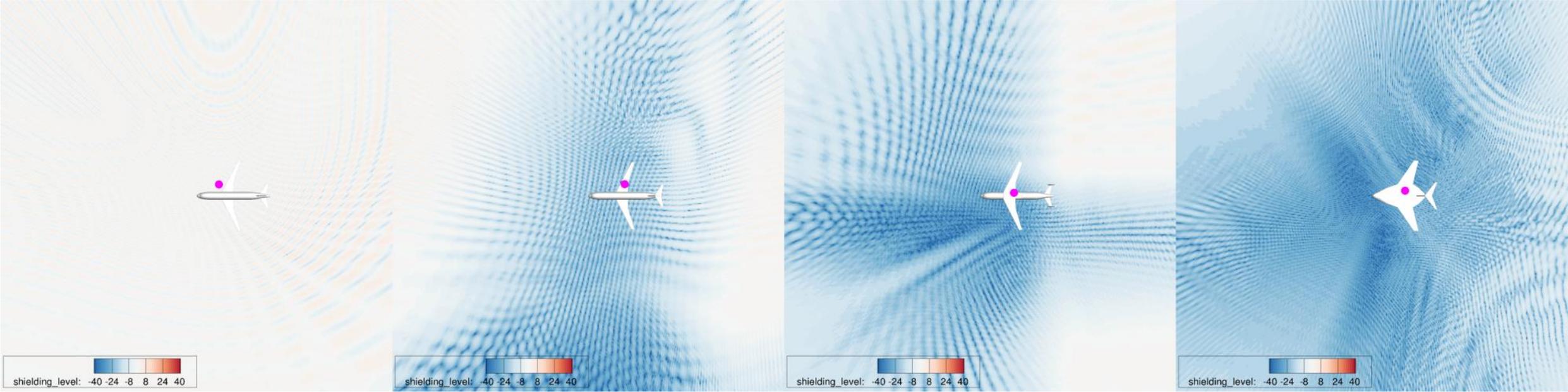
gering

mittel

hoch



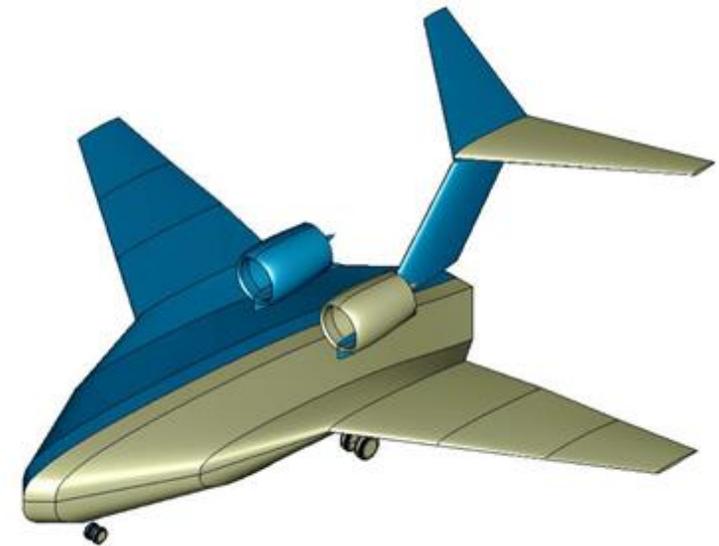
# Abschattung (2kHz)



# Ein paar Kommentare zum HWB



- Sicherheitsstandards bis 2035 mit hoher Wahrscheinlichkeit nicht mit rein künstlich stabilisierten Flugzeug möglich (führt zu T-Leitwerk)
- Triebwerke ÜBER dem Mittelteil für Triebwerksabschattung nach hinten.
- Keine echten Showstopper identifiziert, bis auf Unsicherheiten



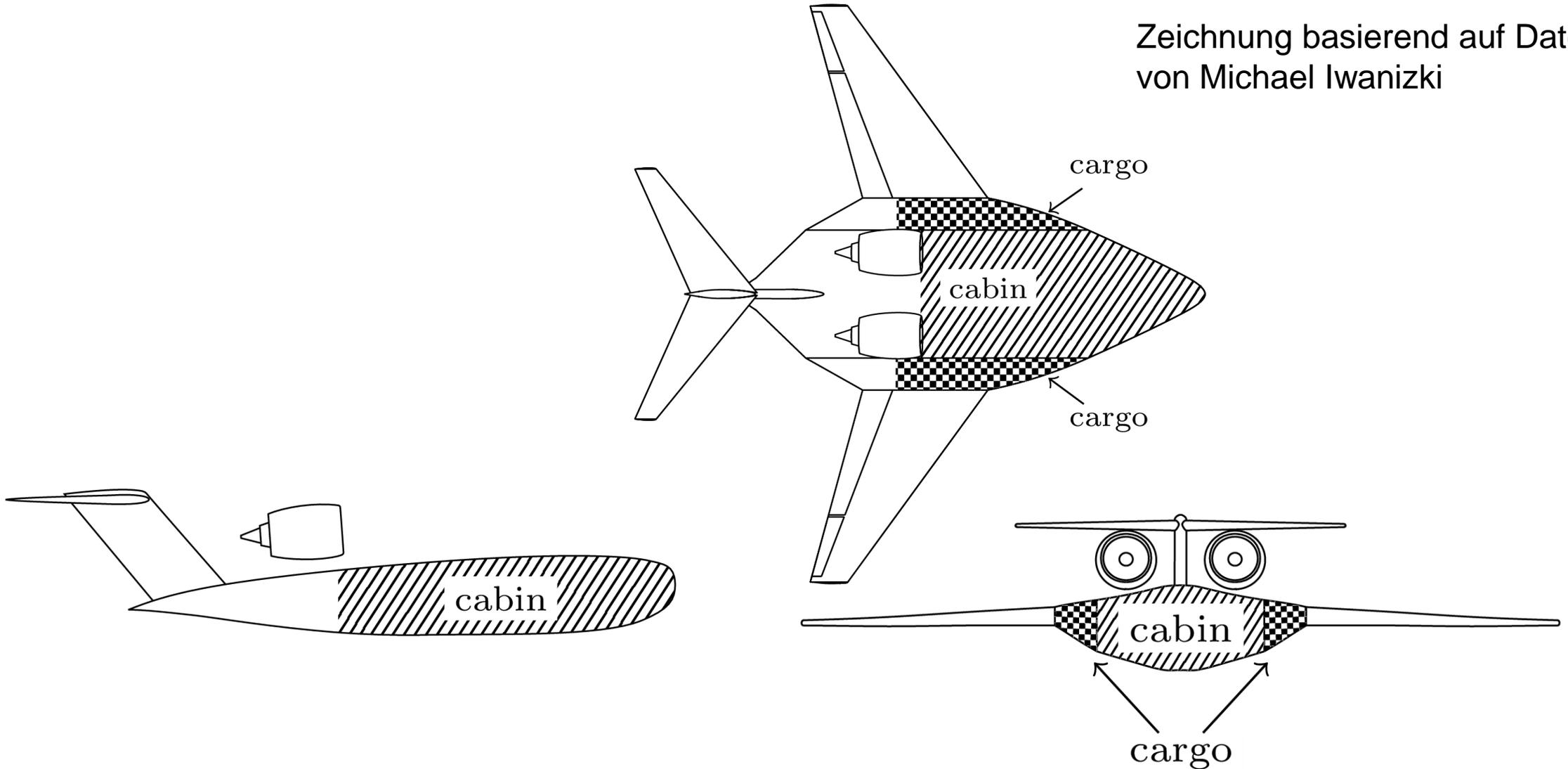
- HWB ist die sinnvollste Option:
  - Bei Weitem das höchste Lärmreduktionspotential
  - Unsicherheiten hoch, aber Engine-over-the-wing ist für ein lärmgetriebenes Projekt nicht gerade vielversprechend.
  - Engine-over-the-fuselage wäre Alternative, hat aber eine Reihe eigener Schwierigkeiten
  
- HWB und Realität – Ein Widerspruch?
  - Ja, wenn man es sich anschaut ...
  - Vielleicht nicht, aufgrund konservativer Annahmen (kontrollierbar durch T-Leitwerk, Triebwerke aufgestielt)

A blurred, grayscale photograph of an aircraft's wing and engine nacelle, showing the intricate details of the engine intake and surrounding structure.

