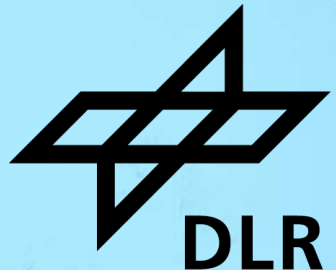


GEHT'S VIELLEICHT EIN BISSCHEN LEISER?

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

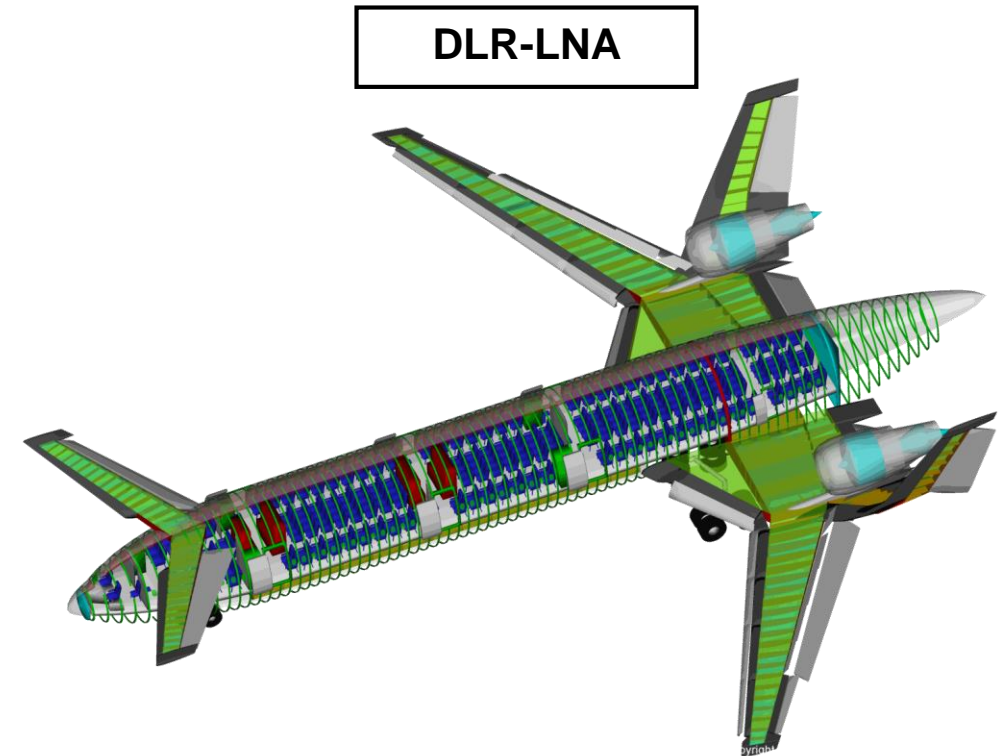


- Triebwerksintegration**
 - großes Nebenstromverhältnis
 - abgeschirmter Einlauf
 - Vollintegration für USB/CC
- Leitwerke**
 - Strahlinterferenz
 - Trimmung
 - Steuerbarkeit
- Integriertes Fahrwerk**
 - aerodynamisch optimiert
 - akustisch optimiert
- Tragflügel**
 - keine Vorflügel
 - möglichst keine 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

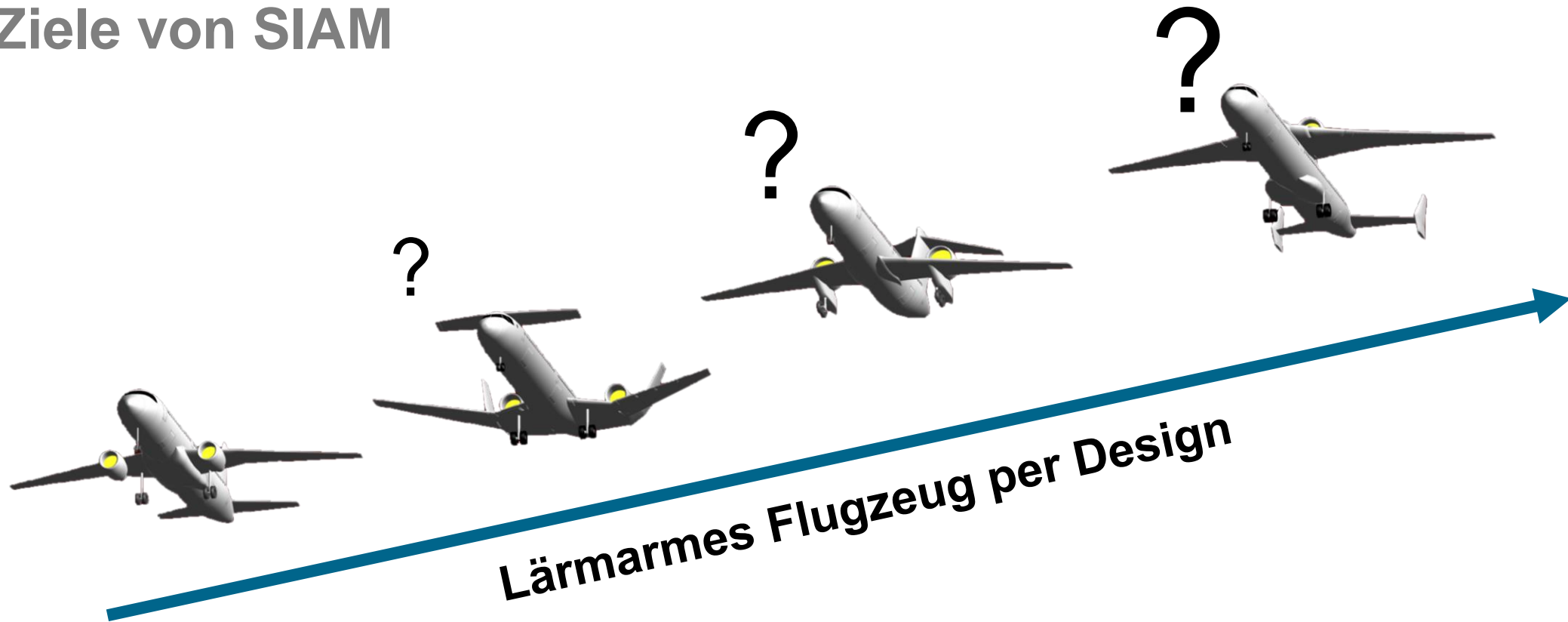
09.09.20x

Dr. Martin Hepperle



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

Ziele von SIAM



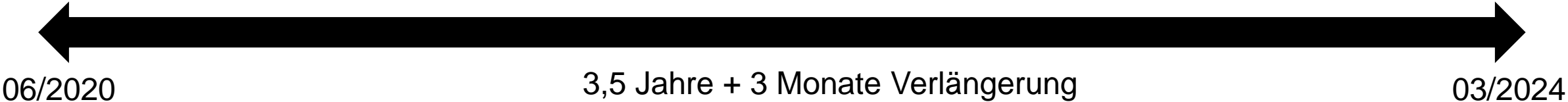
- Einbeziehung verschiedener Disziplinen (Aerodynamik, Flugmechanik, Struktur, Triebwerk, Akustik)
- **Design über den Vorentwurf hinaus**
- **Nachweisführung**

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]





