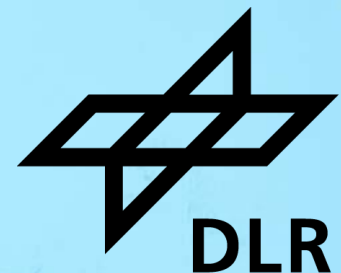


DLR-PROJEKT LU(FT)² 2030

EXPERIMENTE UND SIMULATIONEN FÜR LÄRMMINDERUNGSMASSNAHMEN

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

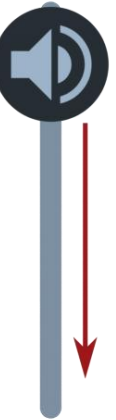
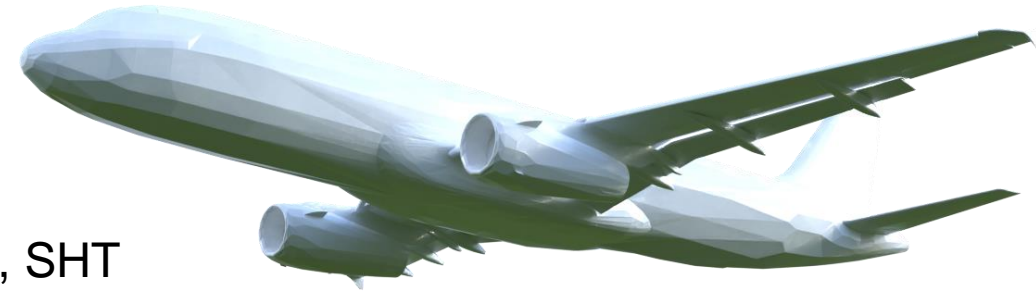


Motivation LU(FT)² 2030



Leises Umwelt-Freundliches Transportflugzeug durch Fortschrittliche Technologiesimulation für 2030

- Laufzeit: Jan. 2024 - Dez.2027
- Beteiligt: DLR-Institute AS, AT, EL, FL, FT, LV, ME, SHT



Austausch mit Externen ausdrücklich gewünscht, deshalb Projekt-Vorstellung hier.

Warum leise Flugzeuge?



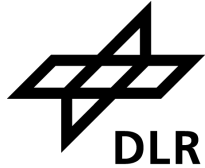
Gesundheitlicher Faktor

- ~1% der Bevölkerung sind $L_{den} > 55$ dB(A) ausgesetzt (entspricht Lautstärke normaler Unterhaltung)
- Laut WHO ist dies gesundheitsschädigend
- Belastet sind Menschen in Flughafennähe

Wirtschaftlicher Faktor

- Bessere Auslastung von Flughäfen durch weniger Flugverbote

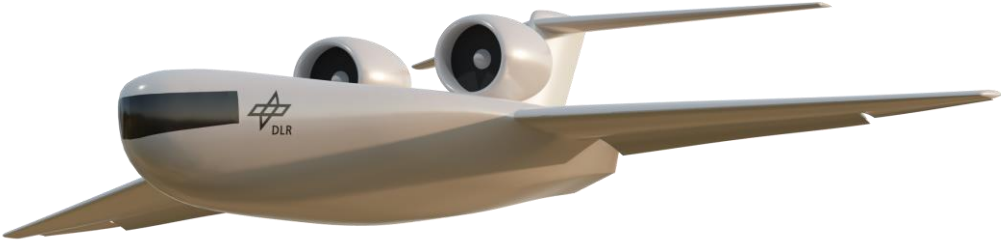
Randbedingungen



Effizienz (Klimawirkung)

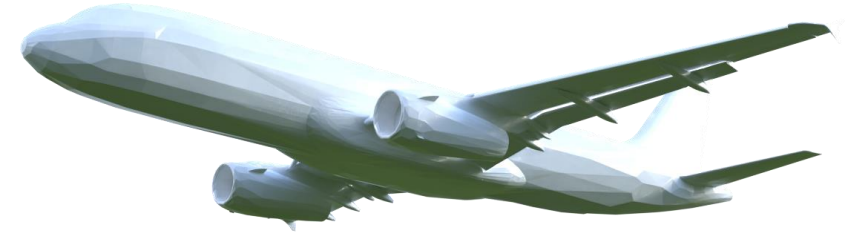


Umsetzungsdauer



Hybrid Wing Body – DLR-Projekt SIAM

Randbedingungen



Keine wirklichen Kompromisse mit Klimawirkung möglich!



Effizienz (Klimawirkung)

Designraum

Umsetzungsdauer



- Entwicklungen im Luftfahrtbereich extrem lang
- Lange Nutzungsdauer

Low noise ATRA (Vorkolloquium DAGA 2023, Delfs)

Concept:

Test of all measures simultaneously at DLR **Advanced Technology Research Aircraft**