# DETAILENTWURF

# Layout (eigentlich Vorentwurf, aber passt hier jetzt besser)

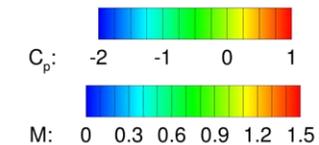
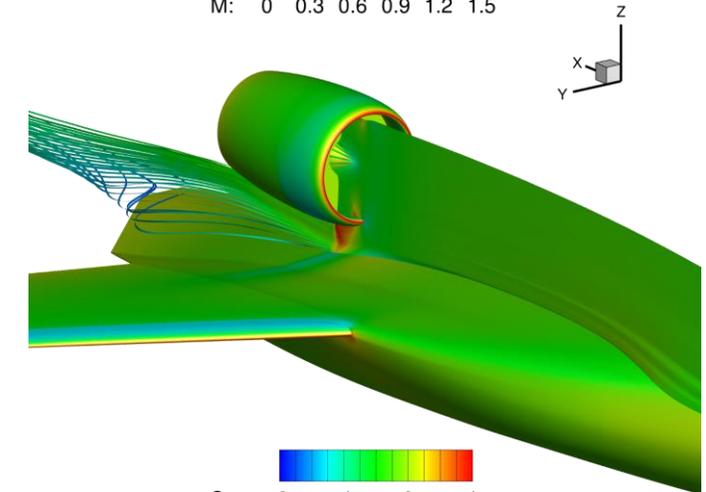
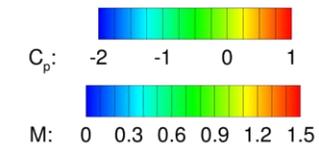
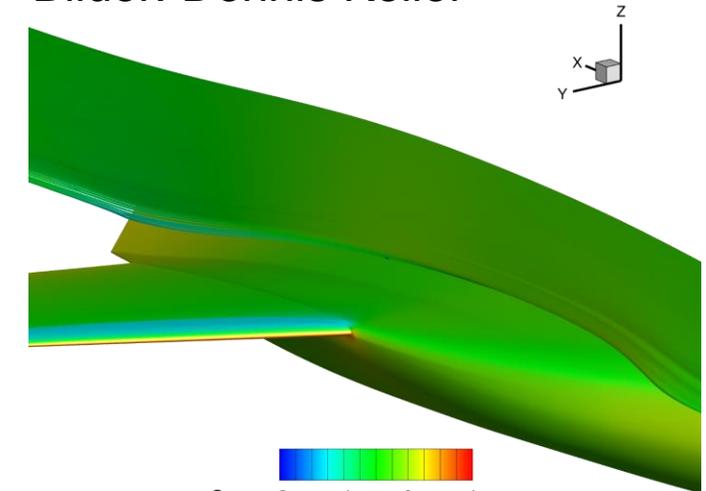
Zeichnung basierend auf Daten von Michael Iwanizki



Bilder: Dennis Keller

## Triebwerksintegration über auftriebserzeugender Fläche schwierig

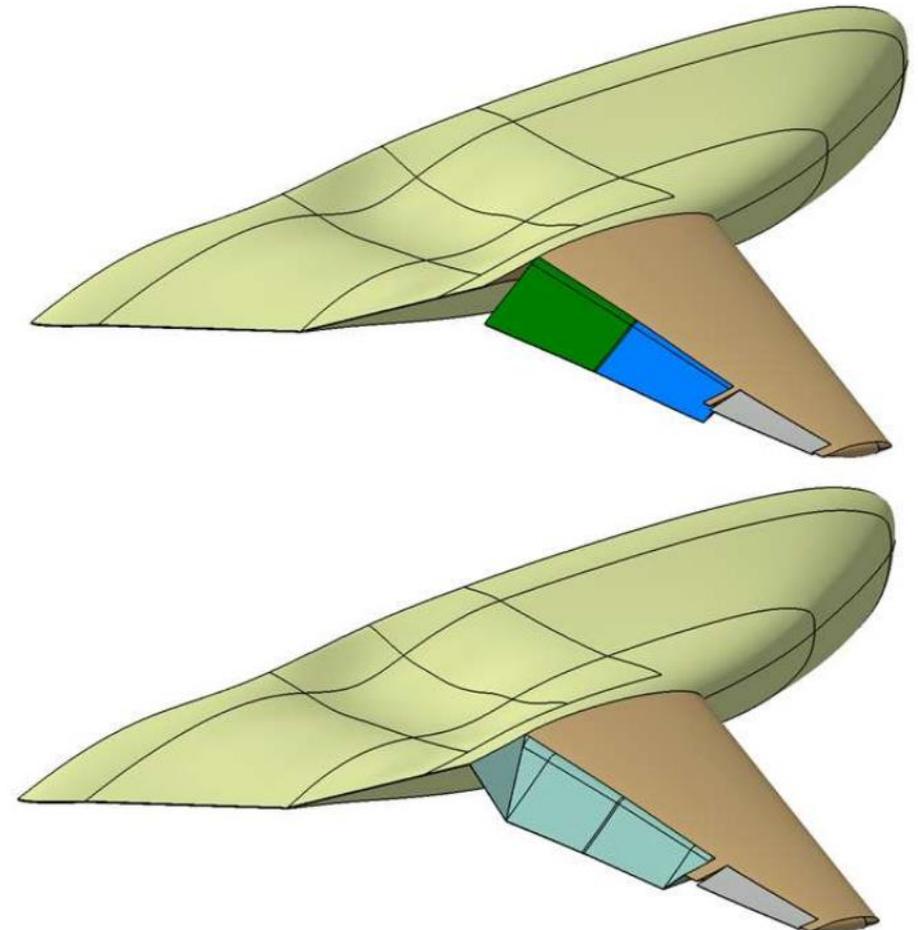
- Initiales Design zeigt grob Widerstandsverdopplung durch Integrationseffekte!
- Nach hinten schieben?
- Form adaptieren?
- Einbetten?



# Hochauftrieb

- Keine Vorderkanten-Devices
- Spaltlose Hinterkantenklappe
- Version mit Morphing Flap (~6dB Reduktion von Seitenkantenlärm)
- Stärkere Hochauftriebssysteme möglich für höhere Flächenbelastung (aber mehr Lärm)

Bilder: Florian Schmidt



# Triebwerk

UHBR-Triebwerke benötigen Geometrie-Variabilität um leise zu sein.

- An Lärmpunkten (Abflug, Start) mehr Offdesign (näher an Pumpgrenze)
- Stärkere Belastung der Schaufel
- ~5dB leiser durch verstellbaren Fan!

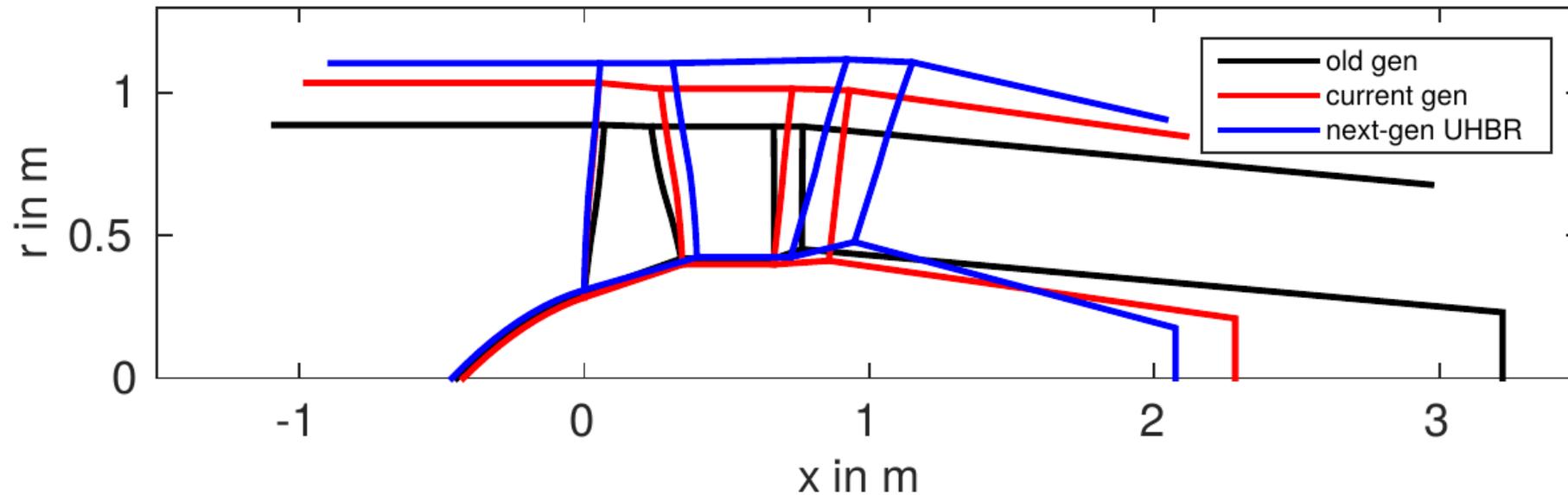


Bild: Antoine Moreau

- Auslegung des Mittelteils als Flügel
- Relativ große Unsicherheiten, da hohe Diskrepanz zwischen Vorentwurf und Detailentwurf

