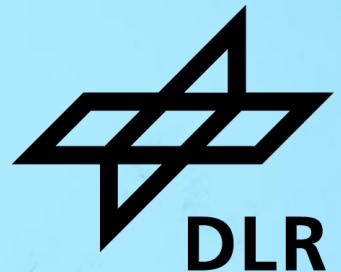
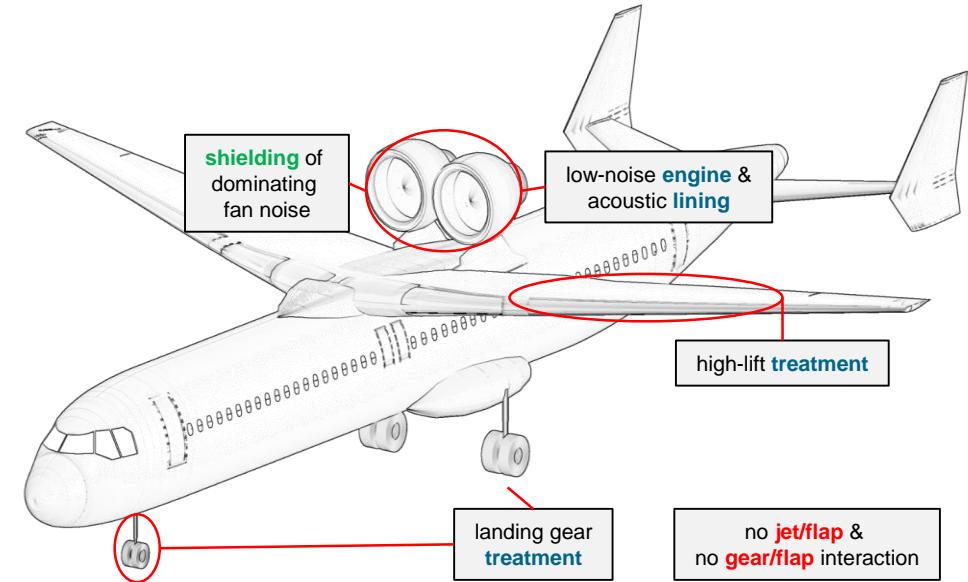


INSTRUMENTE UND MAßNAHMEN ZUR MINDERUNG DES FLUGLÄRMS

Rainer Schmid - Institut für Aerodynamik und Strömungstechnik



- **Fluglärmreduktion**
- **Wie fliegt man leise?**
 - horizontale Flugverfahren
 - vertikale Flugverfahren
- **Was sind leise Flugzeuge?**
 - leise Technologien
 - leises Flugzeugdesign



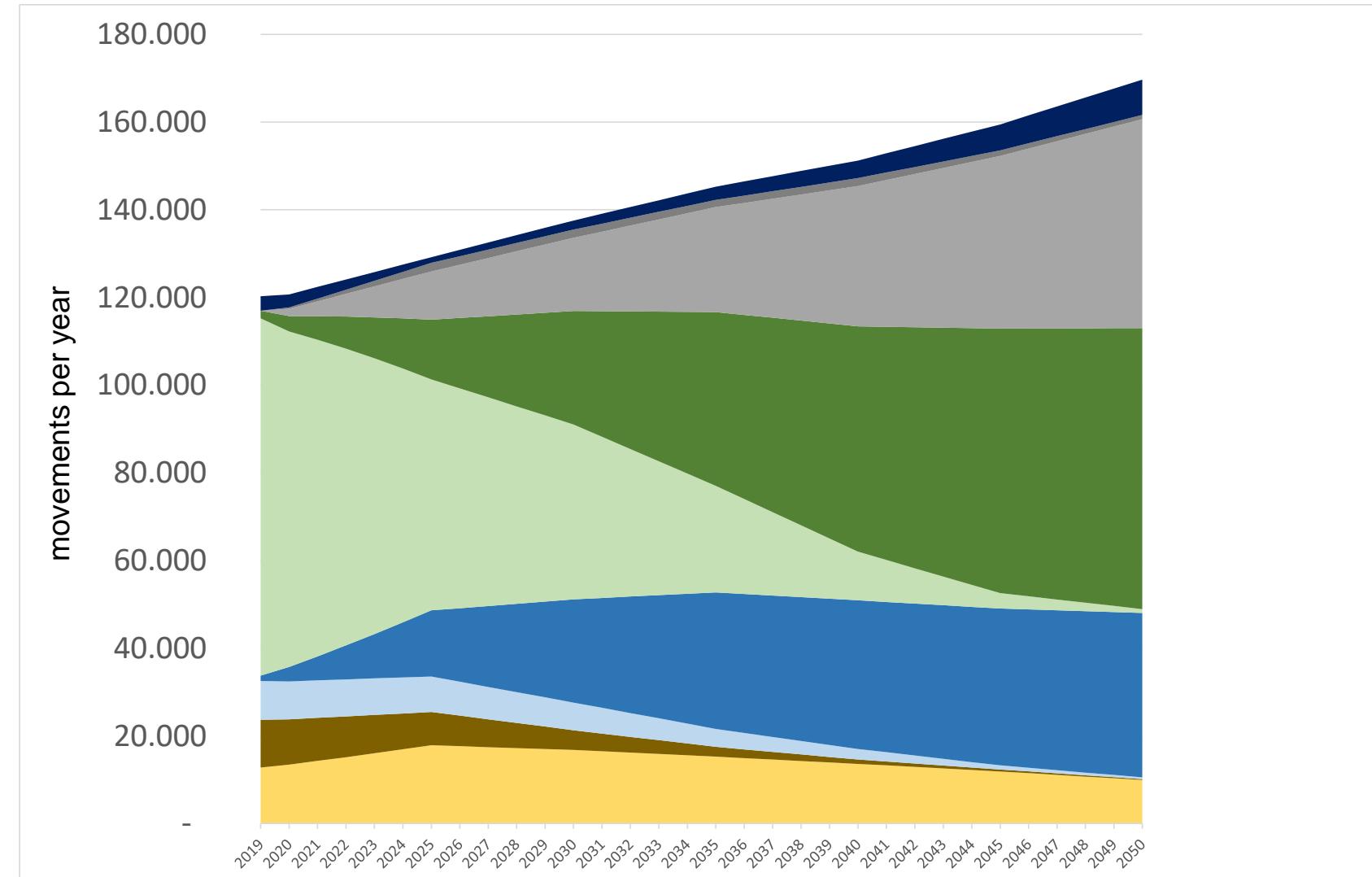
Lärmentwicklung an typischen Verkehrsflughäfen in Deutschland