airbus.com



nasa.gov

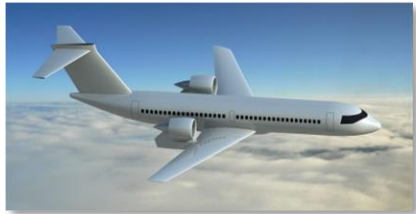


24HAC

dlr.de



NASA/Lockheed Martin



flightrevue.de



Edwin Wallet, OSO Studio



silentaircraft.org

Silent Aircraft Initiative



Lockheed Martin



airbus.com



NACRE
(EU) /
Airbus



airbus.com



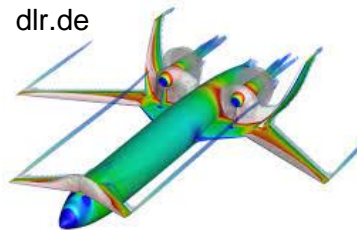
nasa.gov



bauhaus-luftfahrt.net



dlr.de



dlr.de



onera.fr

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

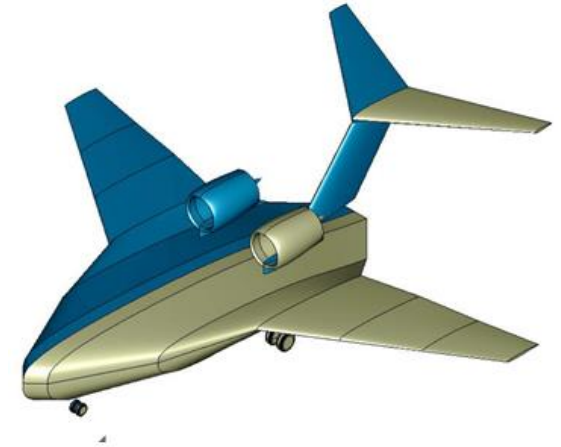


VORENTWURF

Konfigurationen



Bilder: Felix Wienke, Michael Iwanizki



Unsicherheit

eher gering

mittel

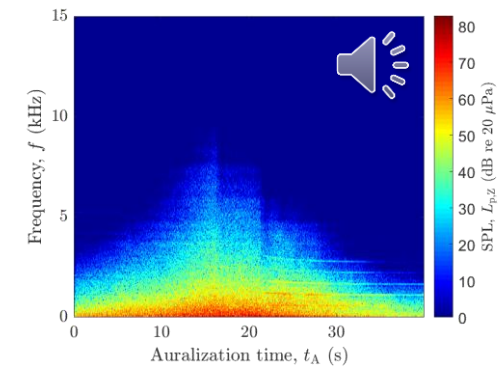
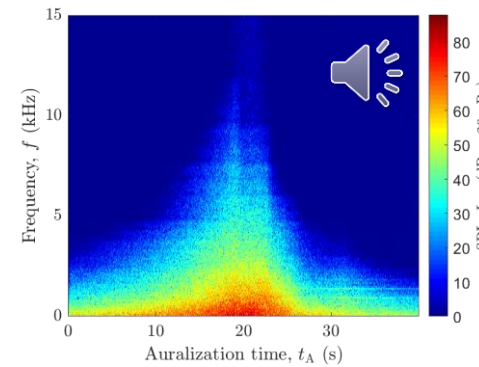
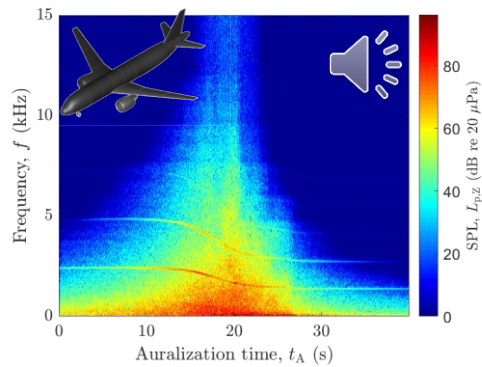
hoch

Lärminderungspotential

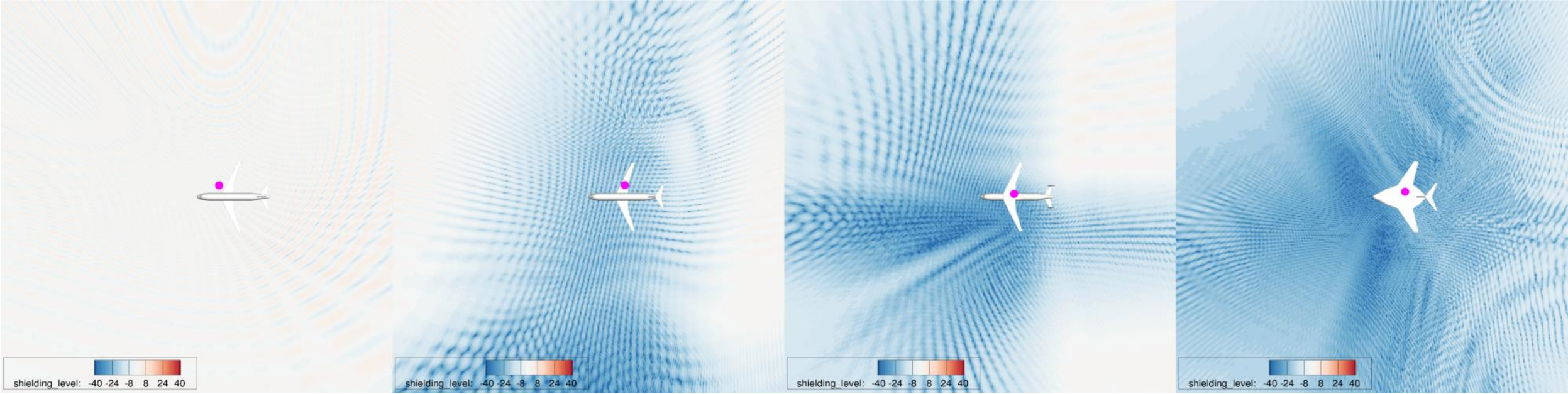
gering

mittel

hoch



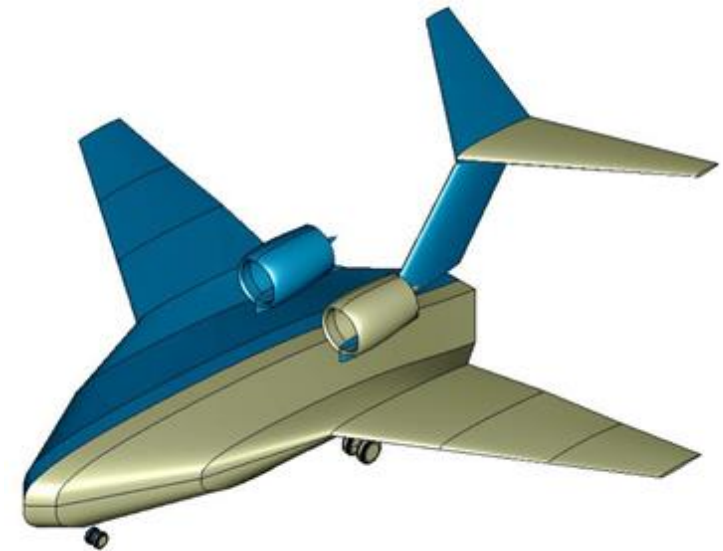
Abschattung (2kHz)



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

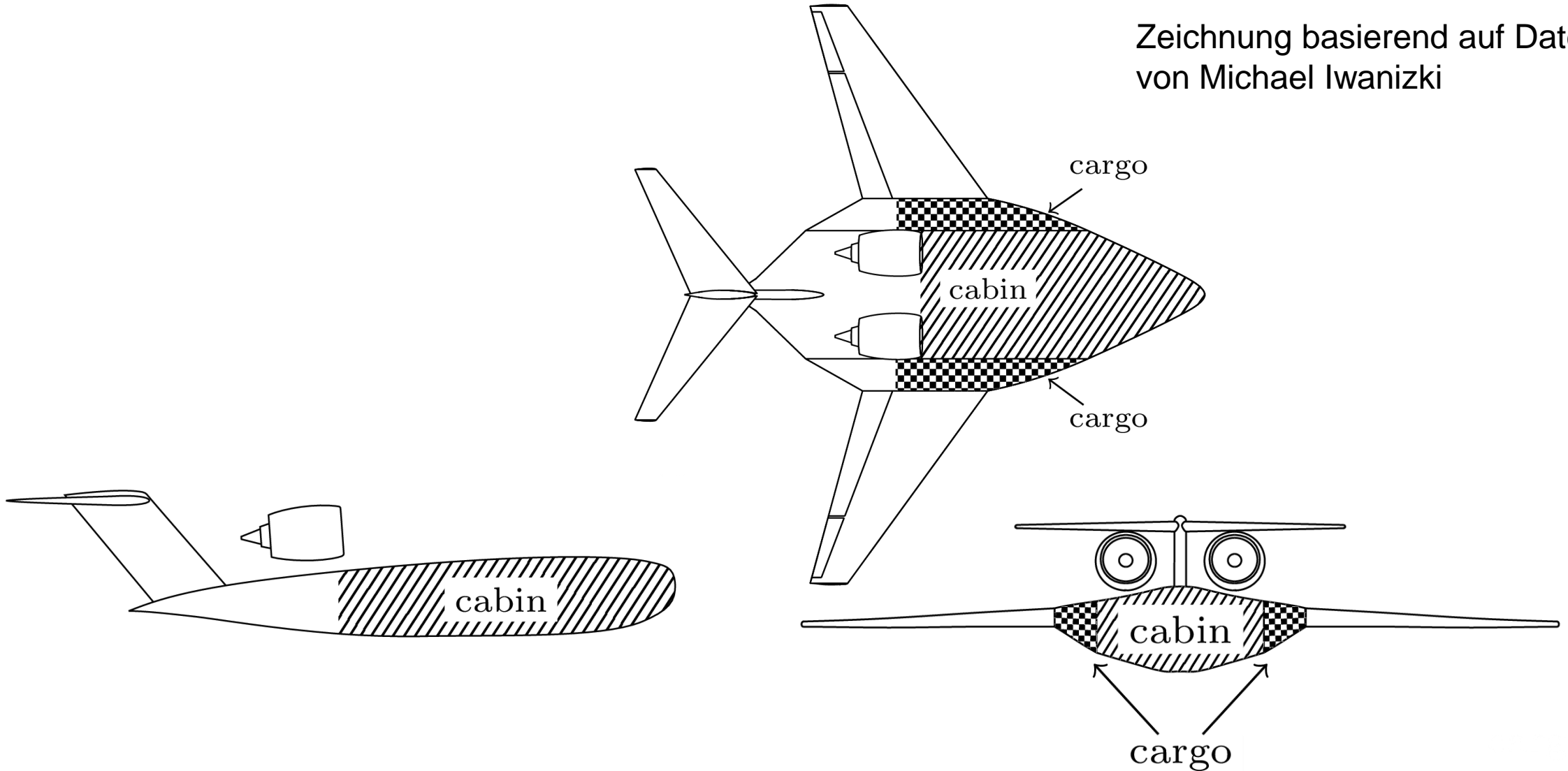
- HWB und Realität – Ein Widerspruch?
 - Ja, wenn man es sich anschaut ...
 - Vielleicht nicht, aufgrund konservativer Annahmen (kontrollierbar durch T-Leitwerk, Triebwerke aufgestielt)

The background of the slide is a blurred, grayscale photograph of an aircraft's wing and engine nacelle. The image is out of focus, showing the contours of the engine intake and the wing structure.