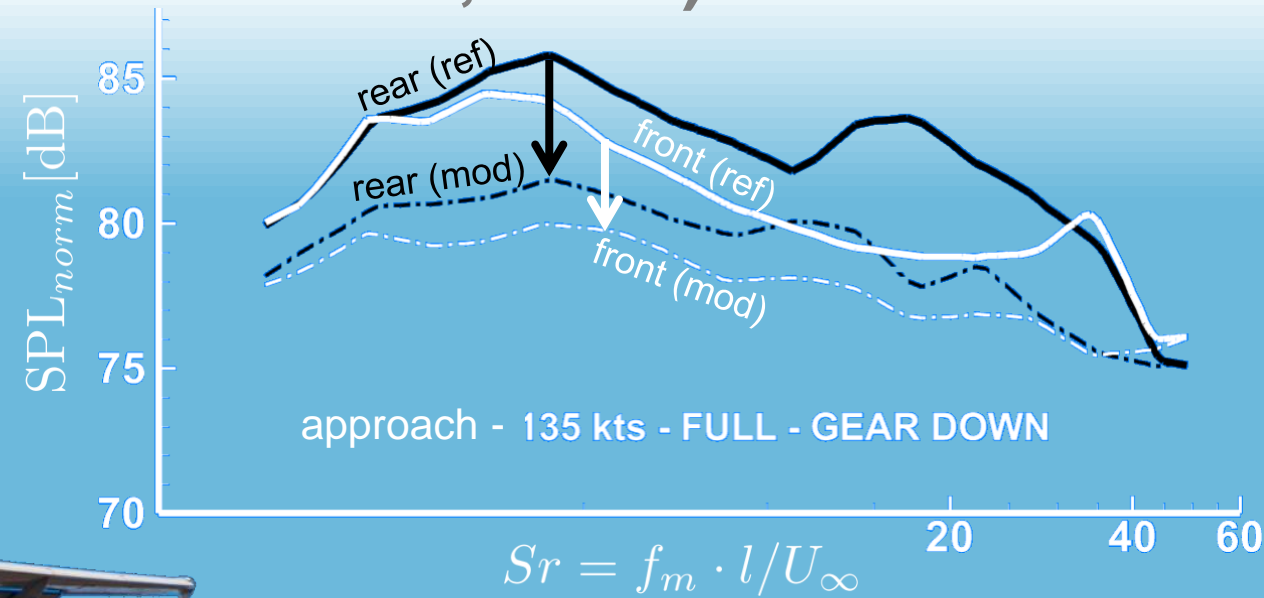
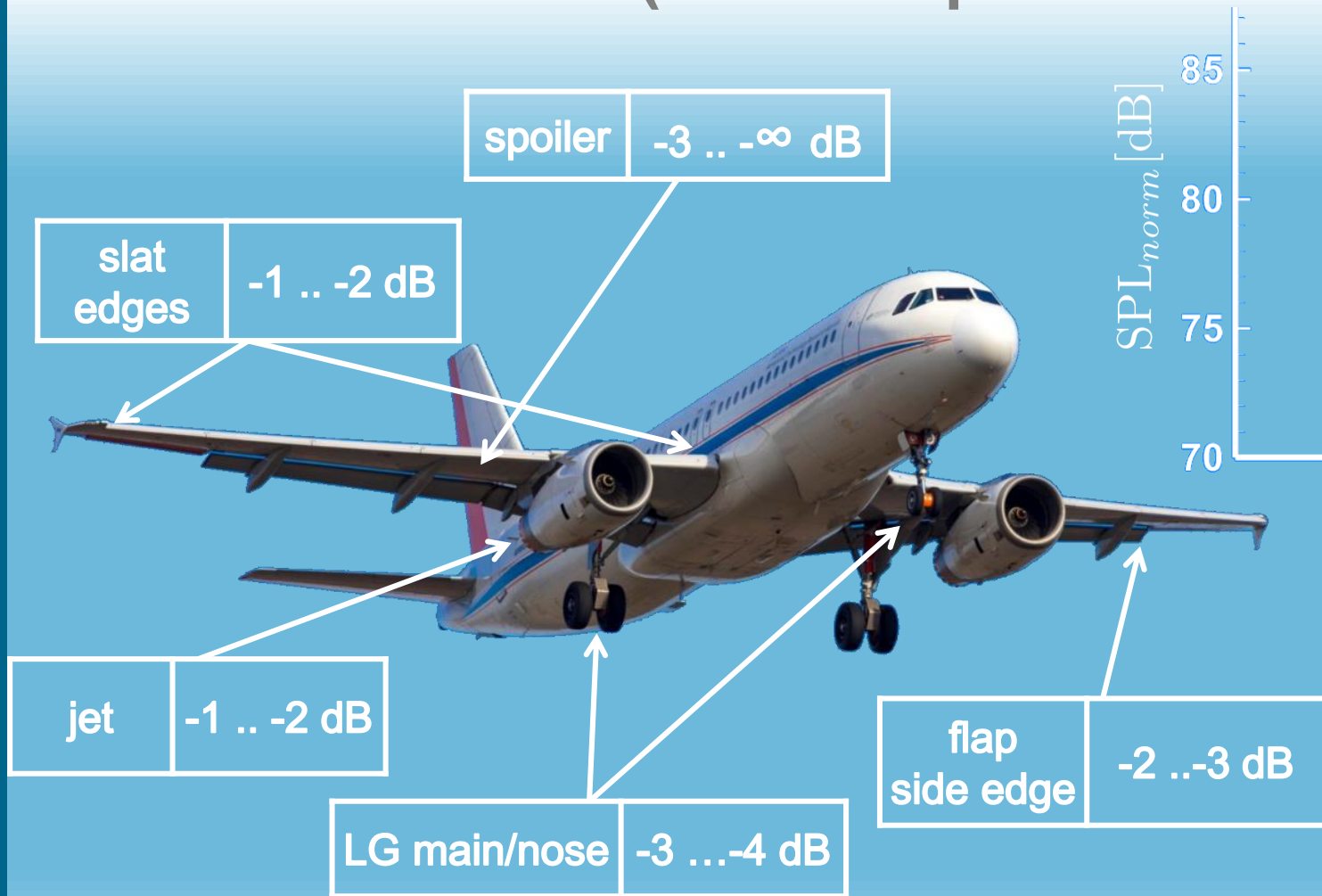
Programme:

- Reference test 2016
- 1. part test 2017 (co-operation with EU AFLoNext)
- 2. part test 2018 (5 years preparation)
- main test, 1. part 2019
- ~~main test, 2. part 202x~~ –prepared, not flown–