Entwicklung der Bewegungen



Flugzeuggruppen

- Flugzeuge über 320 MTOW
- moderne zweistrahliges Jets bis 320 MTOW
- moderne zweistrahliges Jets bis 130 MTOW
- ältere zweistrahliges Jets bis 130 MTOW
- moderne Jets bis 70 MTOW
- ältere Jets bis 70 MTOW
- ältere Jets bis 50 MTOW
- Propeller Flugzeuge
- Rest



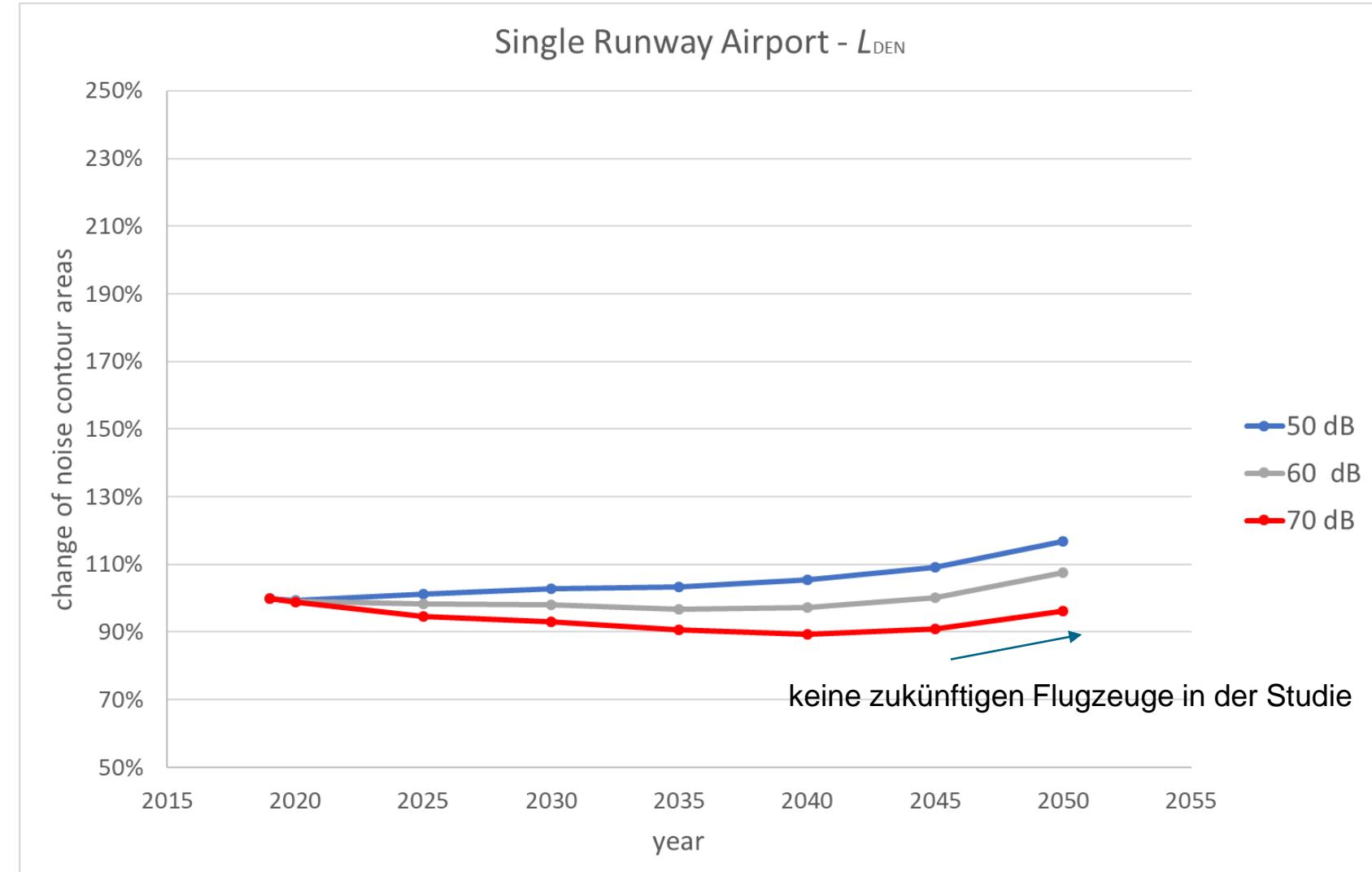
Quelle: Wolfgang Grimme, DLR LV

Lärmentwicklung an typischen Verkehrsflughäfen in Deutschland

Entwicklung des Lärms



**keine signifikante
Änderung der