DETAILENTWURF

Layout (eigentlich Vorentwurf, aber passt hier jetzt besser)

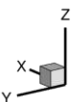
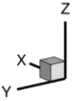
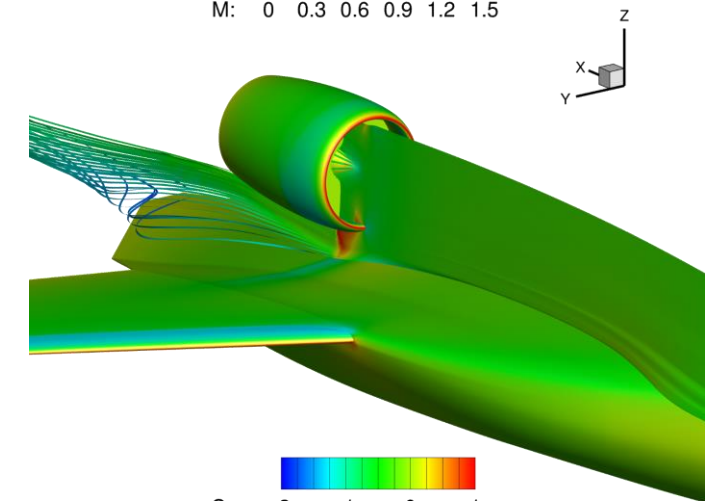
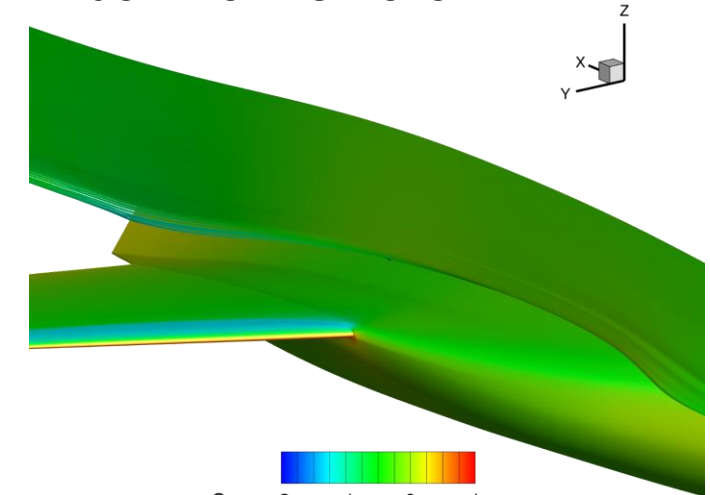
Zeichnung basierend auf Daten von Michael Iwanizki



Bilder: Dennis Keller

Triebwerksintegration über auftriebserzeugender Fläche schwierig

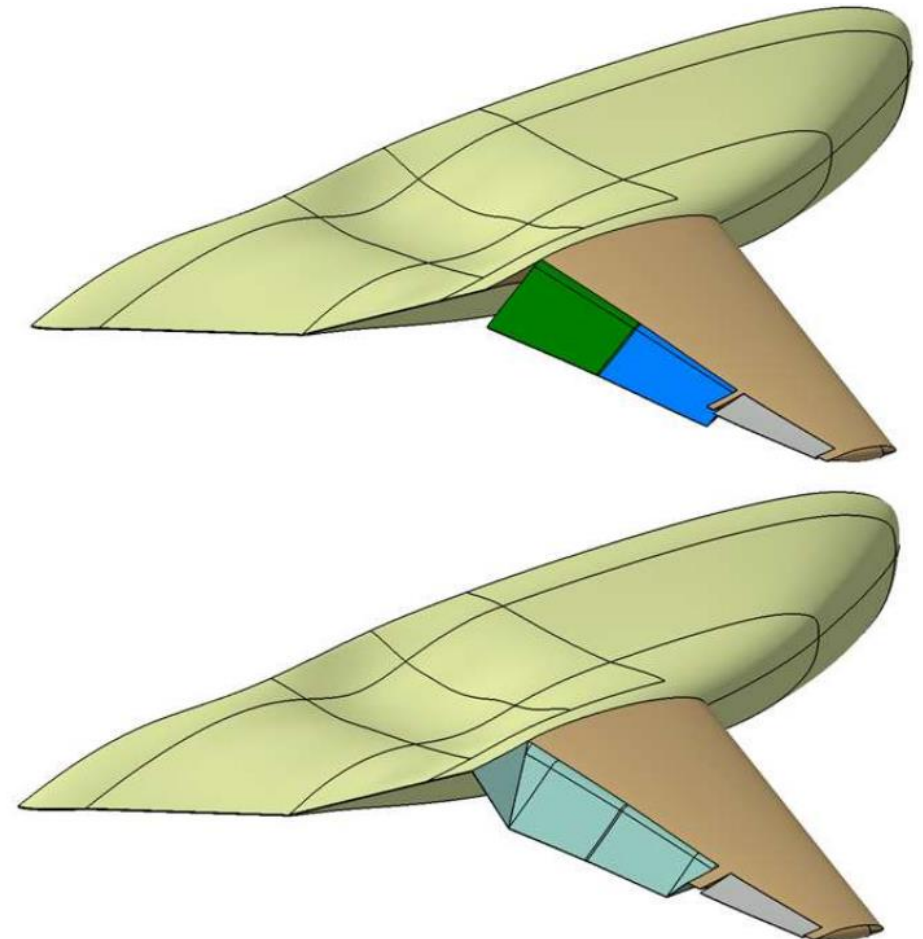
- Initiales Design zeigt grob Widerstandsverdopplung durch Integrationseffekte!
- Nach hinten schieben?
- Form adaptieren?
- Einbetten?



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!