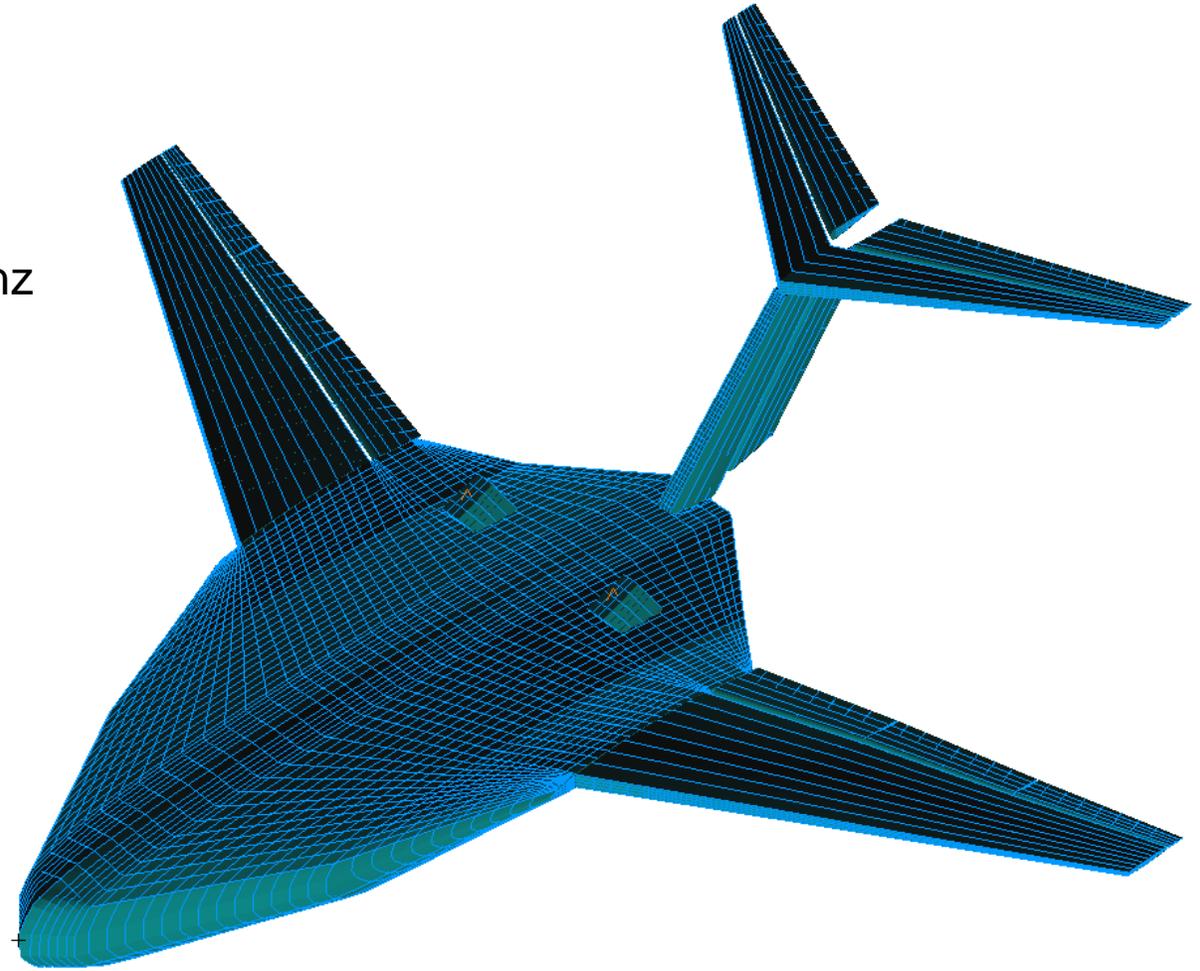


Bild: Tobias Hecken

# Fahrwerksdesign

Bilder von Michael Pott-Pollenske



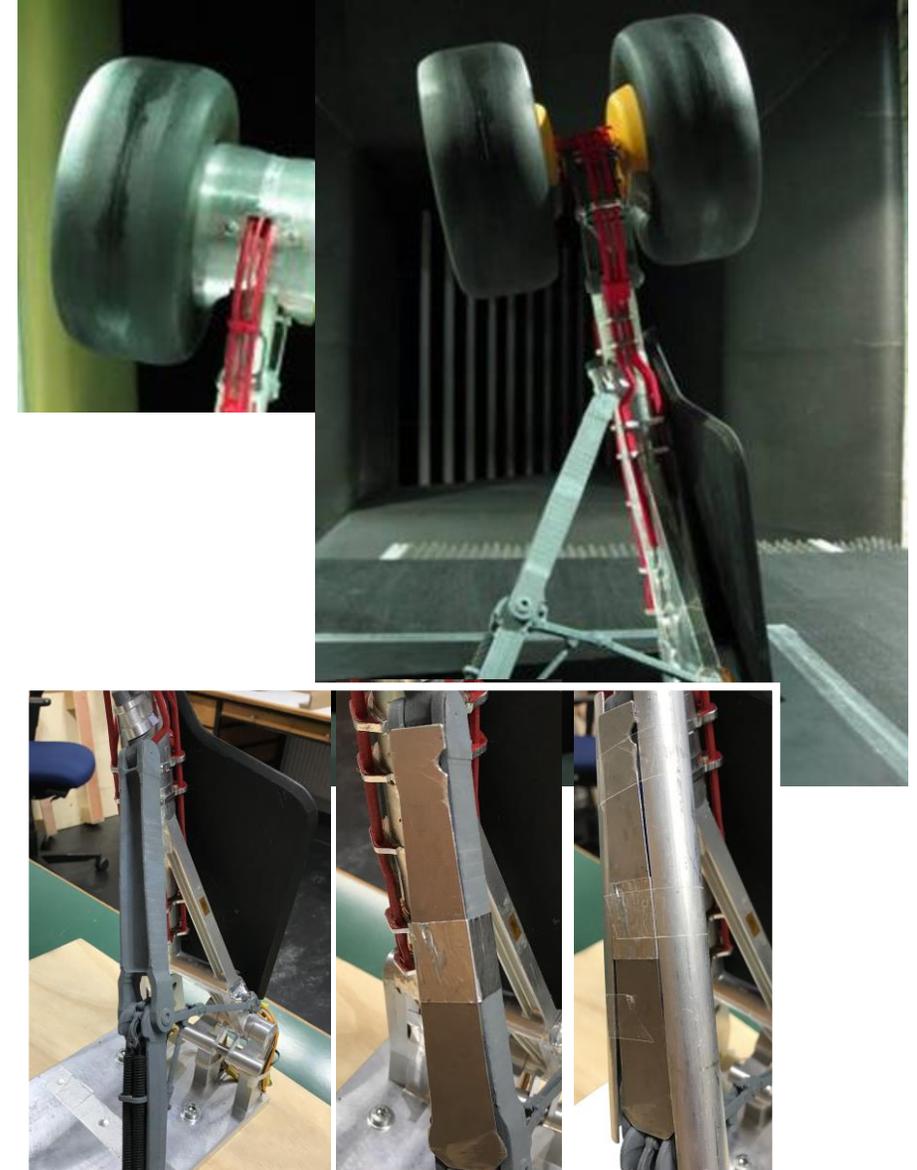
Konventionelles Hauptfahrwerk (wie A320, B373, etc.)