Konturflächen**



Lärmentwicklung an typischen Verkehrsflughäfen in Deutschland

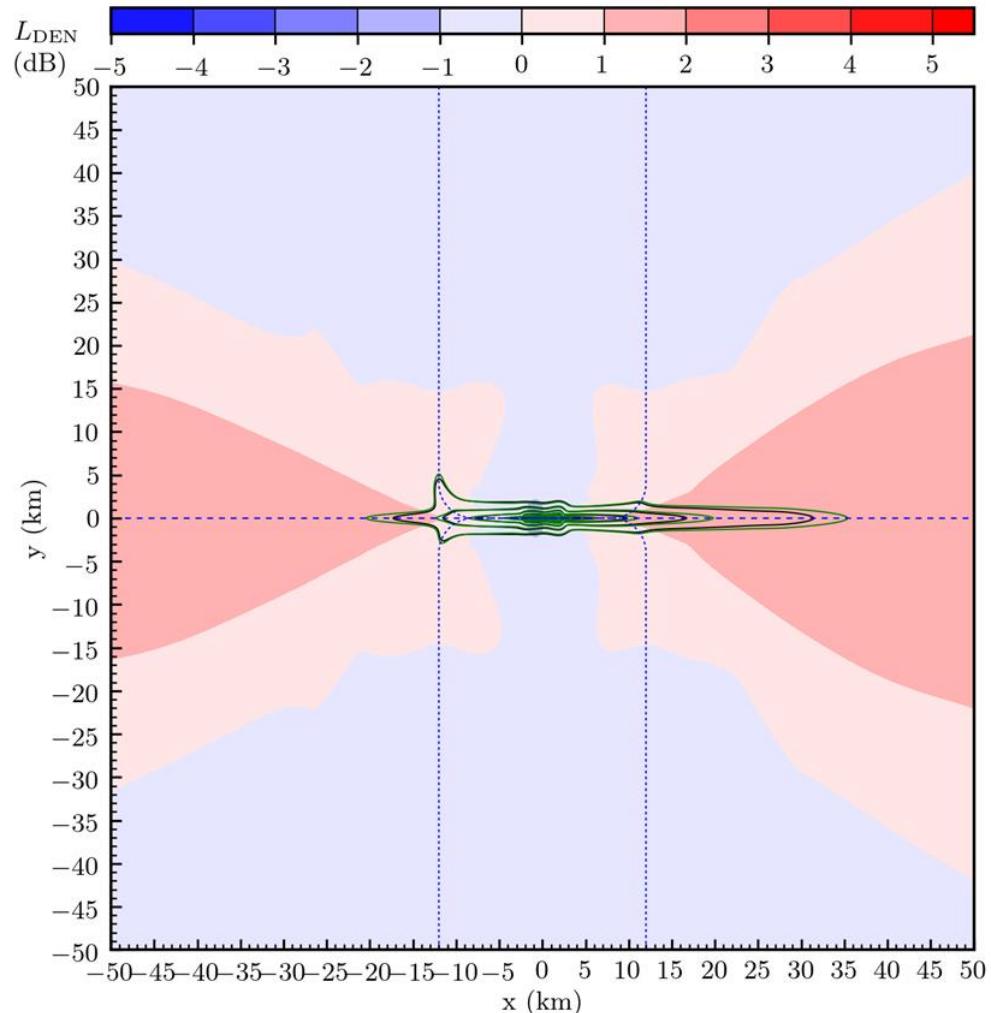
Entwicklung des Lärms

Gebiete in denen der Lärm zunimmt:

- Überflüge durch Landungen
 - größere Flugzeuge
=> höherer aerodynamischer Lärm

Gebiete in denen der Lärm abnimmt:

- Überflüge durch Starts
 - leisere Triebwerke
=> Triebwerksgeräusch ist dominant



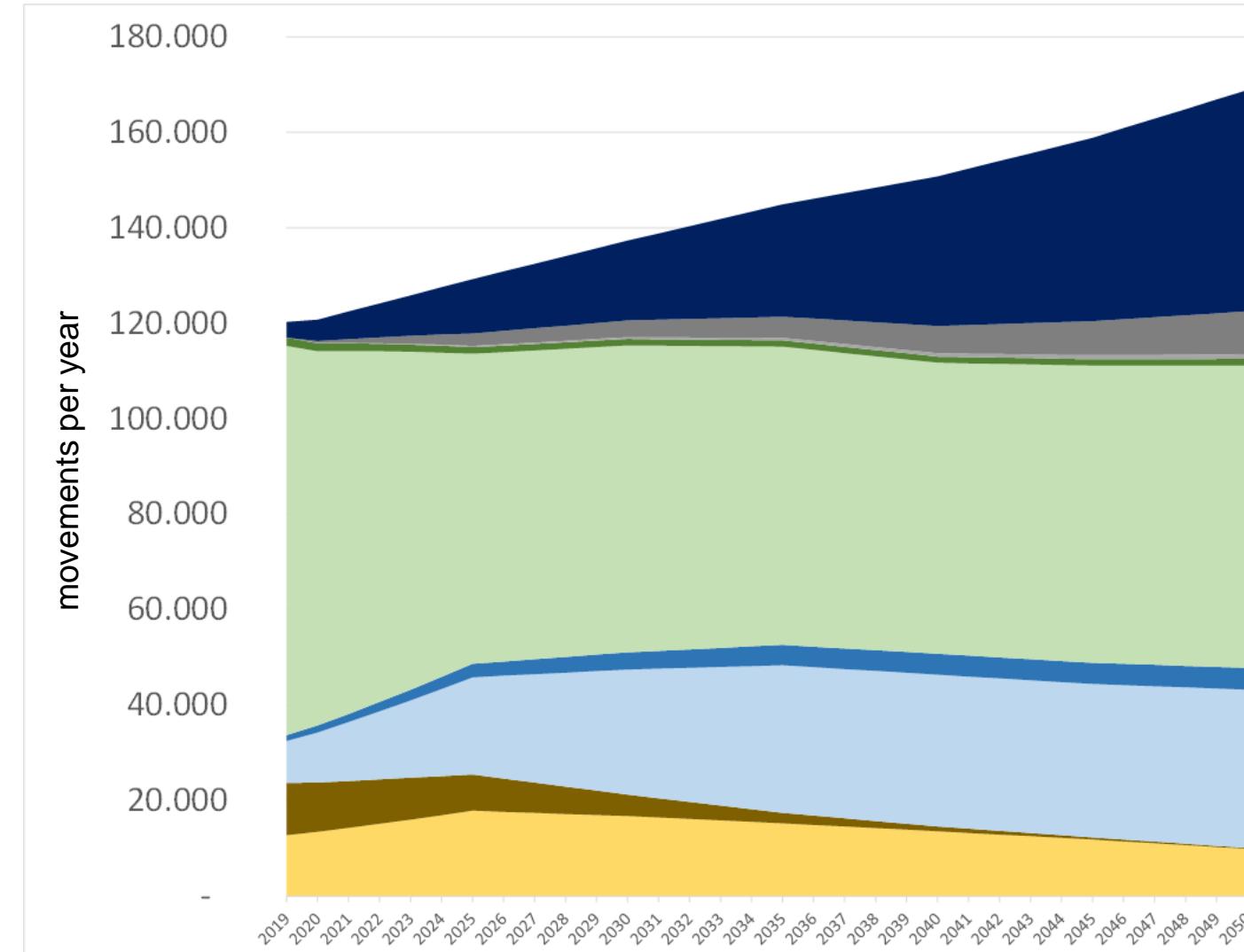
L_{DEN} und Änderung des Lärmpegels von 2019 nach 2050 am Einbahnflughafen