Partners:



Low noise ATRA (Vorkolloquium DAGA 2023, Delfs)

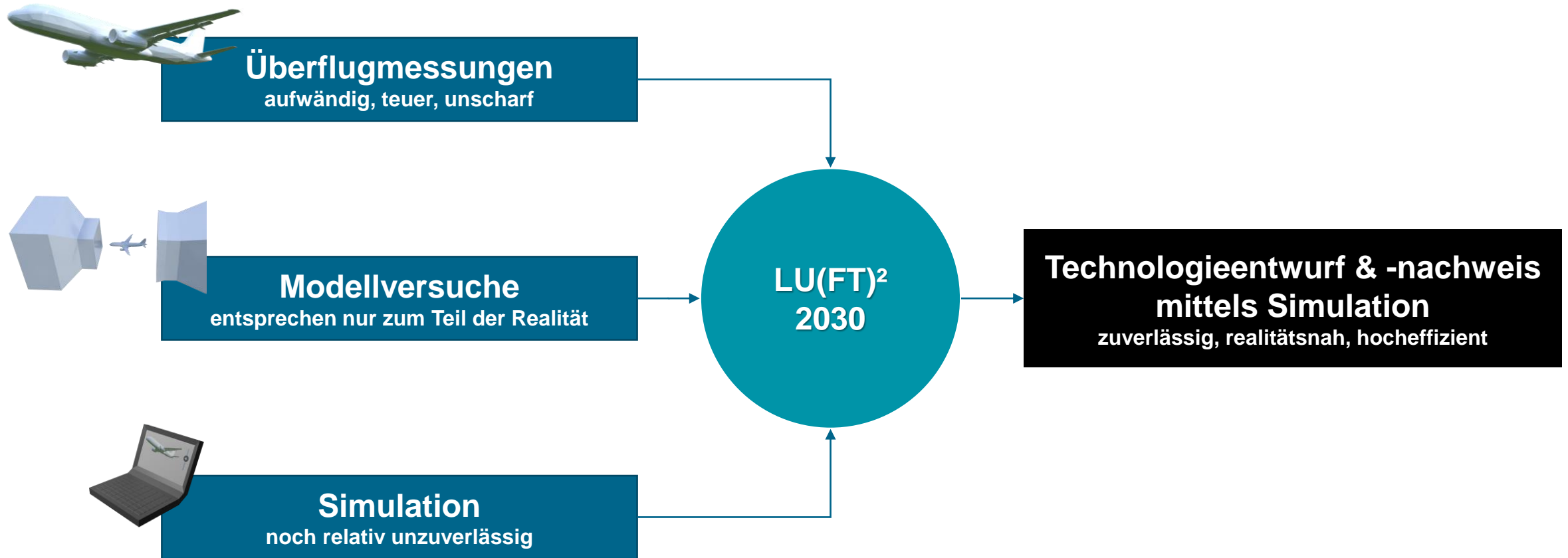


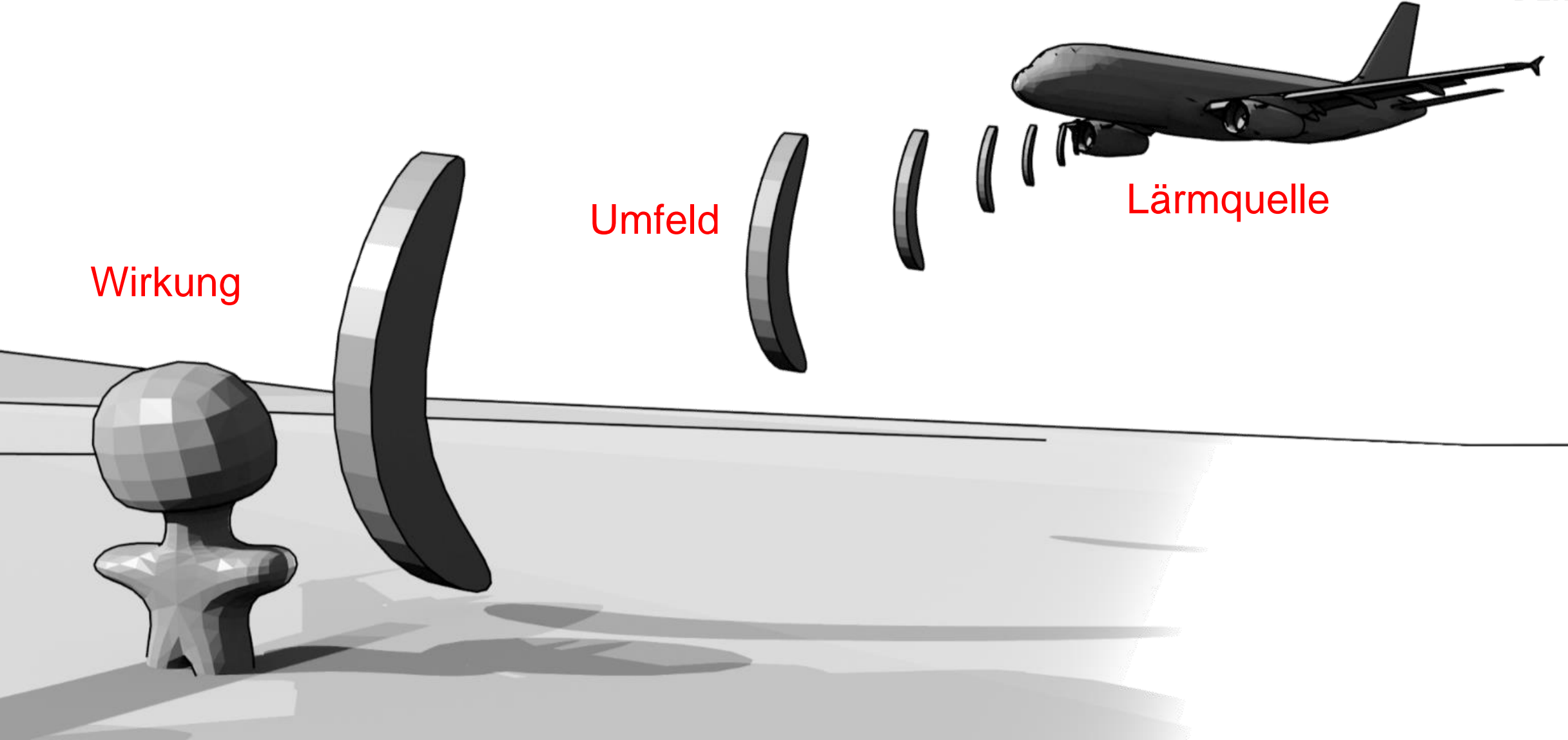
- ✓ broadband reduction 3 – 4 dB for standard approaches
- ✓ spoiler noise eliminated
- ✓ 1 – 2 dB reduction at departure