## Lärminderung für

- Leg door
- Bereich zw. Rädern
- Drag stay

## Besseres Konzept:

- Geschlossener Fahrwerksschacht
- Keine leg door
- Lärminderungsmaßnahme zw. den Rädern,
- Minderung an Bremsen und Leitungen



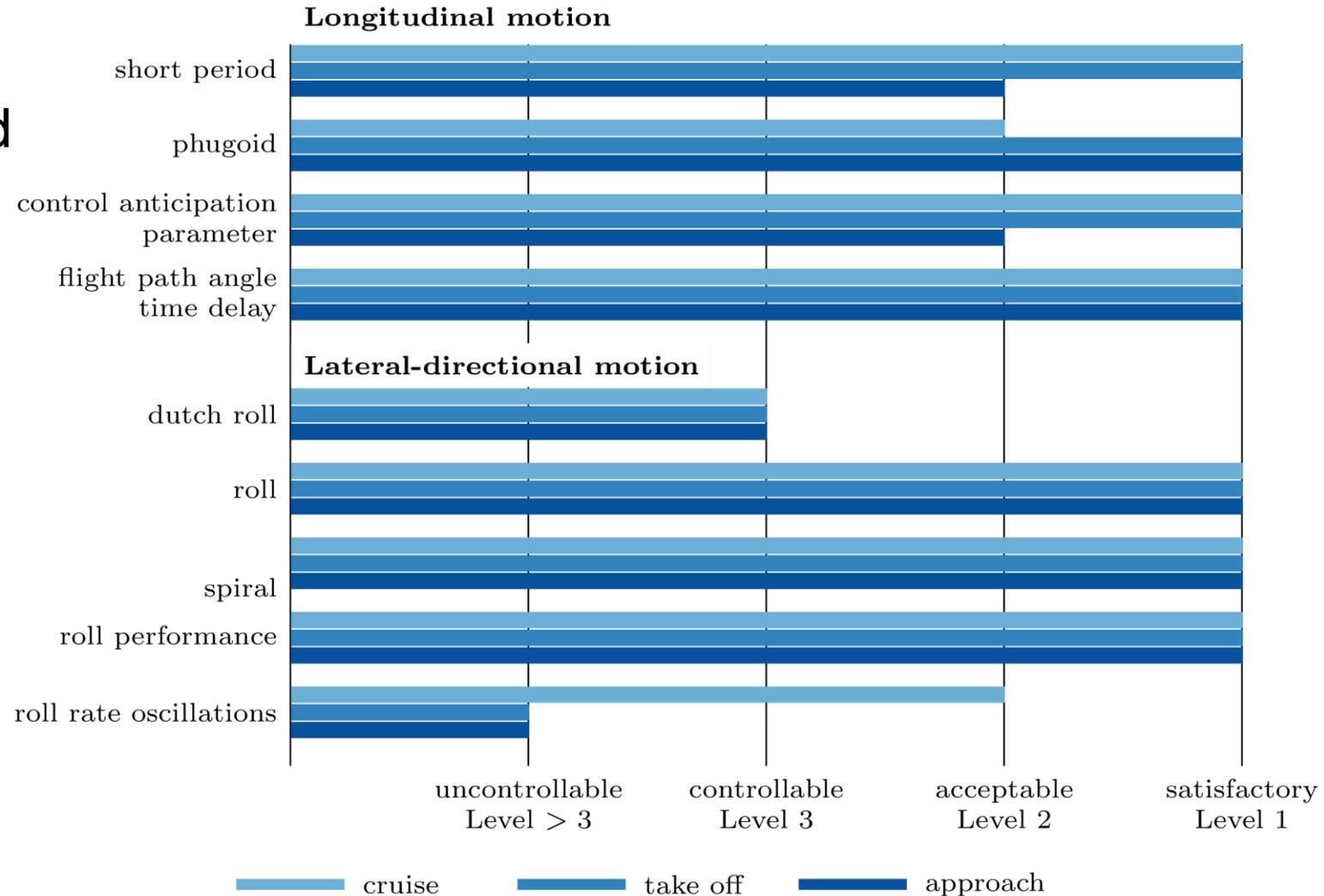


# ANALYSE

# Handling qualities (eigentlich Vorentwurf, passt hier aber jetzt besser)



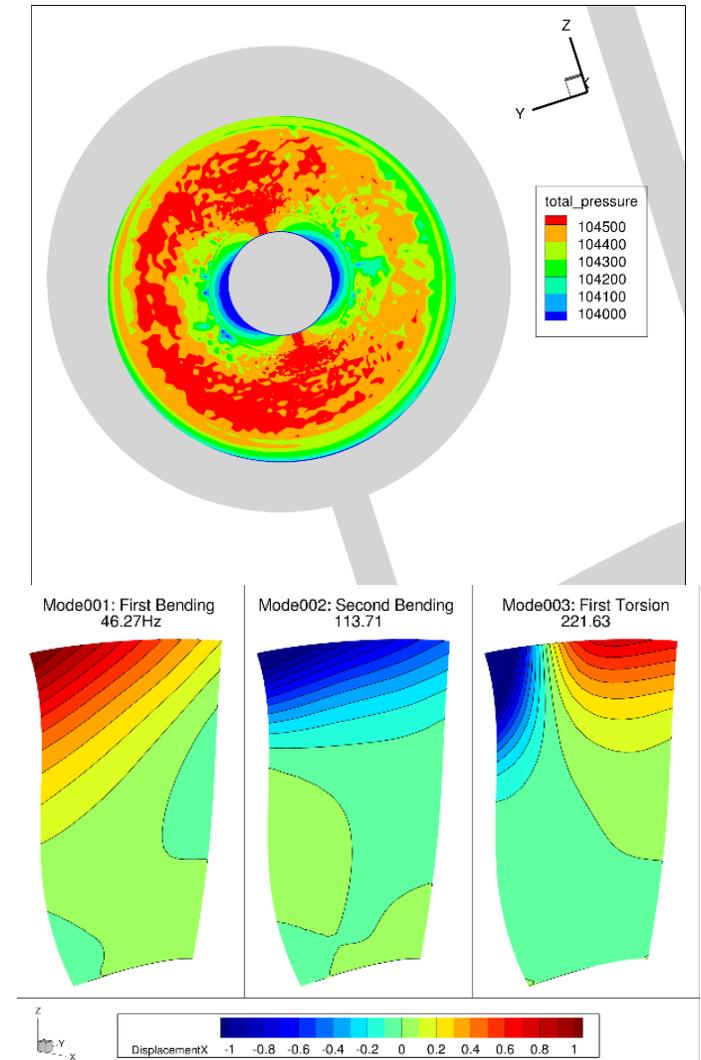
- Leitwerk führt zu weitgehend kontrollierbarem Verhalten
- Designiterationen wären aber noch notwendig



Daten: Yasim Hasan

# Einlaufstörungen und Flattern der Schaufeln

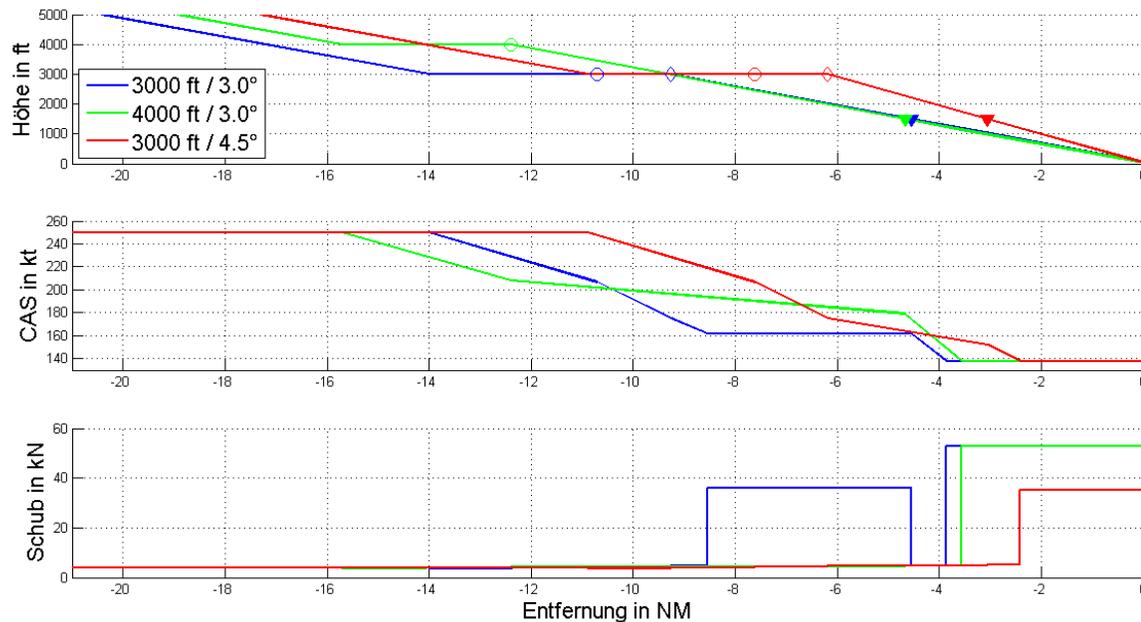
- Keine problematischen Einlaufstörungen
- Aerodynamische Dämpfung durchweg positiv