Lärmentwicklung an typischen Verkehrsflughäfen in Deutschland

Entwicklung der Bewegungen – Technologiestand eingefroren

Flugzeuggruppen

- Flugzeuge über 320 MTOW
- moderne zweistrahliges Jets bis 320 MTOW
- moderne zweistrahliges Jets bis 130 MTOW
- ältere zweistrahliges Jets bis 130 MTOW
- moderne Jets bis 70 MTOW
- ältere Jets bis 70 MTOW
- ältere Jets bis 50 MTOW
- Propeller Flugzeuge
- Rest



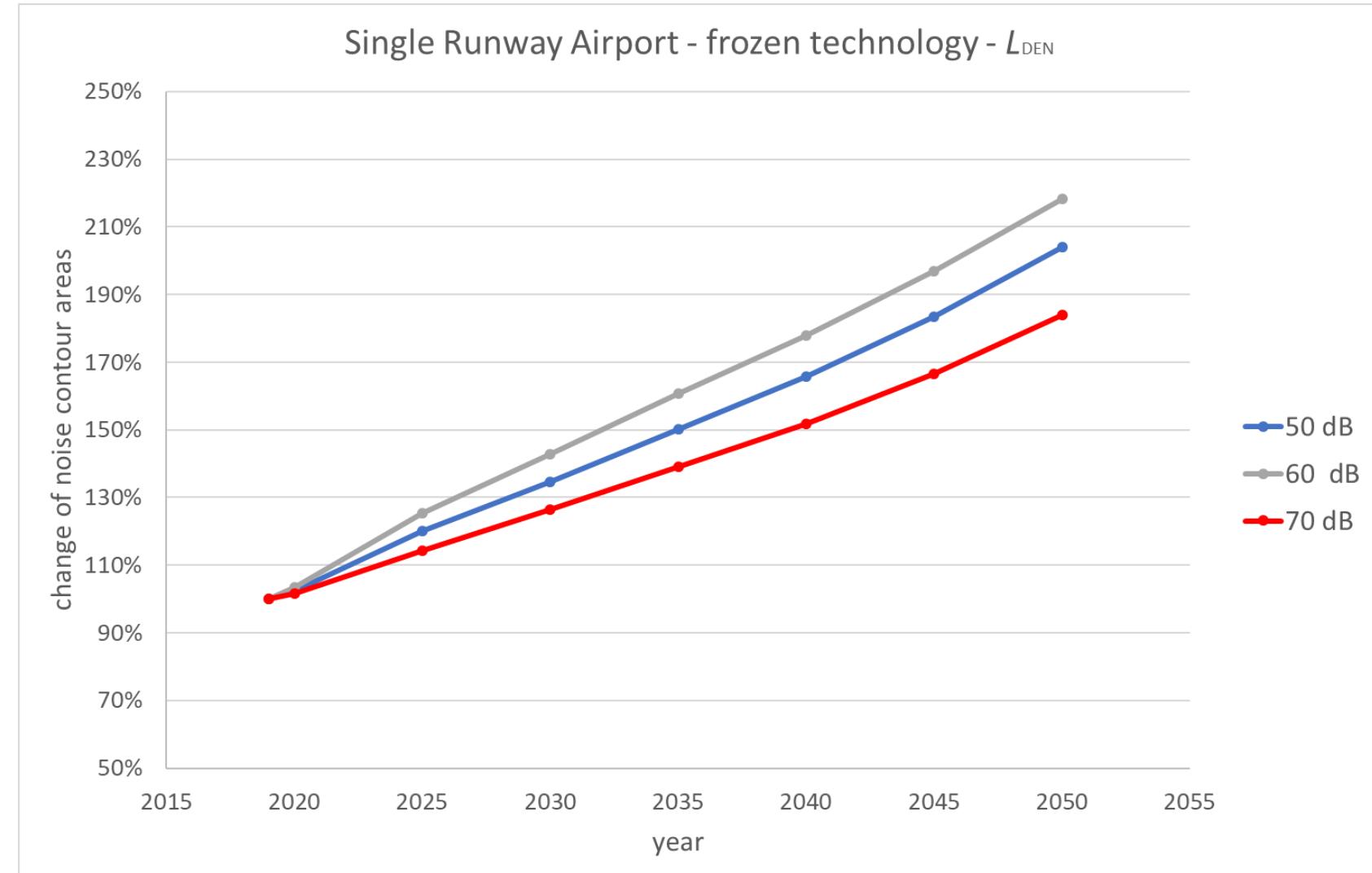
Quelle: Wolfgang Grimme, DLR LV

Lärmentwicklung an typischen Verkehrsflughäfen in Deutschland

Entwicklung der Bewegungen – Technologiestand eingefroren



**Wichtiges Ergebnis:
Der technologische
Fortschritt ist der
entscheidende
Grund warum
Lärmkonturen in der
Zukunft nicht größer
werden.**