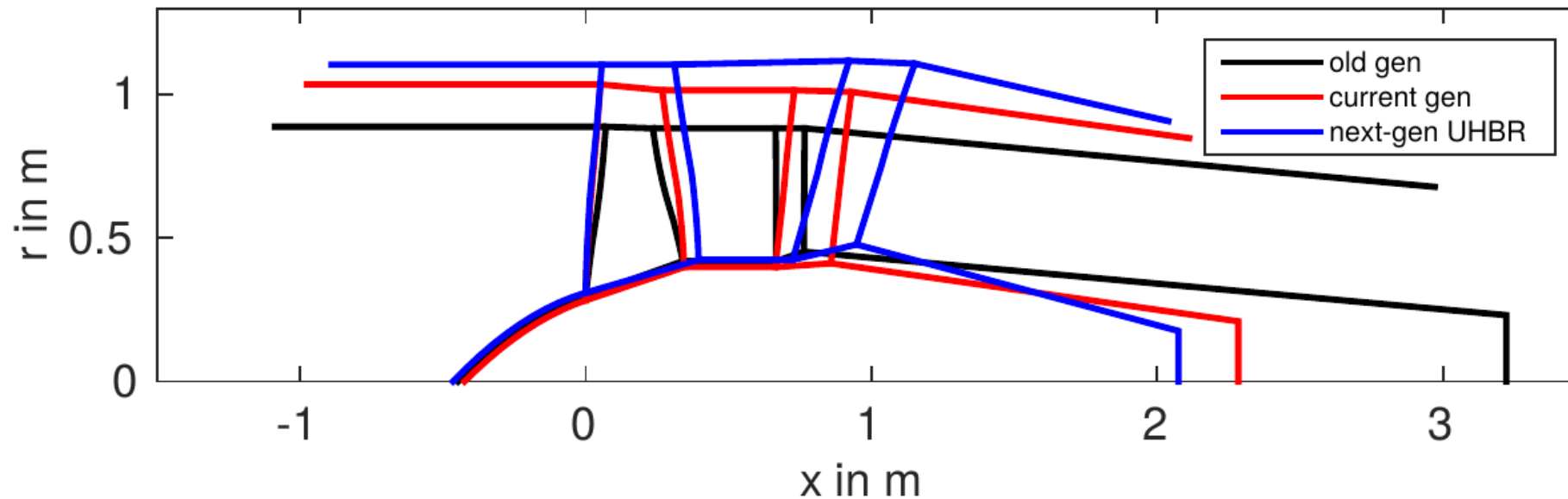


Bild: Antoine Moreau

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

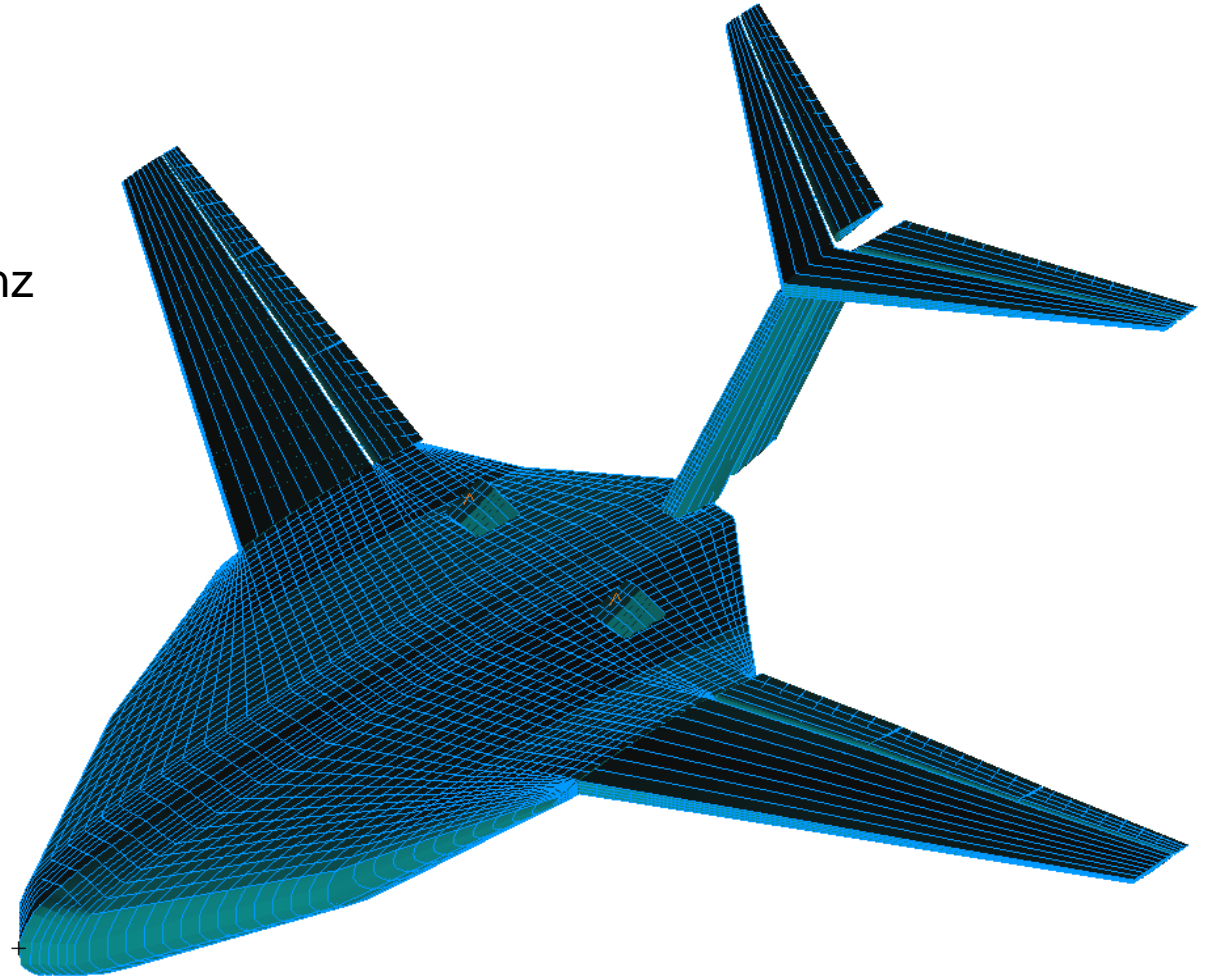


Bild: Tobias Hecken

Fahrwerksdesign

Bilder von Michael Pott-Pollenske



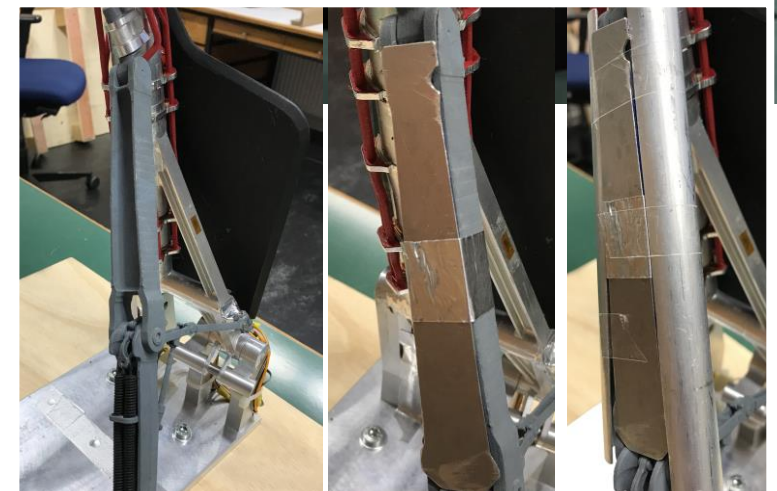
Konventionelles Hauptfahrwerk (wie A320, B373, etc.)