Bilder: Virginie Chenaux

# An-/Abflug

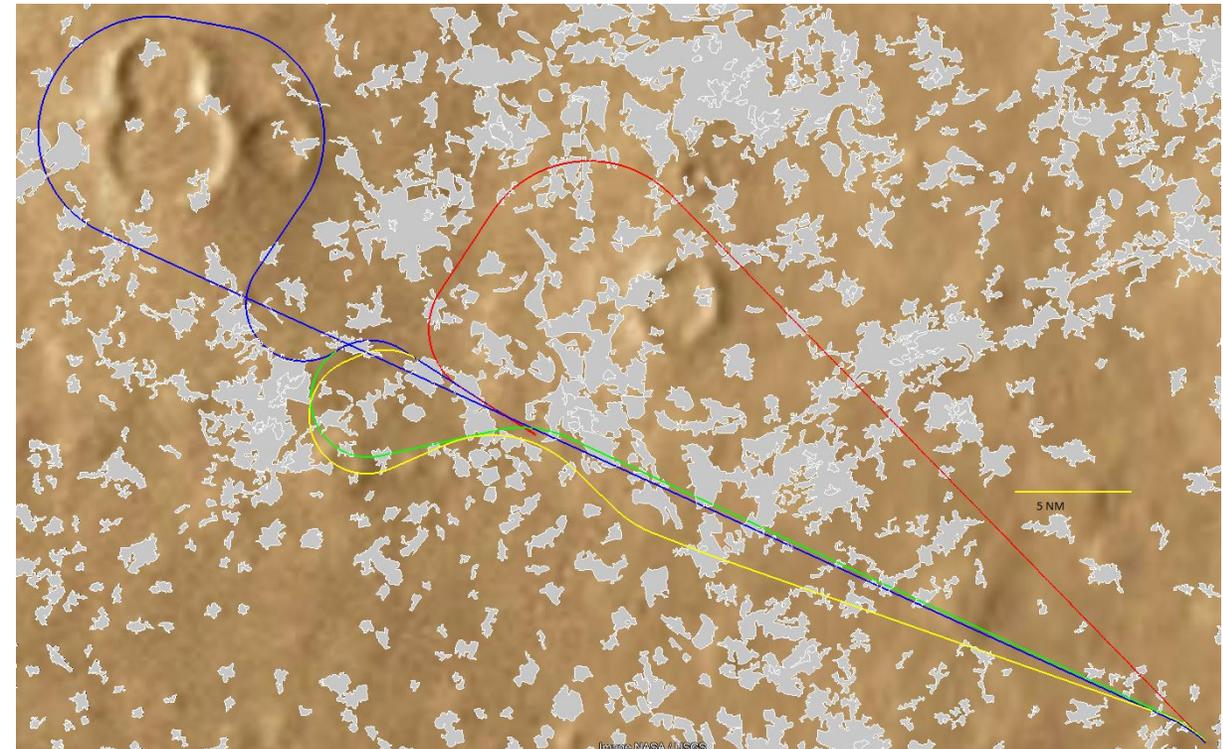
## Vertikal



Blau: 3000ft / 3°  
Grün: 4000ft / 3°  
Rot: 3000ft / 4,5°

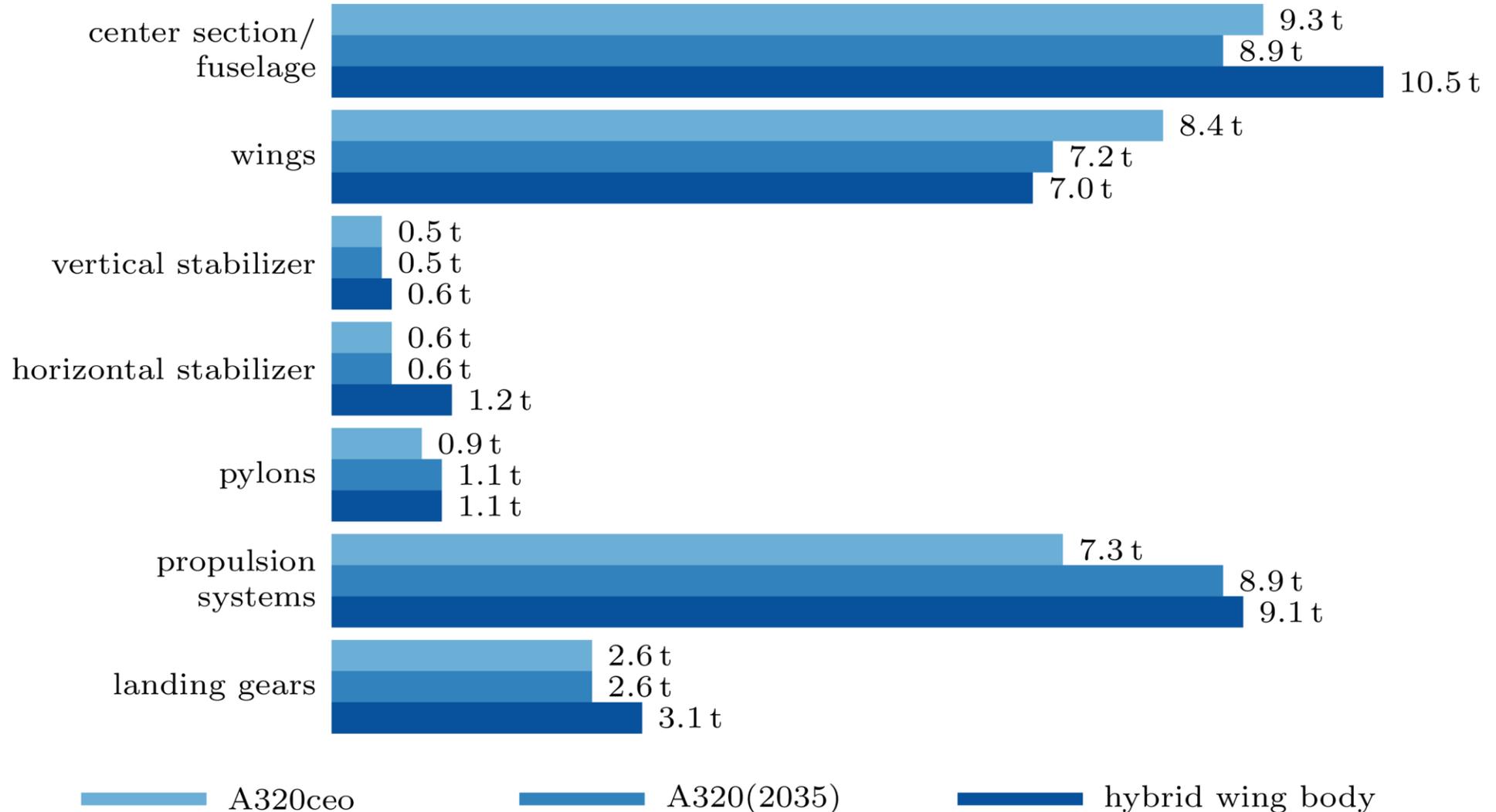
Bild: Joscha Kurz

## Lateral



Rot: Referenzanflug  
Gelb: Klassischer A320  
Grün: Lärmarmes Flugzeug  
Blau: Lärmarm, aber lange Strecke

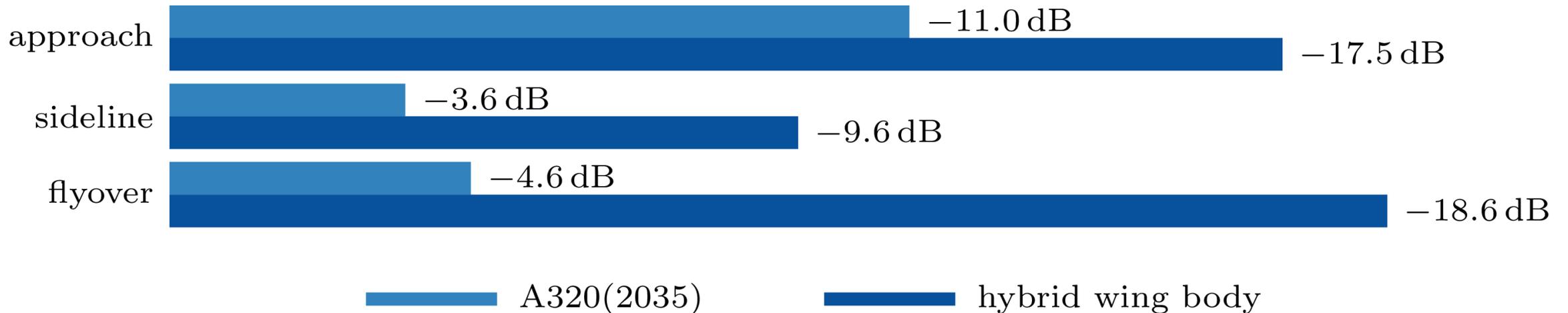
# Gewicht: Daten aus Vorentwurf, passt aber besser hier