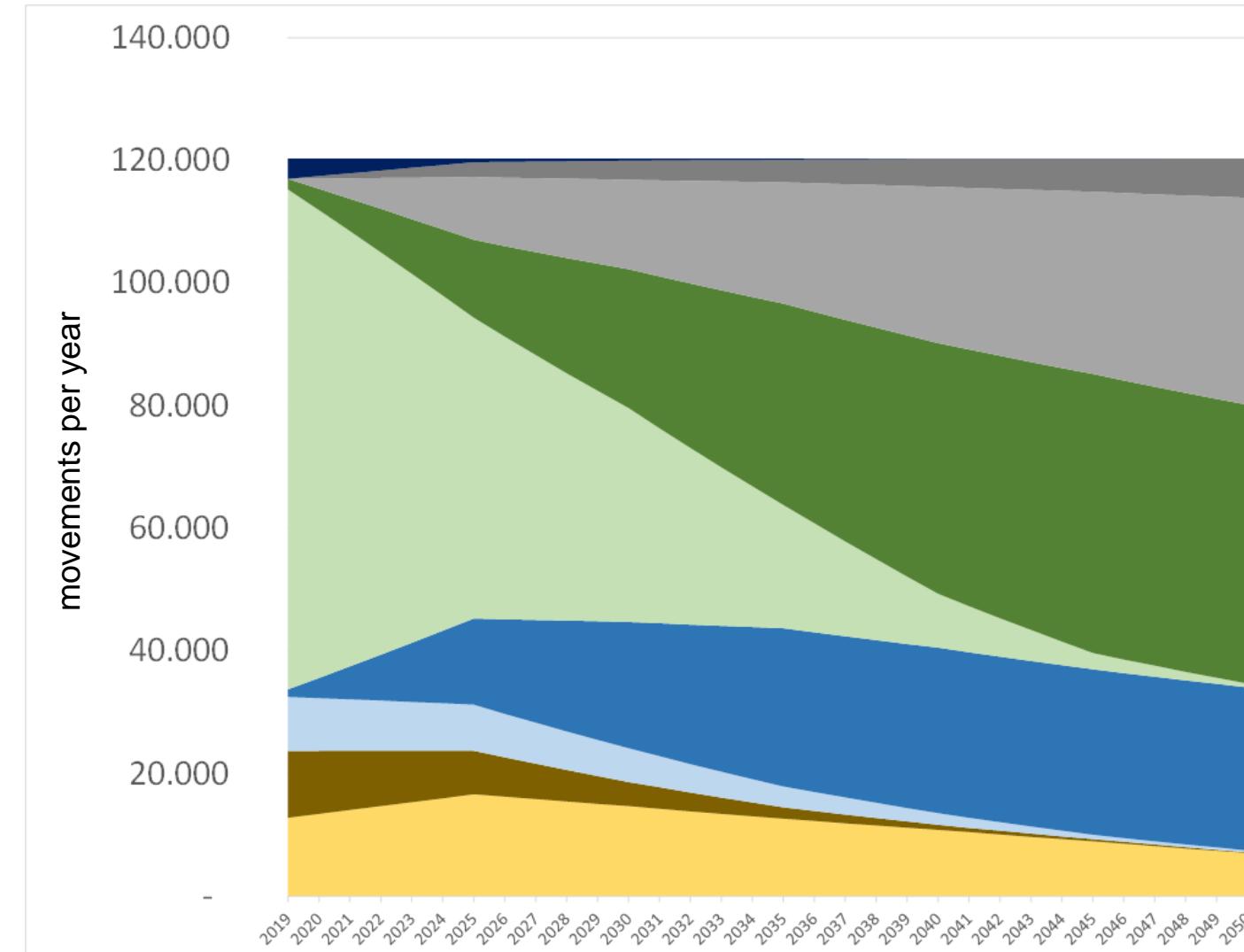


Lärmentwicklung an typischen Verkehrsflughäfen in Deutschland

Entwicklung der Bewegungen – Bewegungslimitierung

Flugzeuggruppen

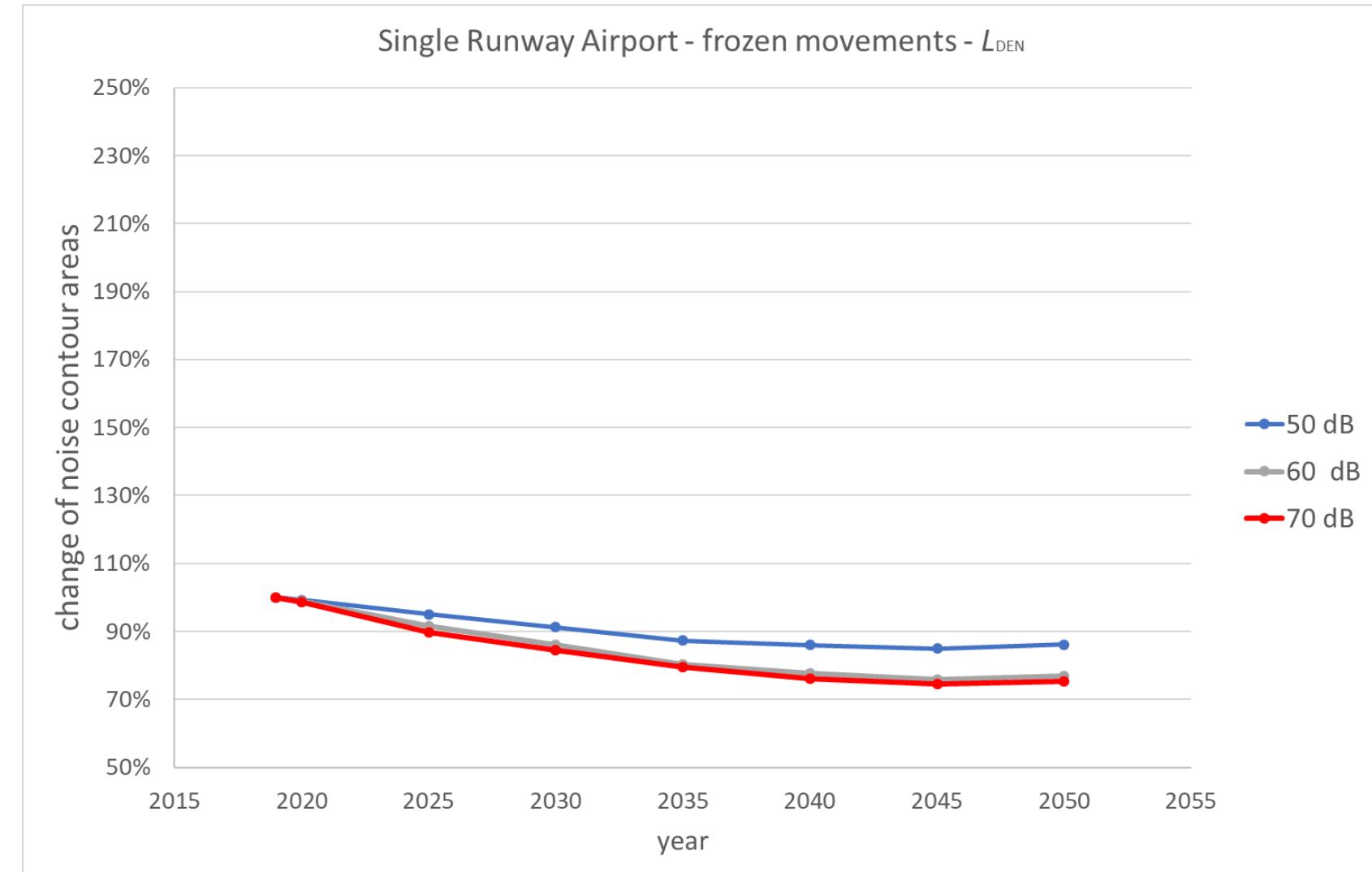
- Flugzeuge über 320 MTOW
- moderne zweistrahliges Jets bis 320 MTOW
- moderne zweistrahliges Jets bis 130 MTOW
- ältere zweistrahliges Jets bis 130 MTOW
- moderne Jets bis 70 MTOW
- ältere Jets bis 70 MTOW
- ältere Jets bis 50 MTOW
- Propeller Flugzeuge
- Rest