- up to **5dB reduction** at approach (if including slat modification)

- Wie bringen wir Ideen und Studien zurück ans Flugzeug?
- Wie verbessern wir getestete Technologien?

DLR Projekt LU(FT)² 2030







WINDKANAL-EXPERIMENTE

Lärmquelle (Validierung)

A320 Windkanalmodell

- 1,8m Halbspannweite (Maßstab 1:9,5)
- Mit Schub
 - ähnliche Blattzahl
 - ähnliche Blattspitzenmachzahl
 - ähnliche Akustik!



Lärmquelle (Validierung)

Elektrischer Triebwerkssimulator (EPS):

- Derzeit in Entwicklung durch DNW
- Motor-Länge: ~28 cm
- Motor-Durchmesser: ~11cm
- Dauerleistung: ~290 kW
- Kurzzeit-Leistung: ~350 kW
- Drehzahl: ~25.000 U/min
- Akustische Ähnlichkeit zu Original-Triebwerken



MEMS-Drucksensoren für Analyse:

- Einlauf und Austritt mehreren Ringen à 120 Sensoren
- Fernfeldarray mit 7200 Sensoren

PIV im Triebwerksnahfeld

Ziel:

- Rückschlüsse auf Schallentstehungsmechanismen
- Interaktionslärm Triebwerk – Flugzeugzelle
- Verbindung Nah- und Fernfeld, Strömung

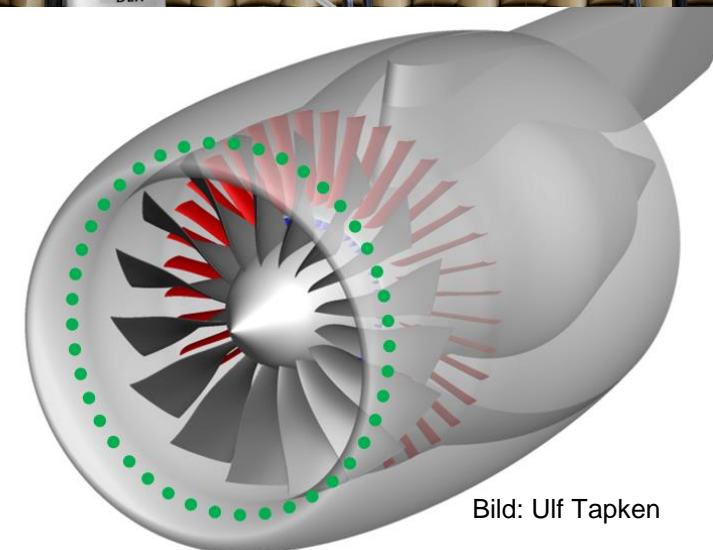
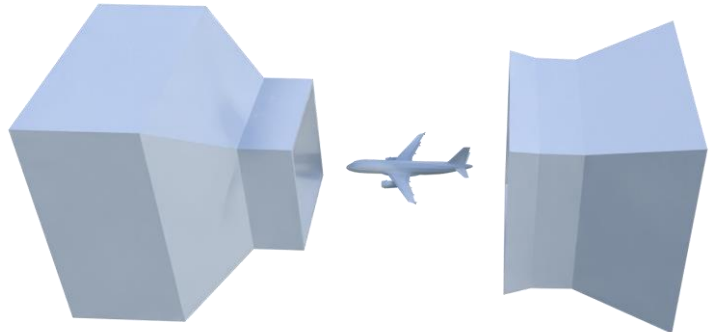