# Gesamt Lärminderung (Vorentwurfsdaten, passt hier aber besser)



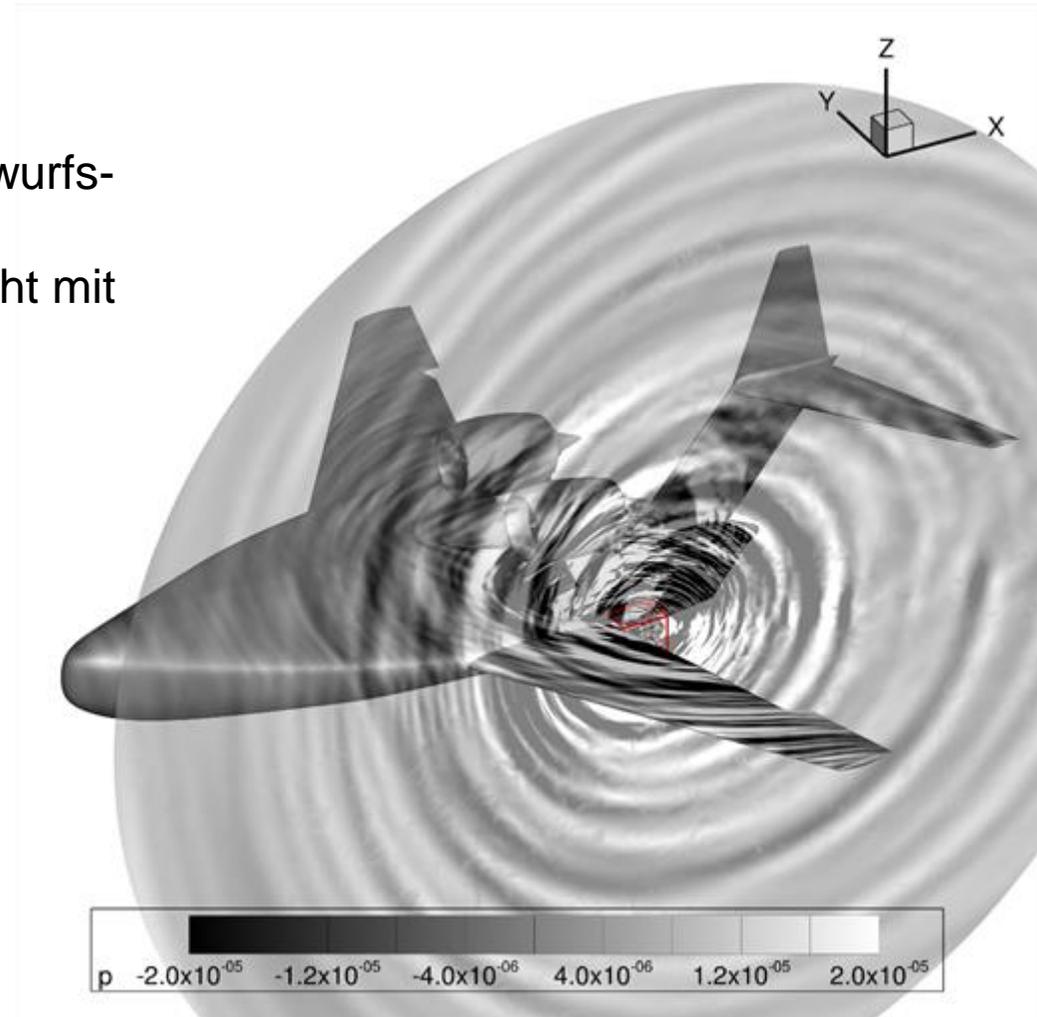
- HWB ist unglaublich leise
- Nahe an Zielen von Flightpath 2050
- Im Bereich des technisch Machbaren



# HiFi Nachrechnung

Bild: Stanislav Proskurov

- Nachrechnung der wichtigsten Lärmquellen
- Erste Schritte zur HiFi-Validierung für die Vorentwurfs-Überflugssimulationen
- Weiterführung im Nachfolgeprojekt allerdings nicht mit HWB ...



## HWB nicht unbedingt effizient:

- L/D ohne Leitwerk: 18,9
- L/D mit Leitwerk (ungetrimmt): 16,1
- L/D mit Leitwerk (getrimmt): 14,6

**Vorläufiges Ergebnis: Performance nicht gut genug für Folgeprojekt**

ABER: Ausreichend Ideen und Potential für Verbesserungen.

(Eingebettete Triebwerke, künstliche Stabilisierung, stärkere Hochauftriebssysteme)

ABER 2.0: Vieles führt auch zu Kompromissen bzgl. Lärm!



BNW  
NWB Braunschweig



DLR

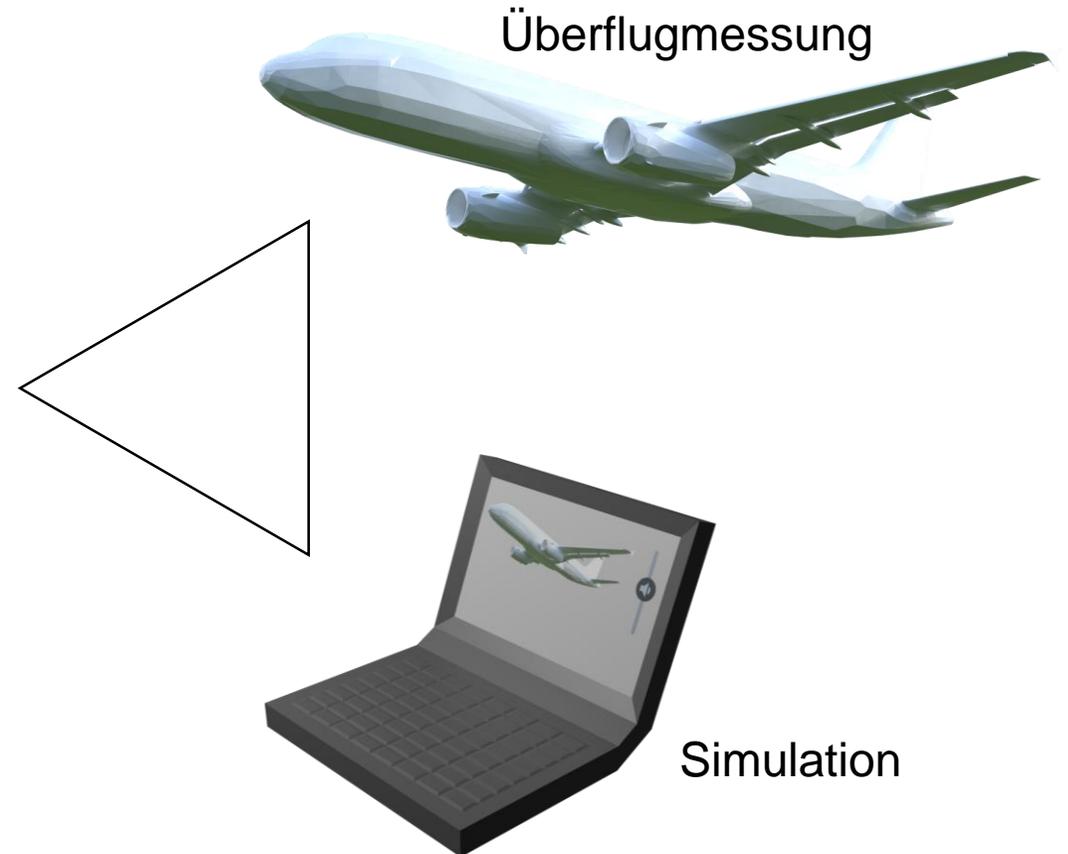
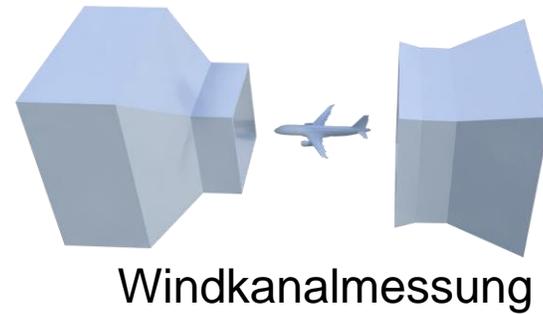