Lärmentwicklung an typischen Verkehrsflughäfen in Deutschland

Entwicklung der Bewegungen – Bewegungslimitierung

lediglich eine leichte
Abnahme der
Konturflächen

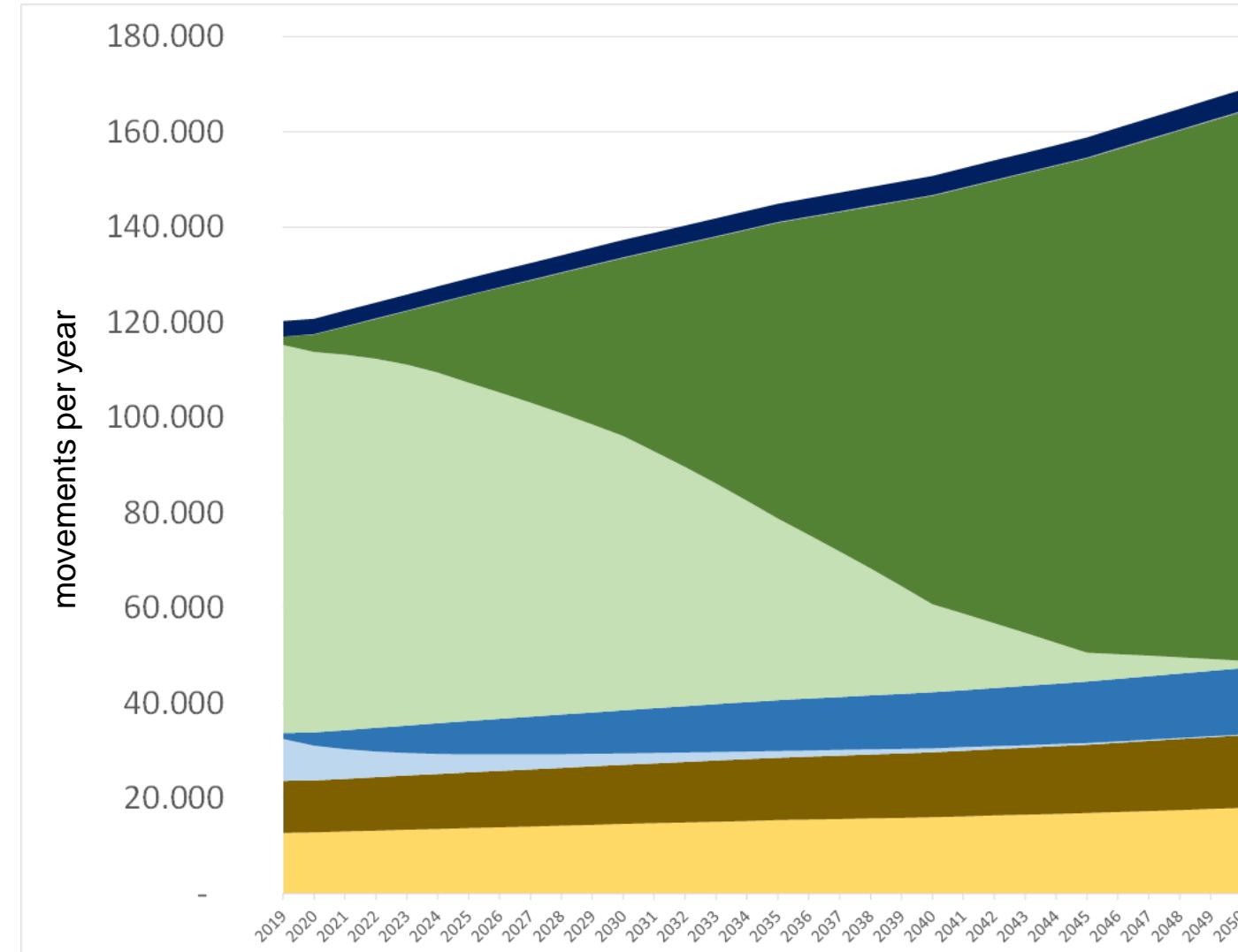


Lärmentwicklung an typischen Verkehrsflughäfen in Deutschland

Entwicklung der Bewegungen – Gewichtslimitierung

Flugzeuggruppen

- Flugzeuge über 320 MTOW
- moderne zweistrahliges Jets bis 320 MTOW
- moderne zweistrahliges Jets bis 130 MTOW
- ältere zweistrahliges Jets bis 130 MTOW
- moderne Jets bis 70 MTOW
- ältere Jets bis 70 MTOW
- ältere Jets bis 50 MTOW
- Propeller Flugzeuge
- Rest