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



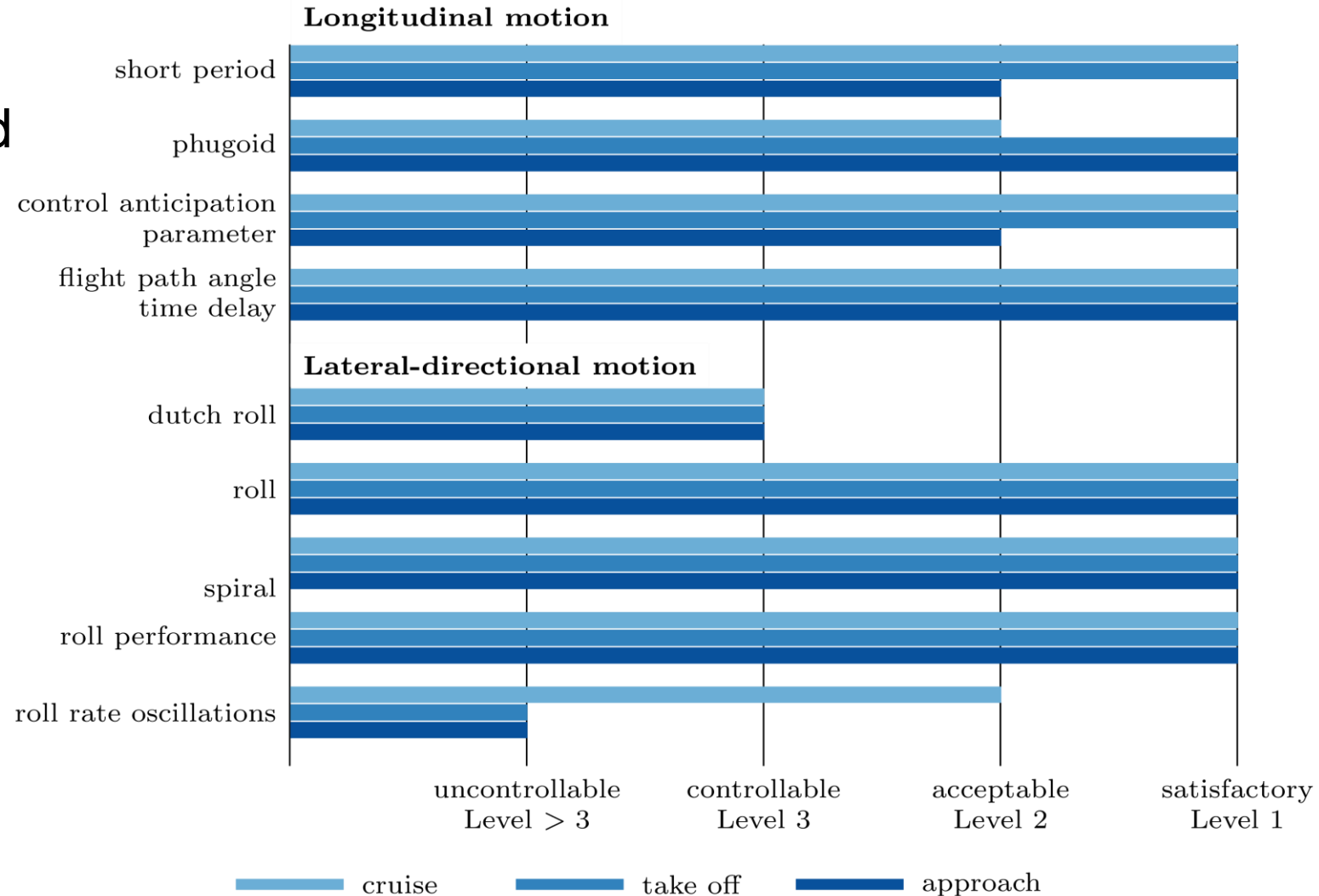


ANALYSE

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



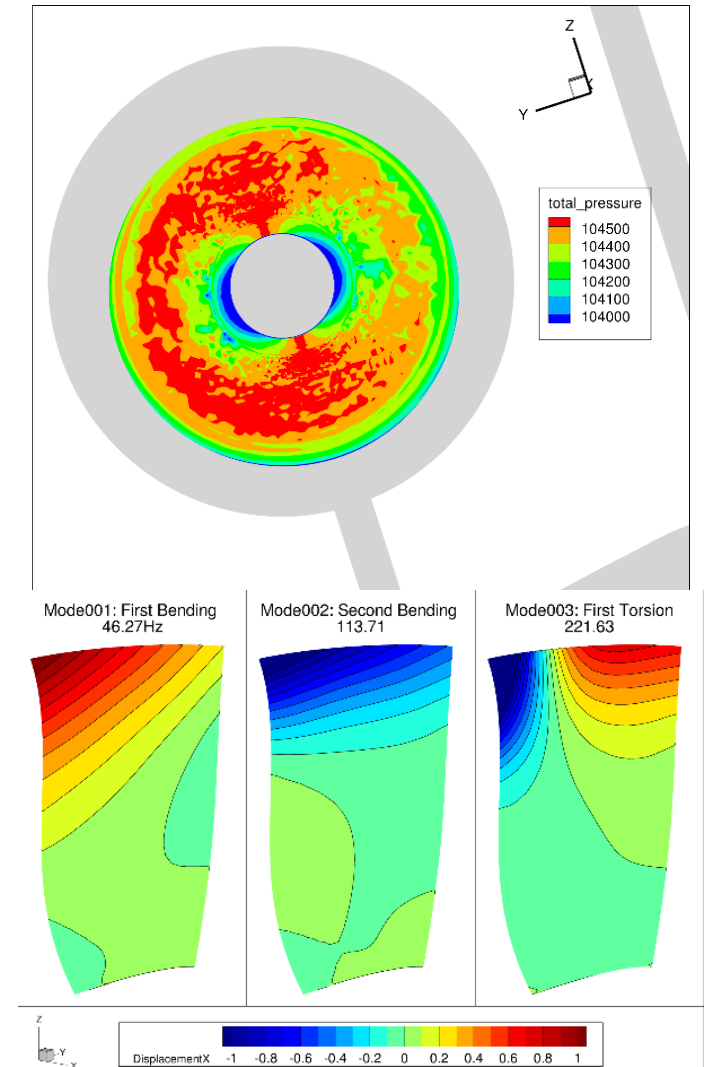
- Leitwerk führt zu weitgehend kontrollierbarem Verhalten
- Designiterationen wären aber noch notwendig



Daten: Yasim Hasan

Einlaufstörungen und Flattern der Schaufeln

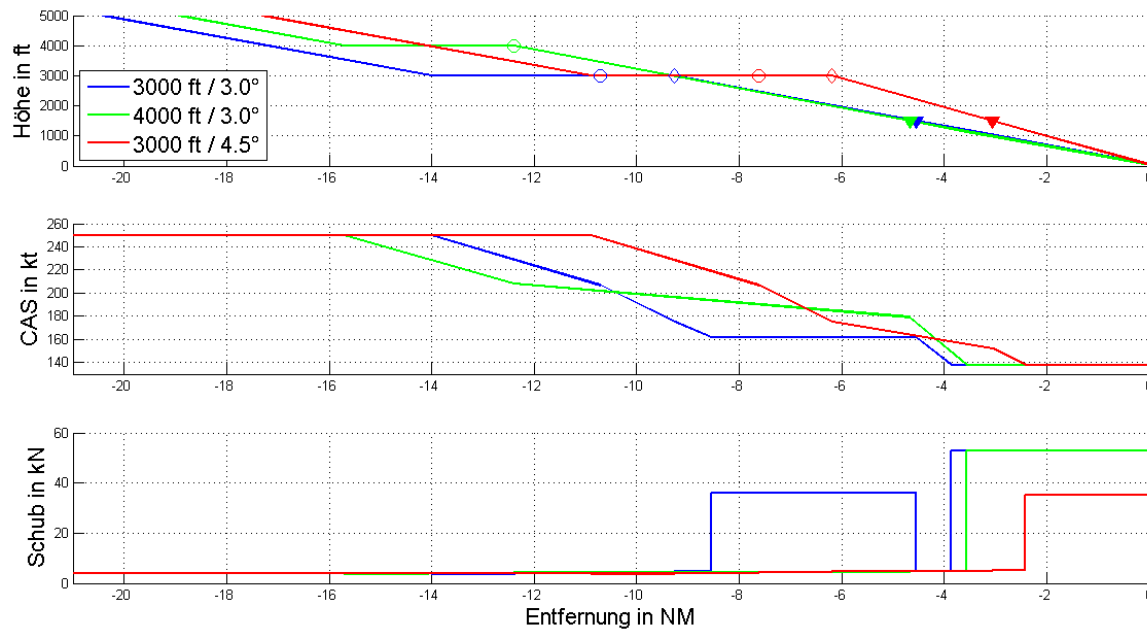
- Keine problematischen Einlaufstörungen
- Aerodynamische Dämpfung durchweg positiv