BNW  
German DLR Wind Tunnel

# REFERENZ

# Referenz

- (LN)ATRA
- Flugmessdaten vorhanden
- Zurück in den Windkanal



## LNATRA im Windkanal

- 1,8m Halbspannweite
- Durchflussgondel
- 7200 Mikrofone
- Waage im Rumpf
- Option für geschlossene Messstrecke
- Detailgetreu
- Mit/ohne  
Lärminderungsmaßnahmen

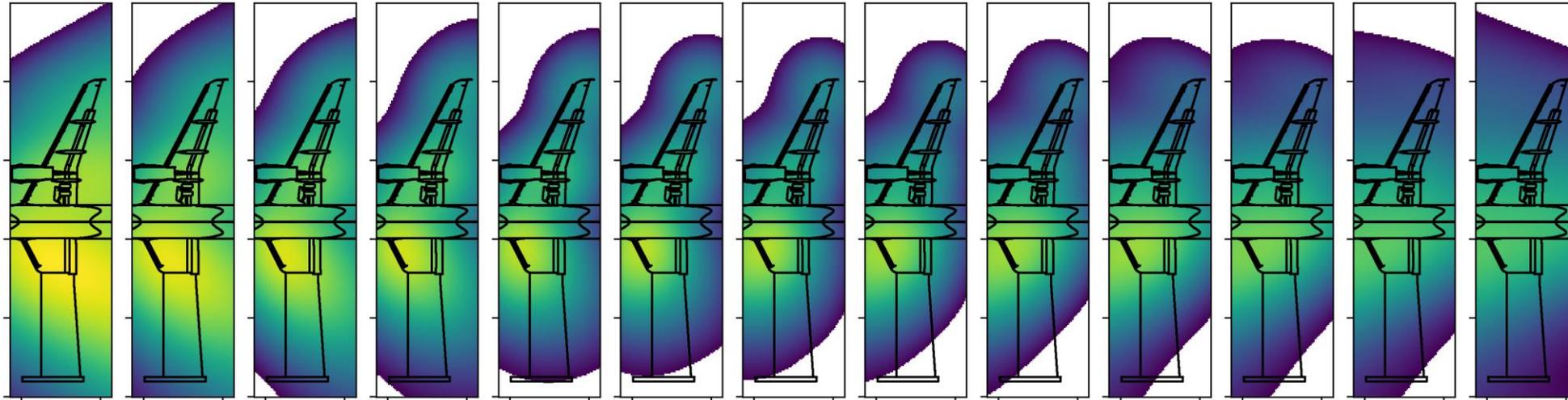


# Messergebnisse (1000Hz)

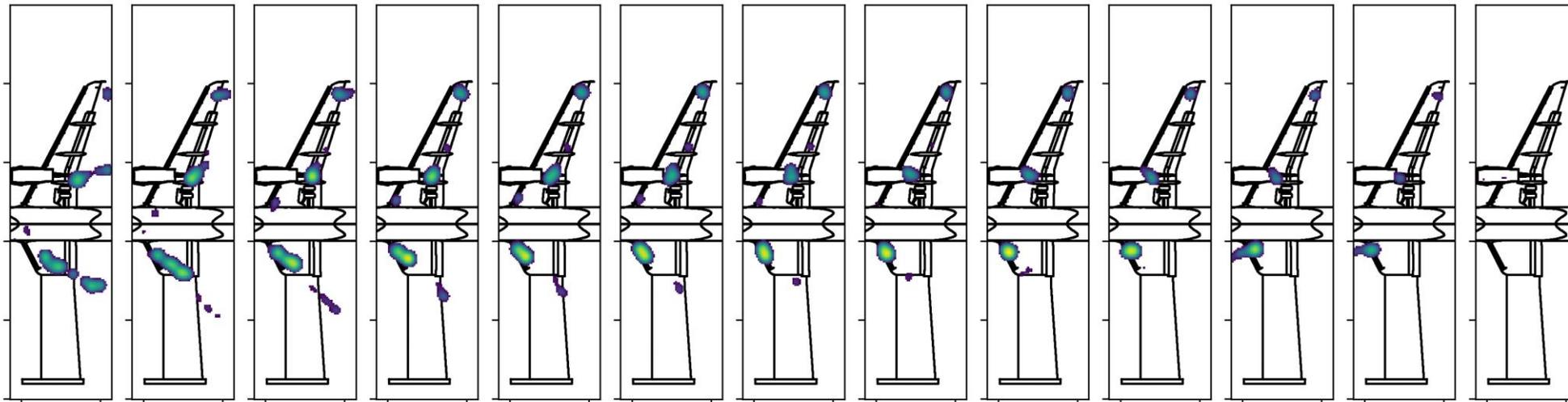
Bilder: Daniel Ernst

$f = 1000$

$\theta = 55^\circ$     $60^\circ$     $68^\circ$     $75^\circ$     $83^\circ$     $92^\circ$     $100^\circ$     $108^\circ$     $115^\circ$     $122^\circ$     $128^\circ$     $132^\circ$     $137^\circ$



Conventional



Clean-SC

# Validierung

Strömung:

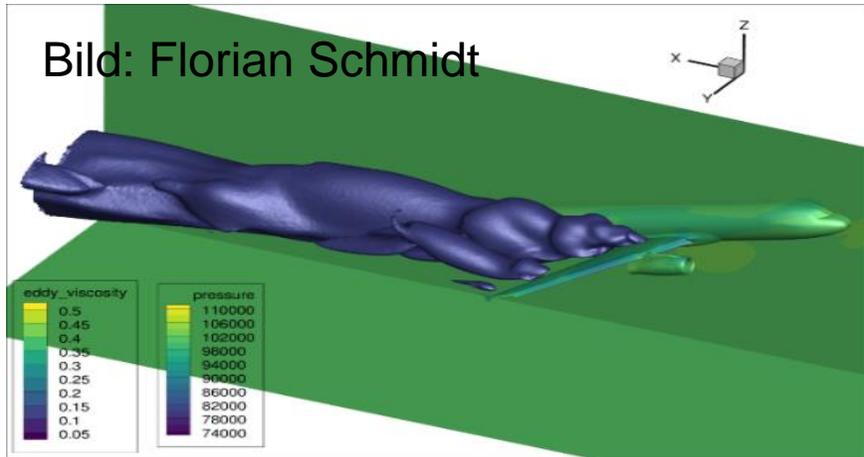
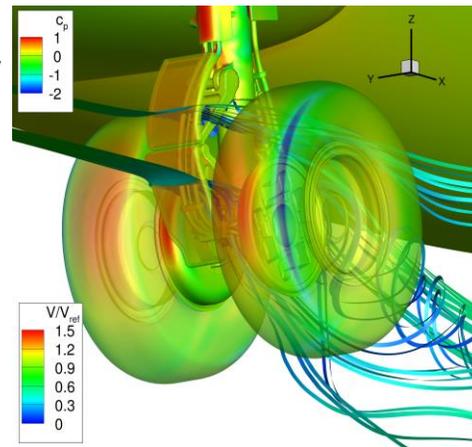
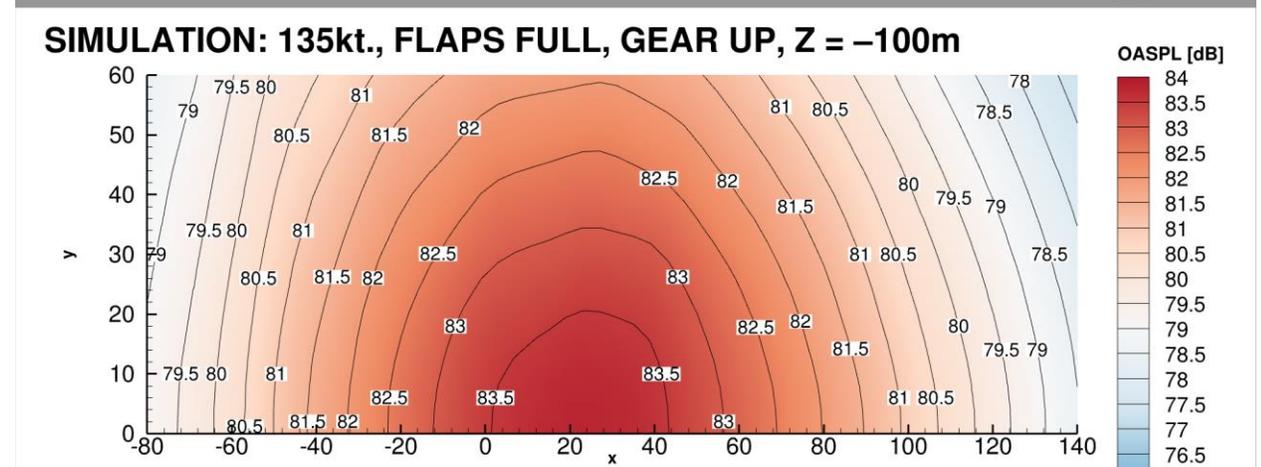
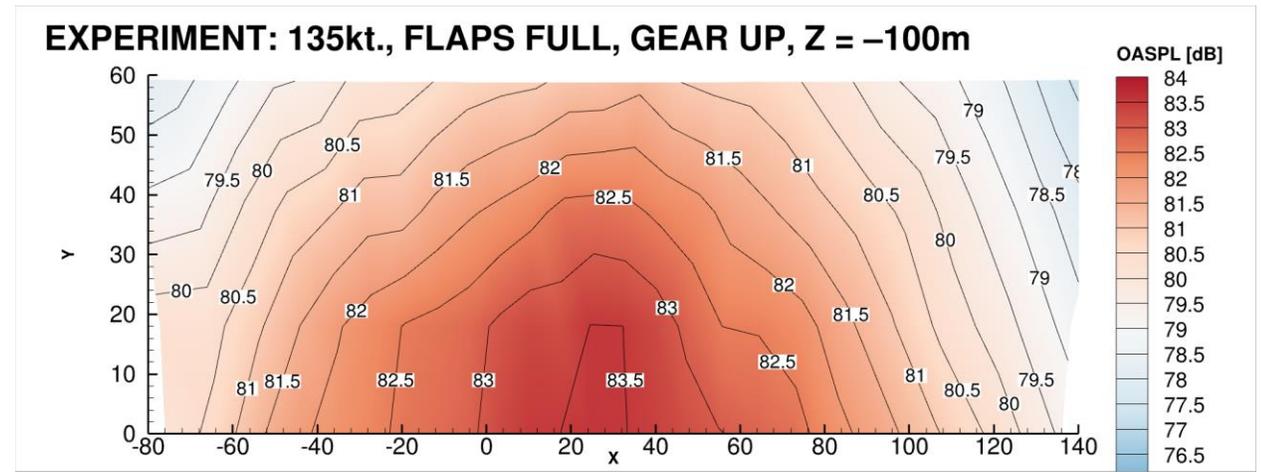