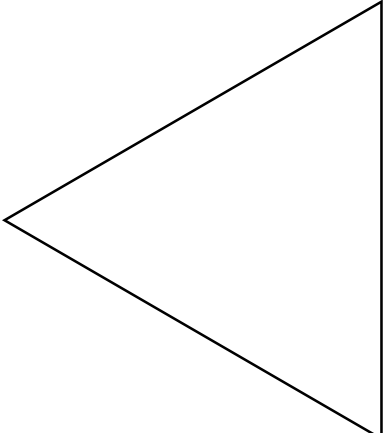
Bild: Ulf Tapken

VALIDIERUNG

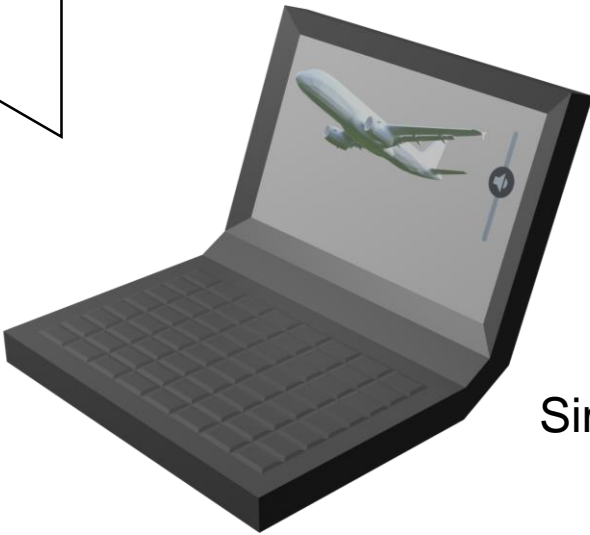
Validierung



Windkanalmessung



Überflugmessung



Simulation

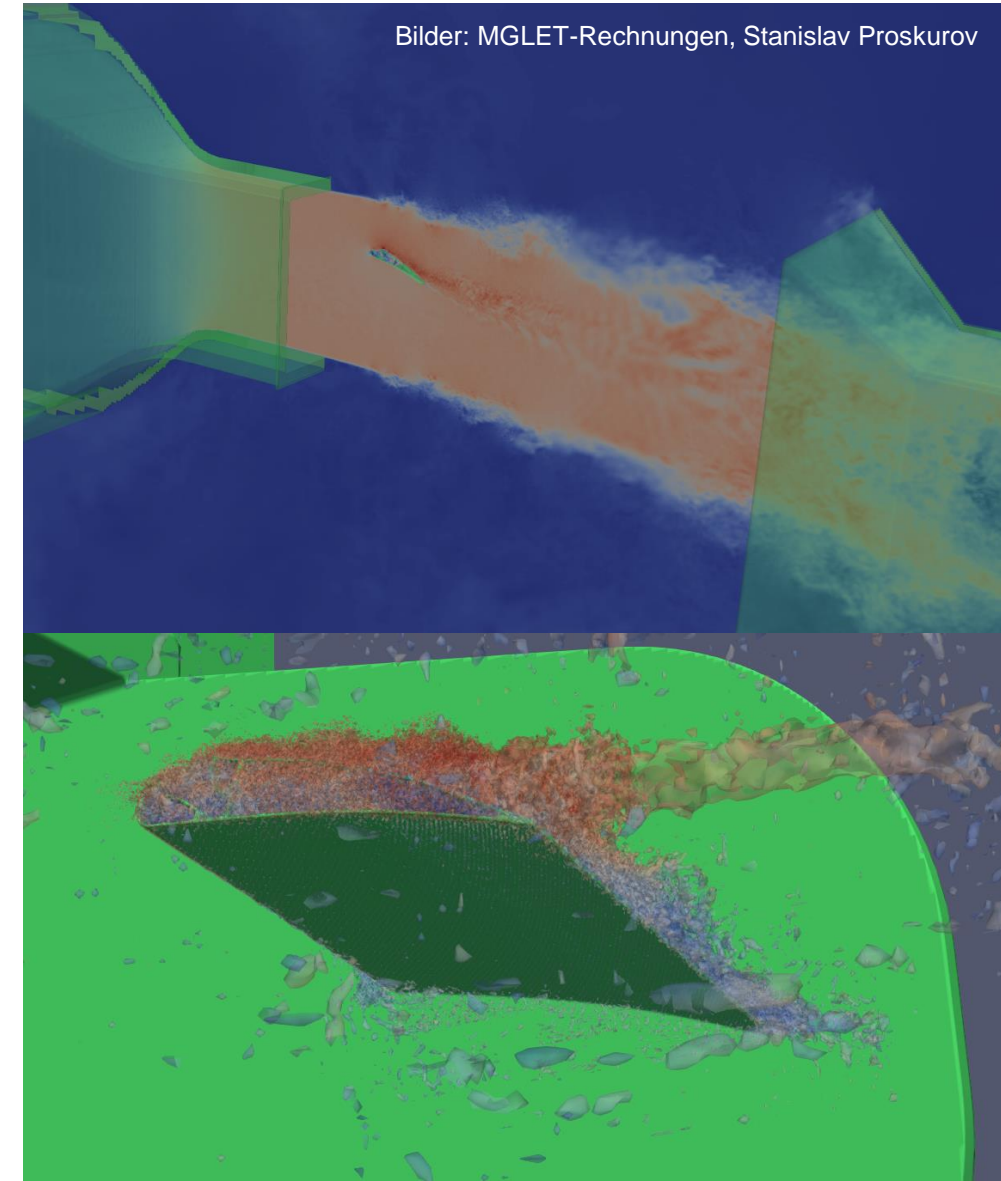
Strömung:

- Gesamtmodell URANS mit drehendem Fan.
- Innenströmung Triebwerkssimulator – Abgleich experimentell vs. Auslegungsdaten