Bilder: Virginie Chenaux

An-/Abflug

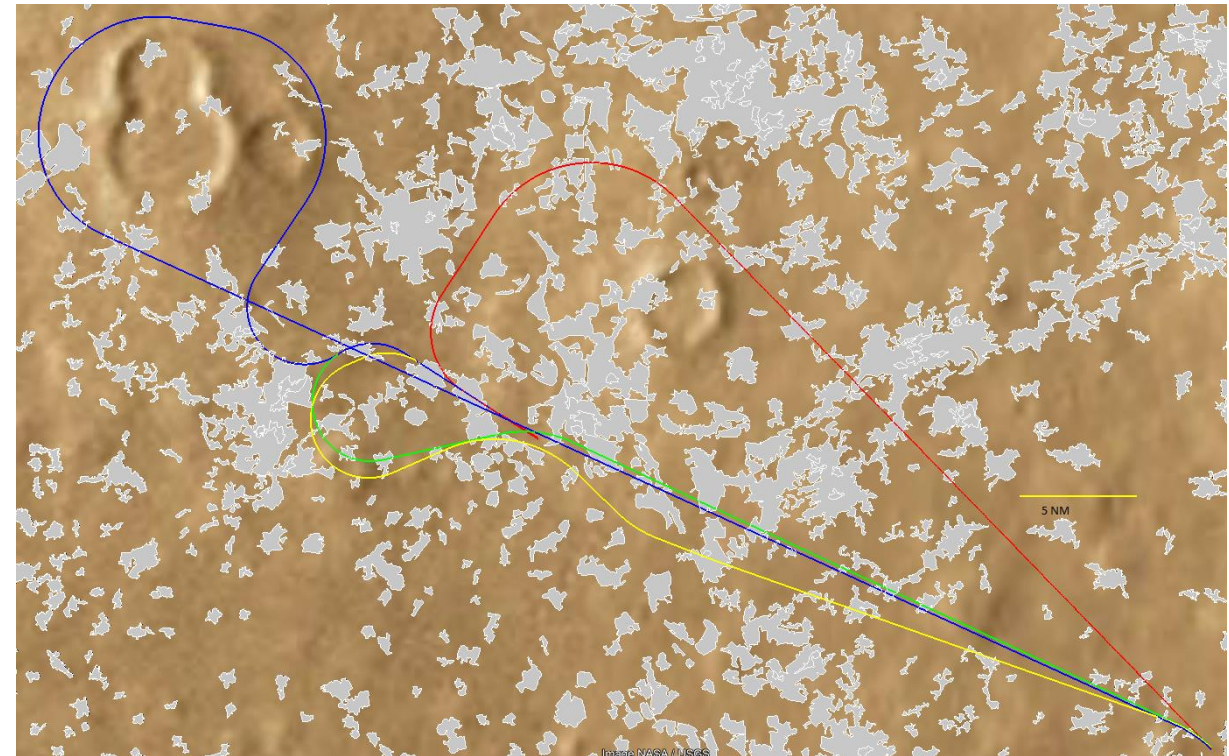
Vertikal



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

Bild: Joscha Kurz

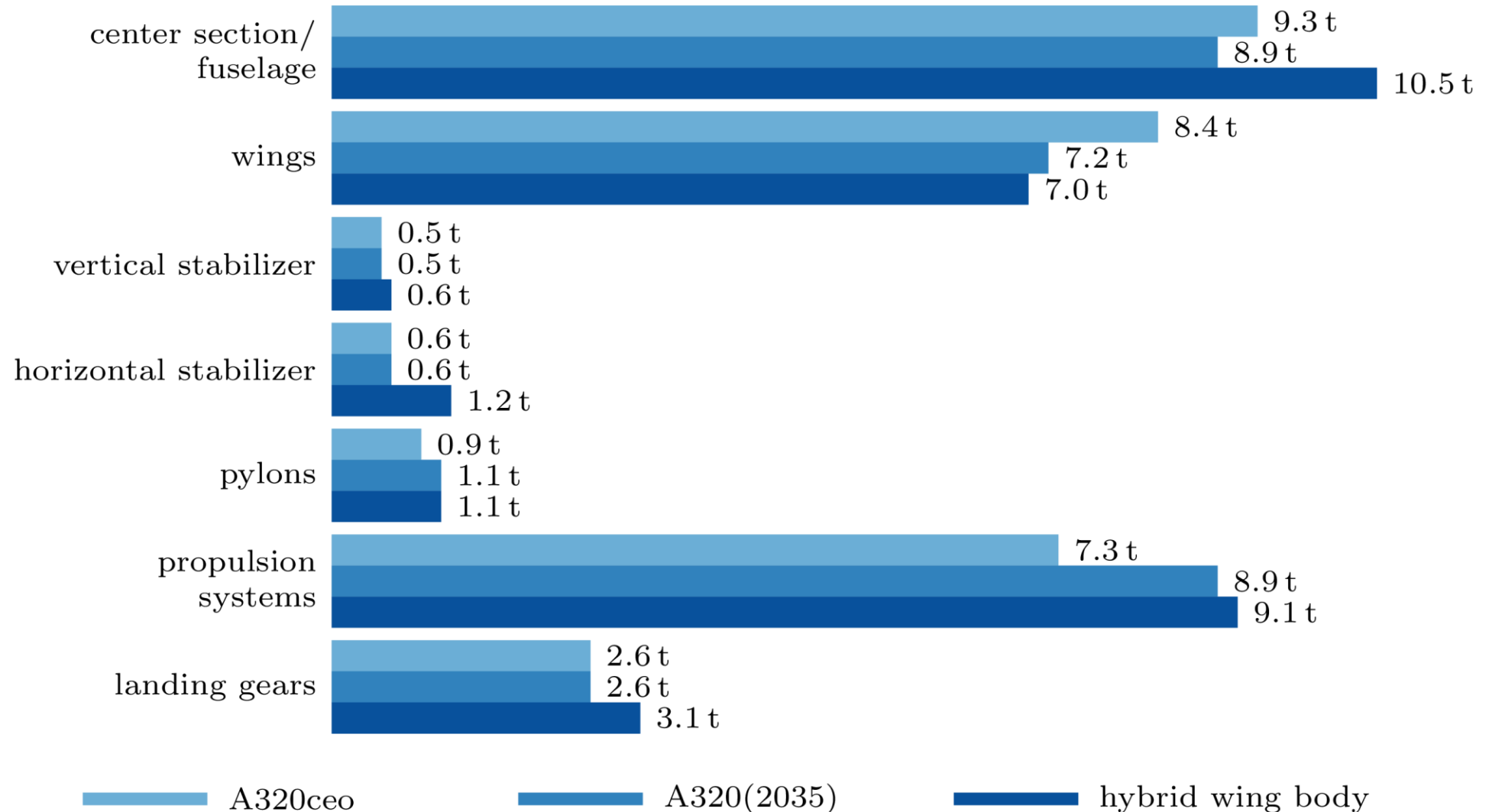
Lateral



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

Bild: Fabian Morscheck

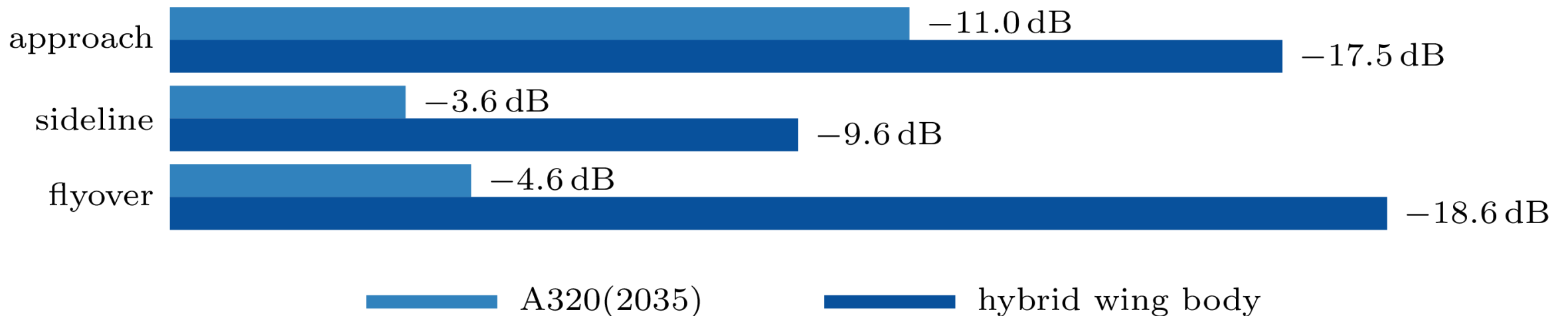
Gewicht: Daten aus Vorentwurf, passt aber besser hier



Gesamt Lärminderung (Vorentwurfsdaten, passt hier aber besser)



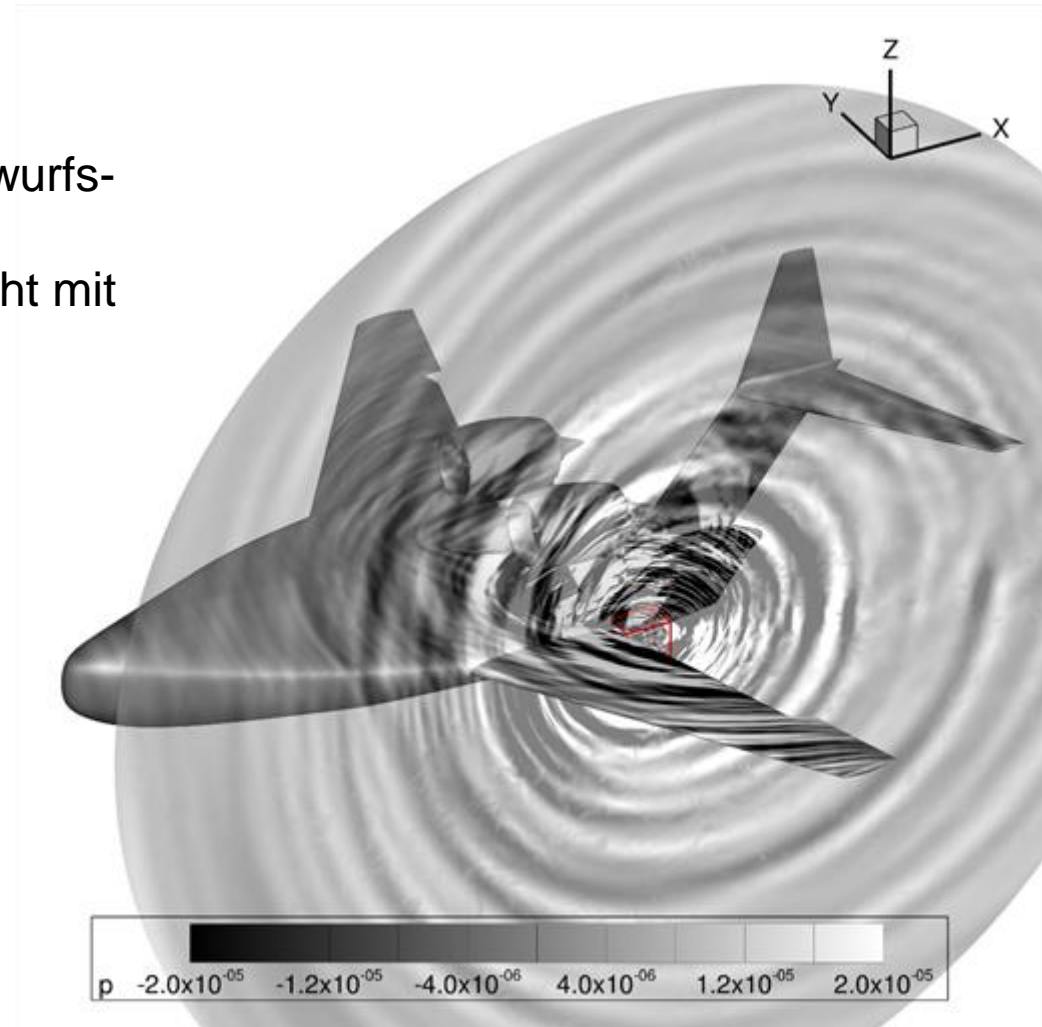
- HWB ist unglaublich leise
- Nahe an Zielen von Flightpath 2050
- Im Bereich des technisch Machbaren