Bild: Dennis Keller



Simulation vs. Flyover, Bild: Stanislav Proskurov



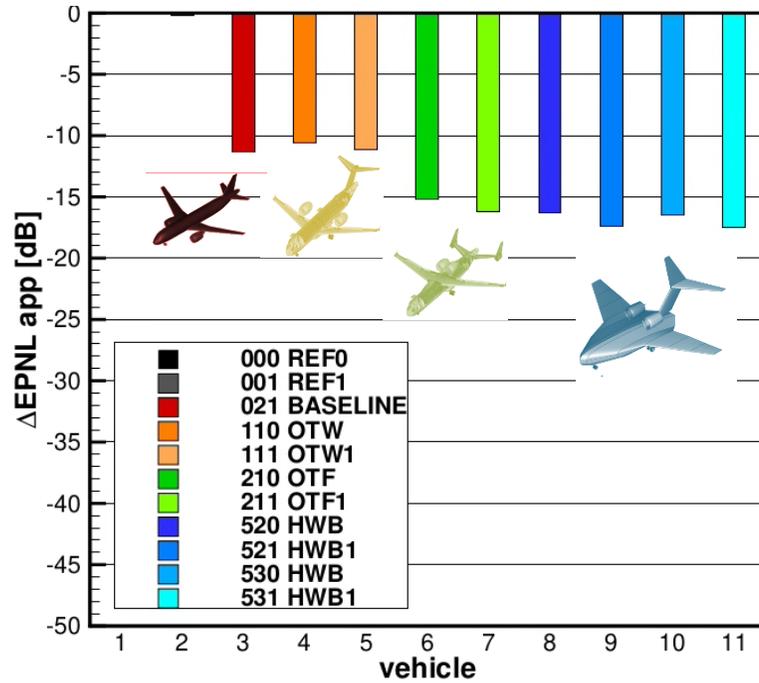
# To be continued ...



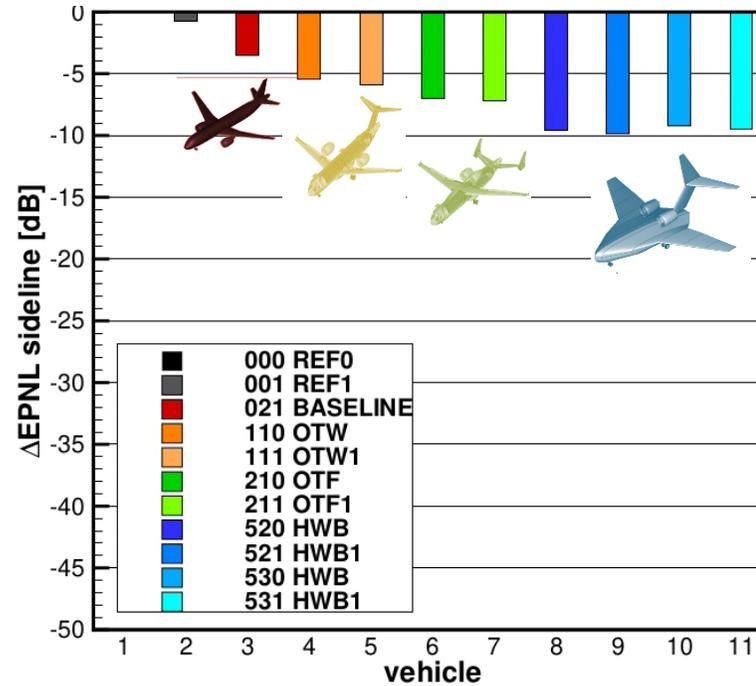
- Erster Vergleich mit Messungen wurde durchgeführt.
- Für bessere Validierung müssen wir tiefer reinschauen:
  - Quellweise Auswertung (Array-Ergebnisse)
  - Verstehen der Unsicherheiten (Messung, Rechnung)

→ **LU(FT)<sup>2</sup> 2030**

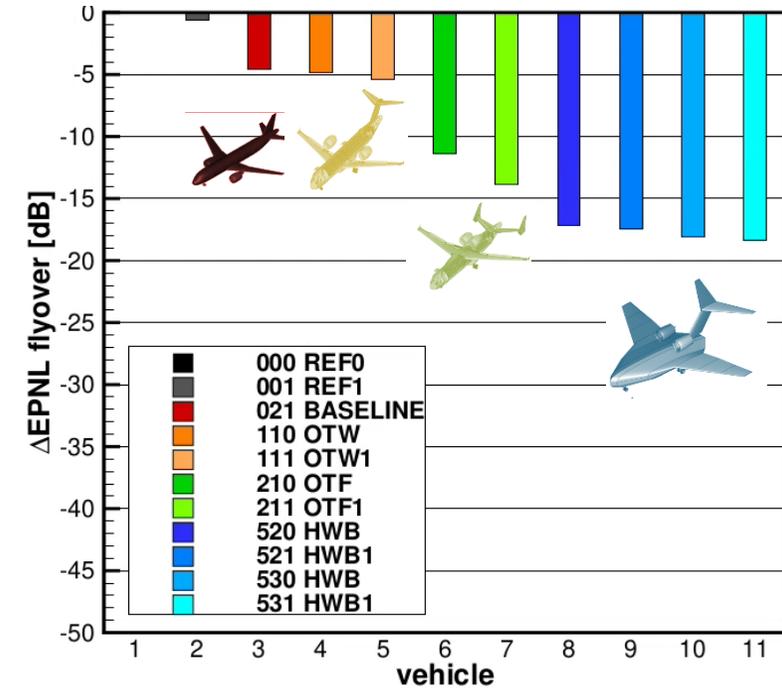
# Lärmauswertung (Vorentwurf)



(a) Approach EPNL delta



(b) Sideline EPNL delta



(c) Flyover EPNL delta

Wienke et. al, „System noise assessment of conceptual tube-and-wing and blended-wing-body aircraft designs”, AIAA, 2023