Akustik

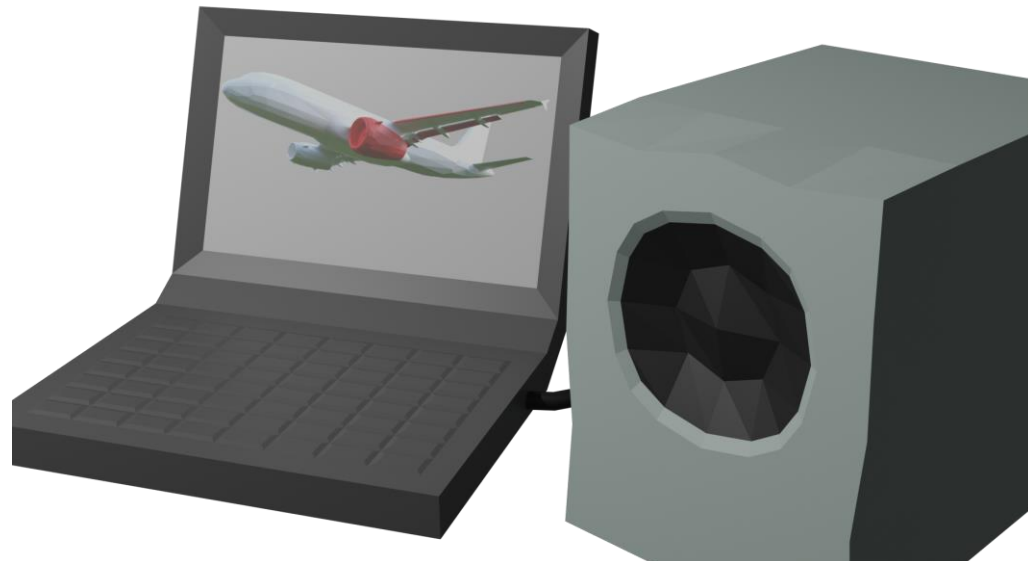
- LES/LBM, teuer aber tieferen Einblick in Schallquellen
- Hierarchisch kartesisch mit modellierter Turbulenz
- Analytische Modelle
- Empirische Modelle
- Betrachtung von Unsicherheiten



Wirkung





Auralisierung

- Tonspur aus virtuellen Signalen
- Vergleich mit Überflugmessungen



(Flughöhe ~200m, Schub: Flight idle)



Seitliche Ablage	Y = 35m 	Y = 115m 
Fahrwerkseffekt	Ohne Fahrwerk 	Mit Fahrwerk 
Geschwindigkeitseffekt	135 kts 	170 kts 
Klappeneffekt	Full 	Flaps 3 (weniger) 



TECHNOLOGIEN UND BEWERTUNG

Wirkung – Was stört?



- Klassisch: Effective Perceived Noise Level (EPNL)
- Gibt es ein Gütemaß, das besser geeignet ist als der EPNL?
- Was sind die wichtigsten Elemente? Maximallautstärke? Dauer? Art des Geräusches?

Hörversuche mit synthetischen Signalen!

Quellärminderung

- Welche LNATRA-Maßnahmen haben Potential für Verbesserung?
- Virtuelle Verbesserung der verschiedenen Maßnahmen.
- Vielversprechende neue Maßnahmen untersuchen.



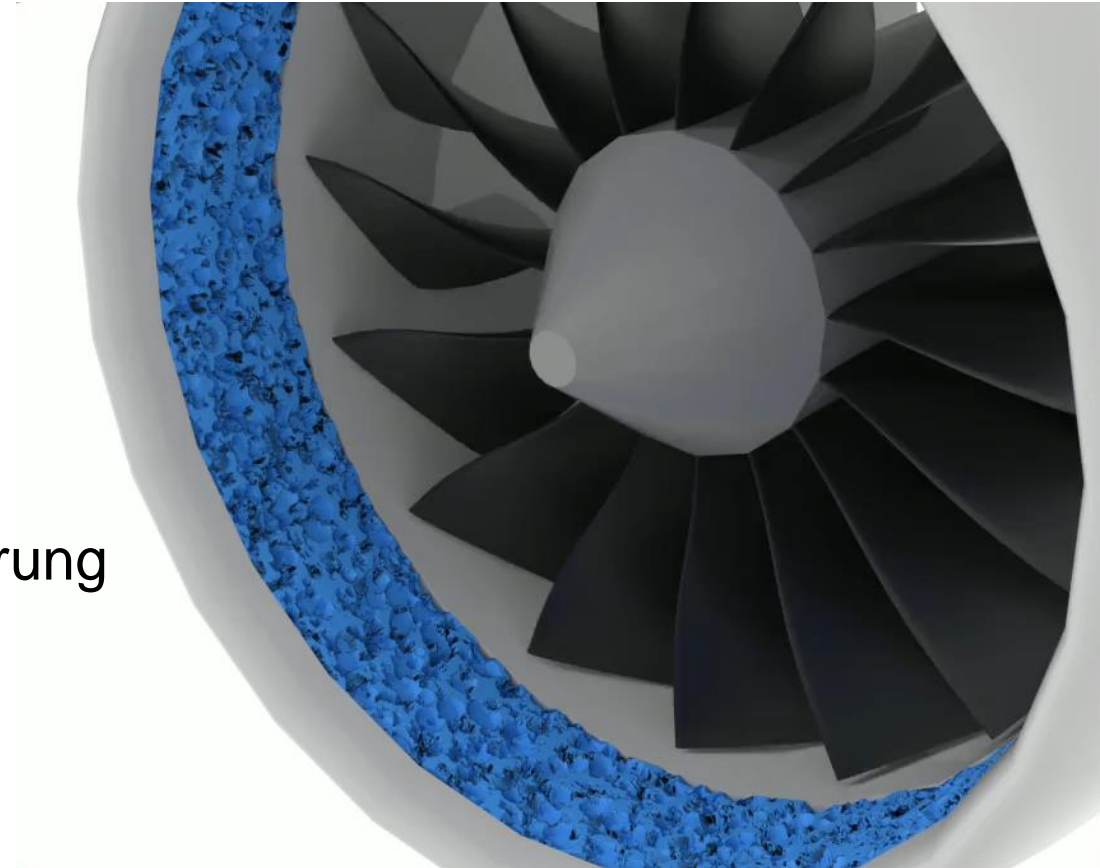
Poröse Materialien und Strukturen als Liner

- Potential im Modellmaßstab?
- Übertragbarkeit auf reale Triebwerke?
- Potential additiv gefertigter Strukturen?