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

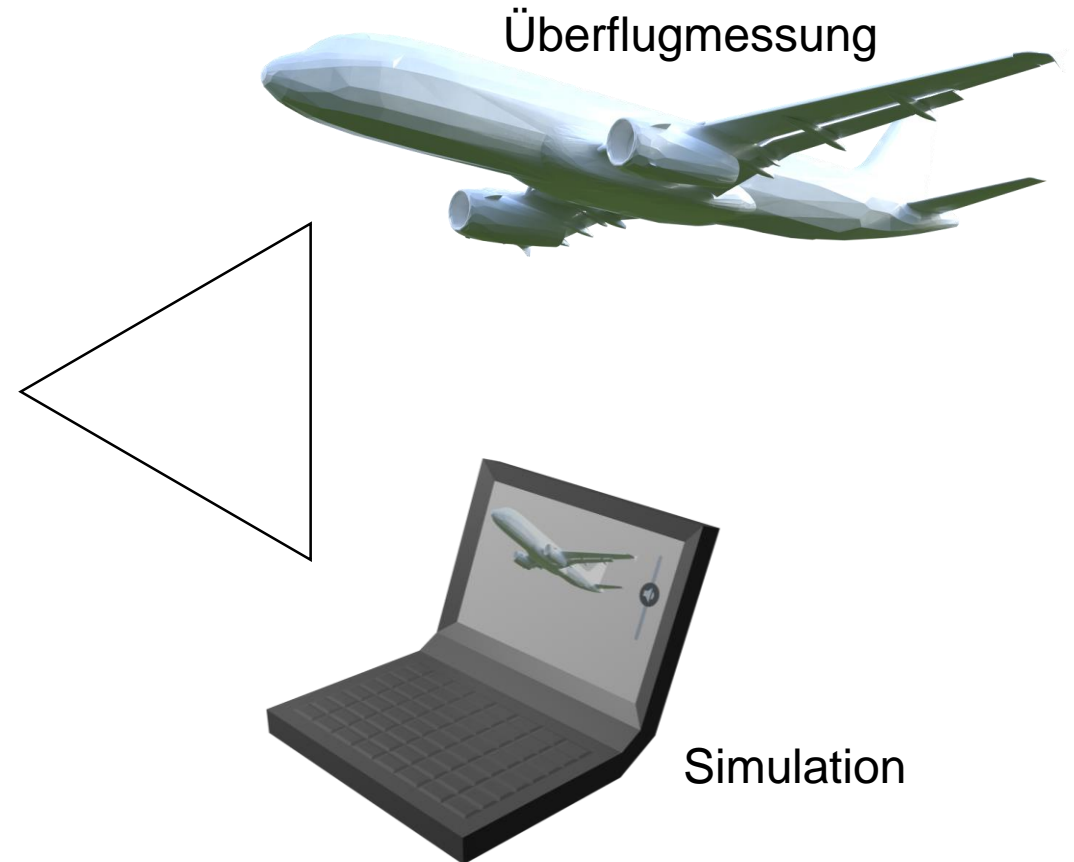
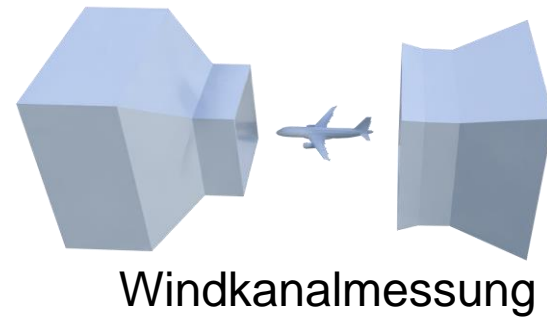


BNW
German Dash-Wind Tunnel

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

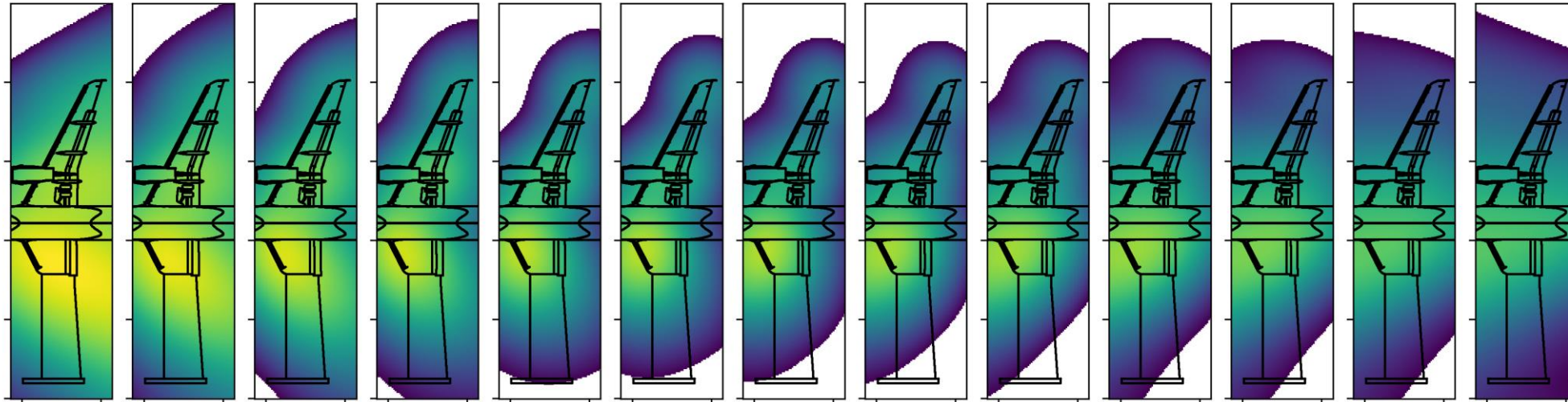


Messergebnisse (1000Hz)

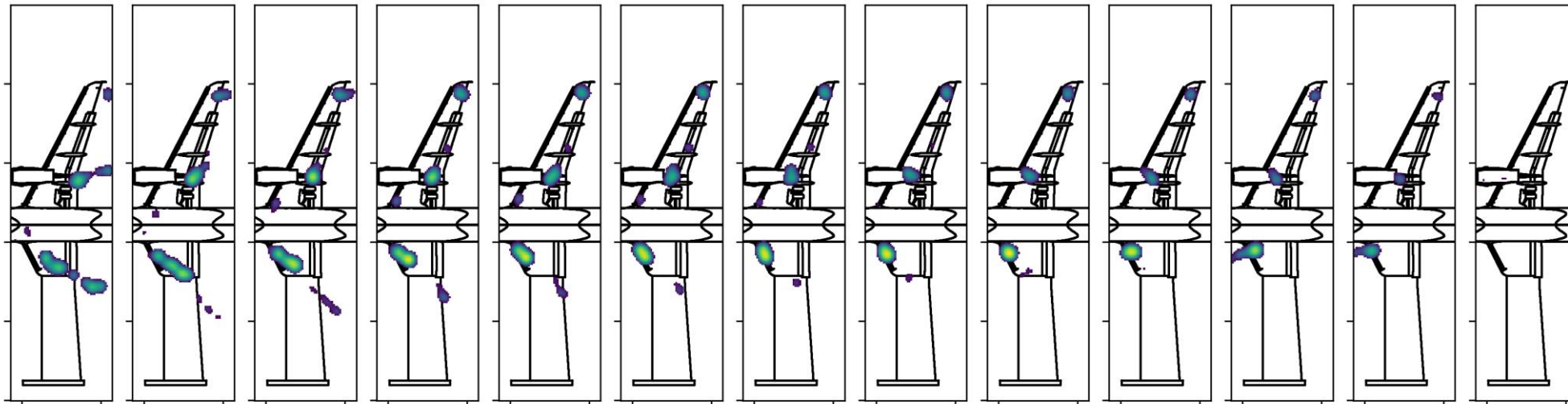
Bilder: Daniel Ernst

$f = 1000$

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



Conventional



Clean-SC

Validierung

Strömung:

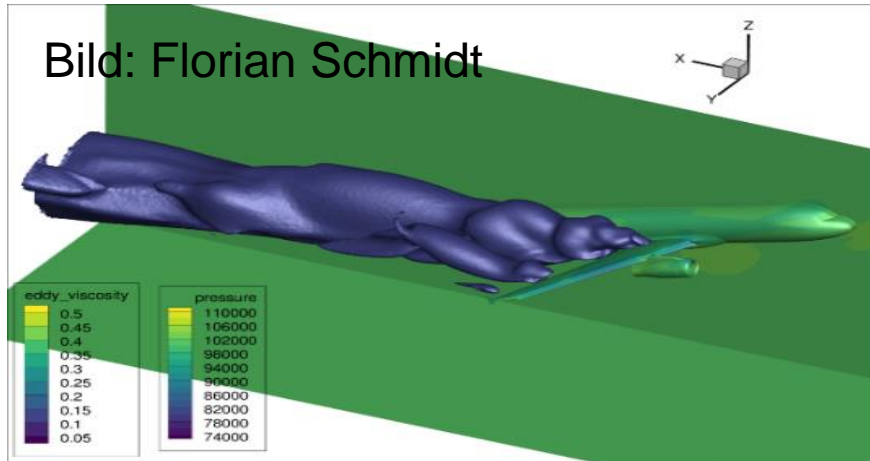
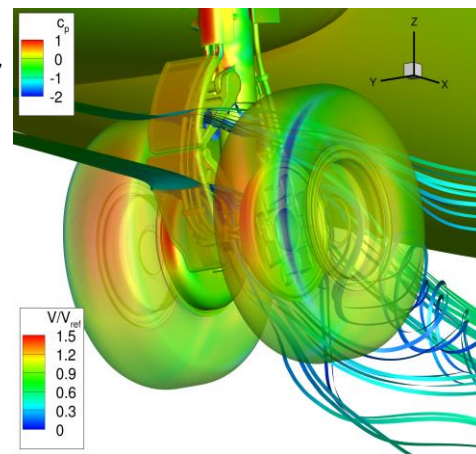
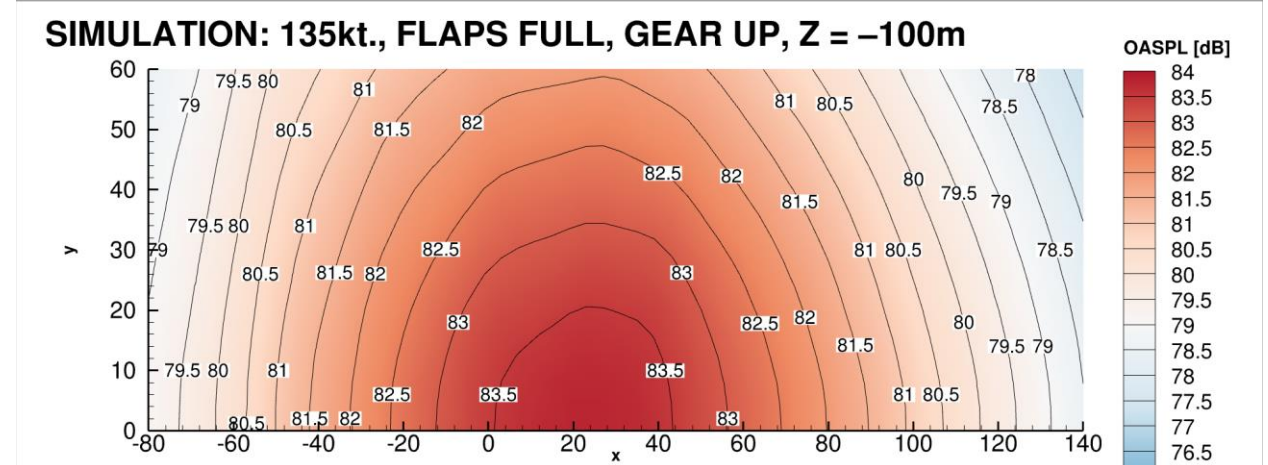
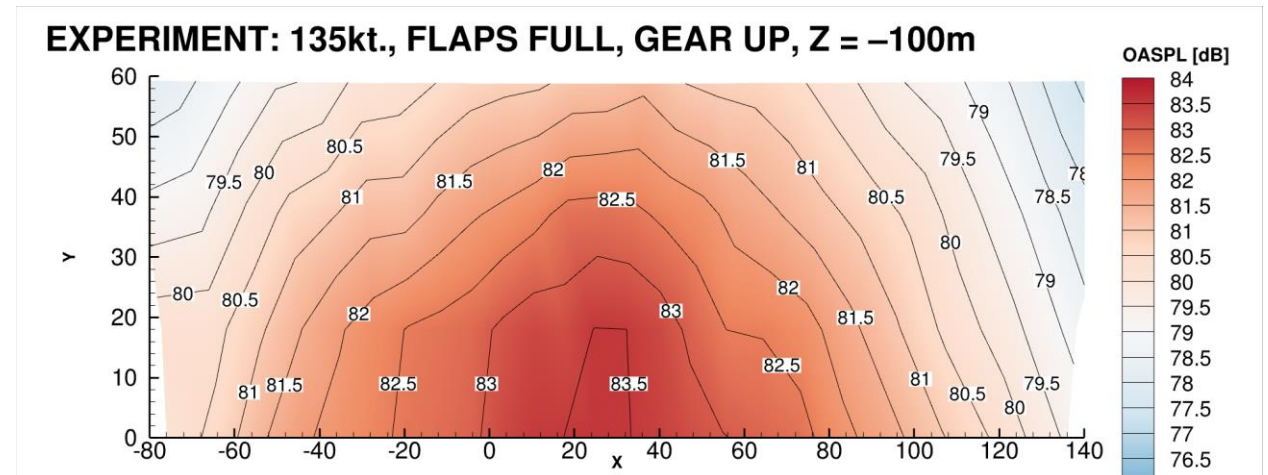


Bild: Dennis Keller



Simulation vs. Flyover, Bild: Stanislav Proskurov



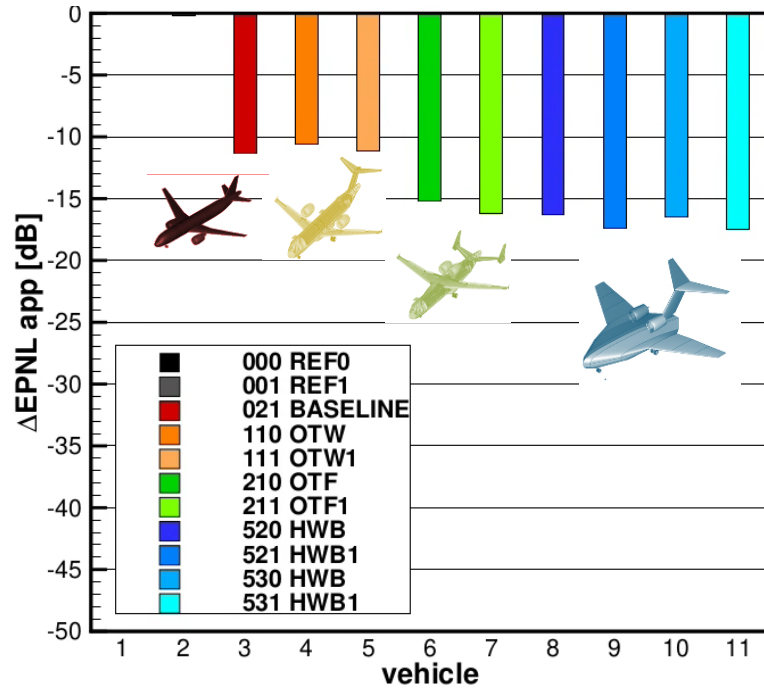
To be continued ...



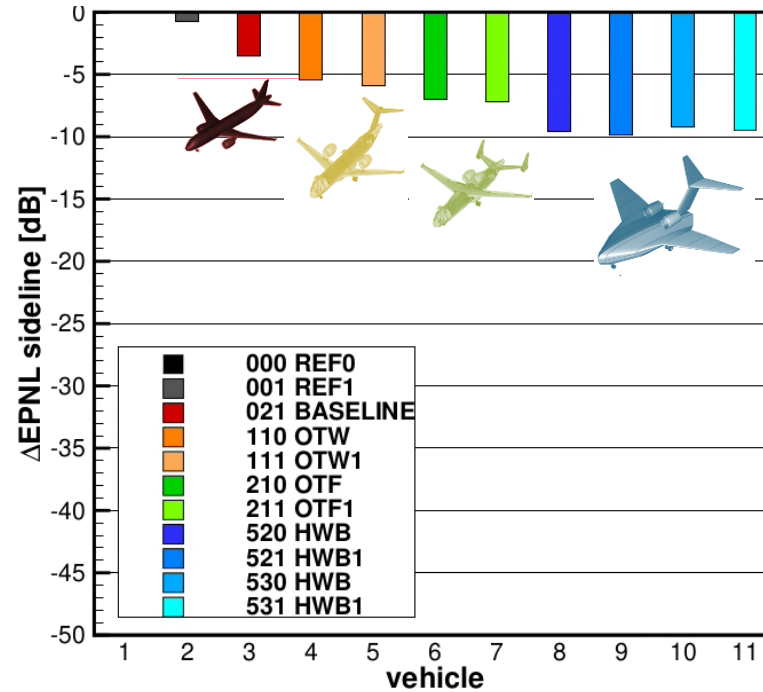
- Erster Vergleich mit Messungen wurde durchgeführt.
- Für bessere Validierung müssen wir tiefer reinschauen:
 - Quellweise Auswertung (Array-Ergebnisse)
 - Verstehen der Unsicherheiten (Messung, Rechnung)

→ **LU(FT)² 2030**

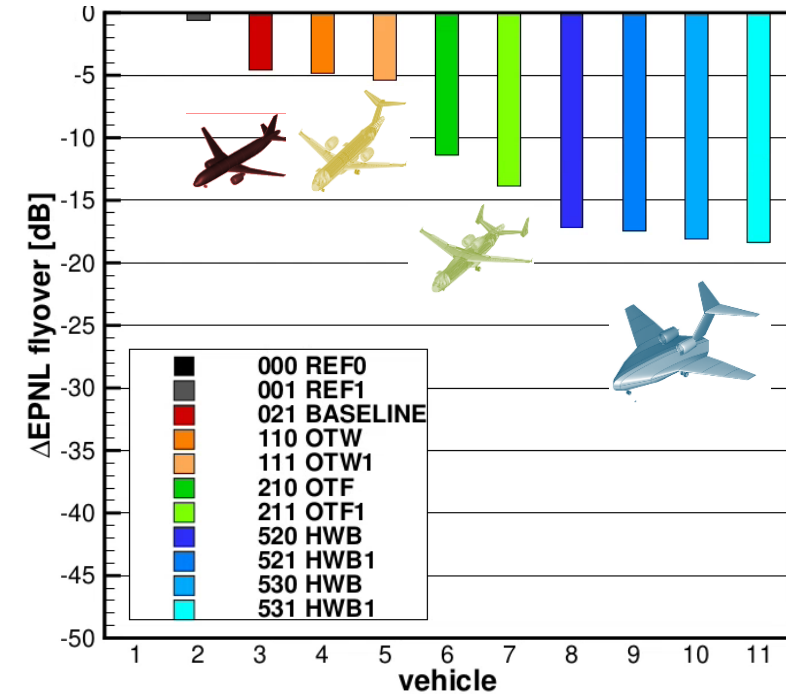
Lärmauswertung (Vorentwurf)



(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