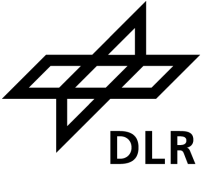
Bereits erfolgt:

Aufbau von Prüfständen zur Materialcharakterisierung
(Impedanz, Durchströmungswiderstand)

→ Inputs für Modellierung



Quelllärminderung



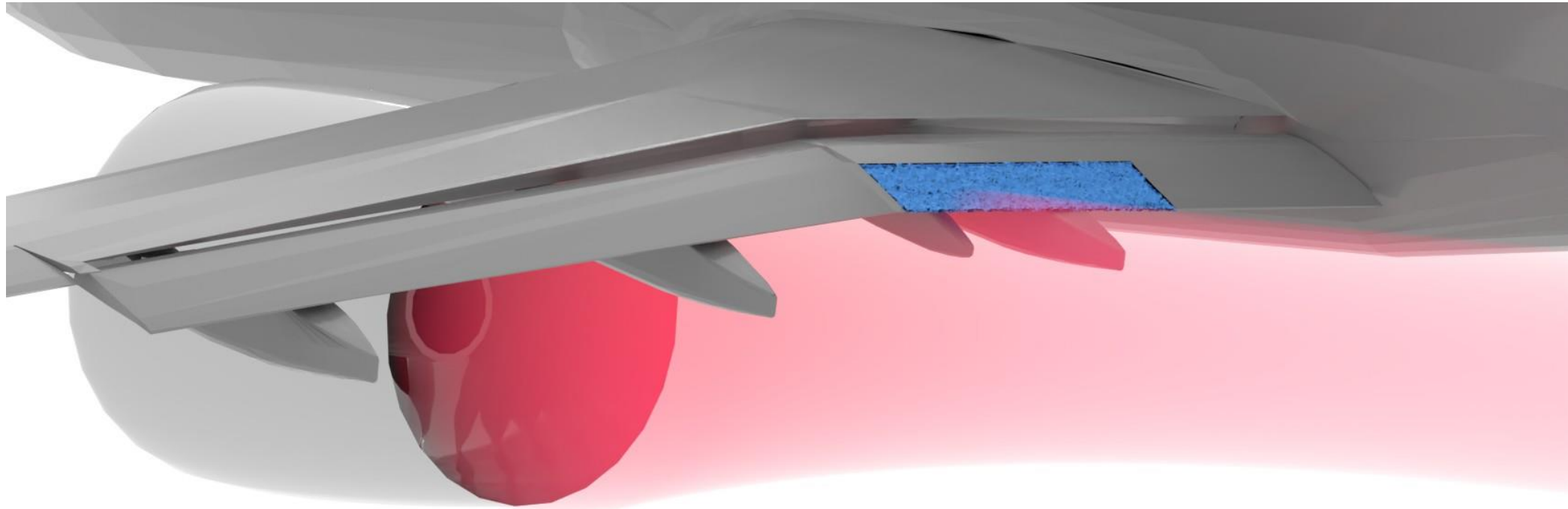
Reduktion von Interaktionslärm

Fahrwerk-Klappe

Jet-Klappe

Slat-Cove

...



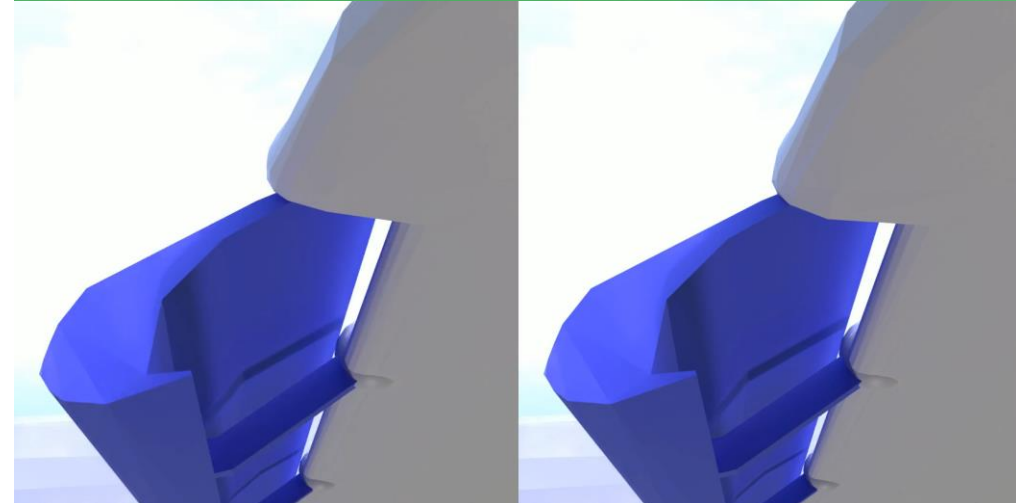
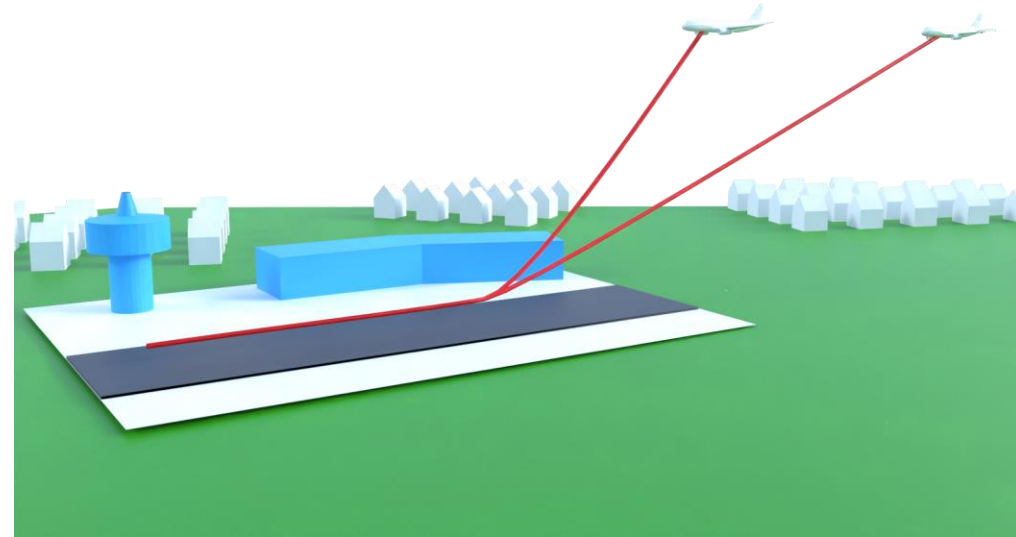
Lärmarme An- und Abflugverfahren



Technologien für lärmarme/effiziente An- und Abflugverfahren

- Steilere Anflüge
- Kontinuierlich verstellbare Hochauftriebshilfen
- Vorteile elektrischer Triebwerke (e.g. Windmilling, Leerlaufschub)?

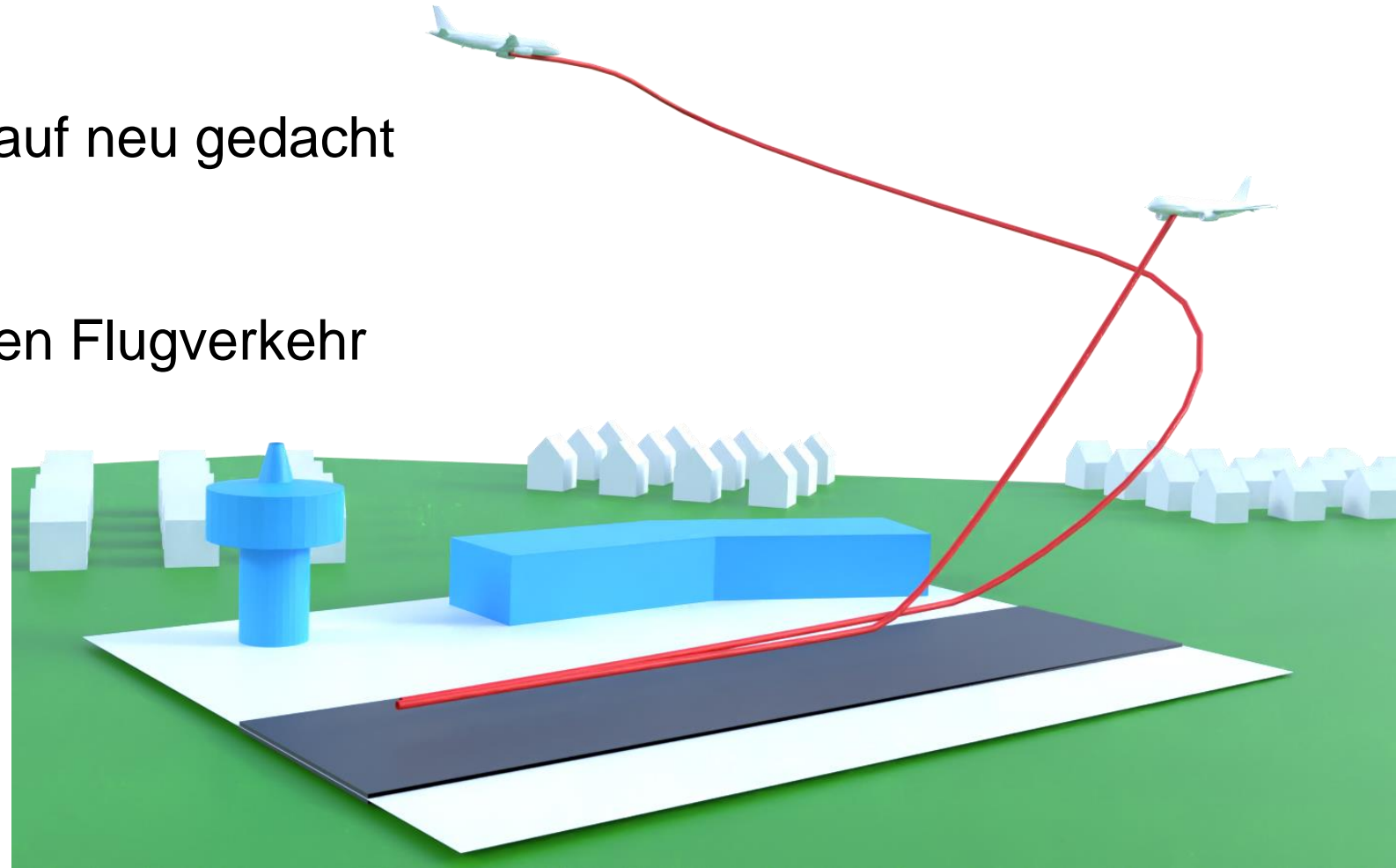
Flugversuch im Air Vehicle Simulator AVES



Greenfield-Studie und Gesamtbewertung

... was wäre, wenn ...

- Flugverfahren von Grund auf neu gedacht werden könnten.
- Lärmarme Flugzeuge in den Flugverkehr eingebracht werden.



Zusammenfassung



Vorhandene Datenbasis ...

... weiterverwenden ...

... vervollständigen ...

Vorhersage-Methoden validieren und verbessern

Wege aufzeigen, bis 2030 den Fluglärm deutlich zu reduzieren

Ohne Kompromisse bei der Effizienz!