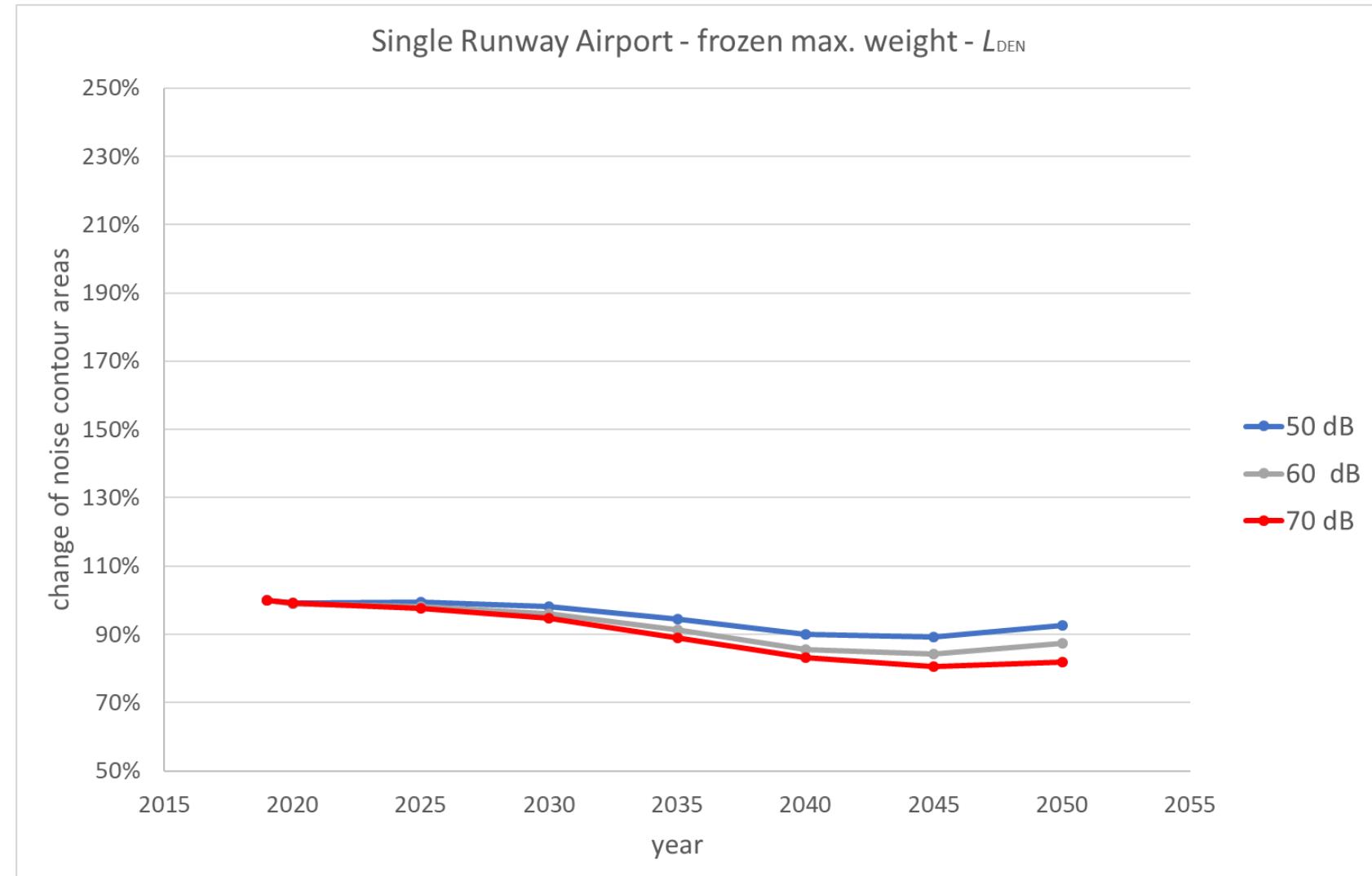


Quelle: Wolfgang Grimme, DLR LV

Lärmentwicklung an typischen Verkehrsflughäfen in Deutschland

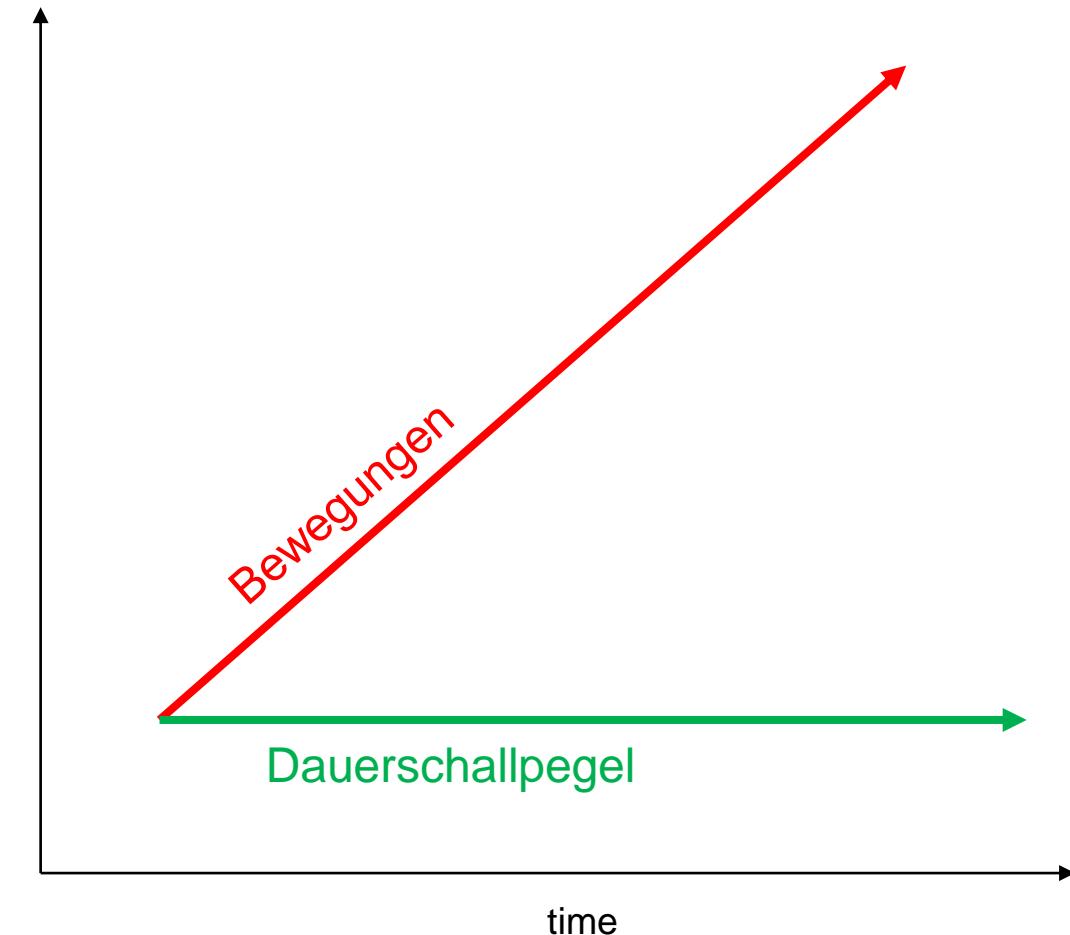
Entwicklung der Bewegungen – Gewichtslimitierung

lediglich eine leichte
Abnahme der
Konturflächen

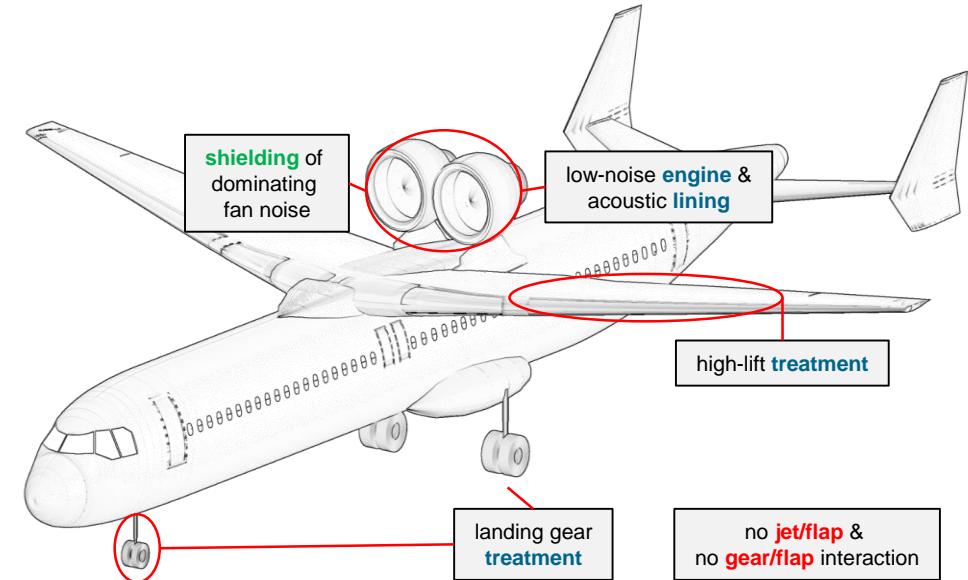


Zusammenfassung / Ausblick:

- Dauerschallpegel werden sich kaum verändern
 - landende Flugzeuge werden etwas lauter, startende Flugzeuge werden etwas leiser
- Gewichts- und Bewegungslimitierung haben nur einen kleinen Einfluss auf Dauerschallpegel, bzw. können sich sogar kontraproduktiv auswirken
- **Bester Fluglärmenschutz ist der Einsatz von modernen leiseren Flugzeugen**



- Fluglärmreduktion
- Wie fliegt man leise?
 - horizontale Flugverfahren
 - vertikale Flugverfahren
- Was sind leise Flugzeuge?
 - leise Technologien
 - leises Flugzeugdesign



Ziel: Minimierung der Fluglärmimmision für die Bevölkerung

- individuelle lokale Lösungen am Flughafen
 - unter Berücksichtigung des Treibstoffverbrauchs

Abflüge

- nicht jede leise erscheinende Flugroute kann im FMS programmiert werden
- nicht jede Umsetzung im FMS ergibt die gewünschte Flugroute

Anflüge

- Notwendigkeit von fortgeschrittenen „4D-routing systems“
 - „curved approaches“ versprechen ein Lärmentlastung

Vertikale Flugbahnoptimierung



leise Abflüge:

möglichst wenig Schub (wenig Triebwerkslärm)

kleine Steigungswinkel \Rightarrow niedrig

möglichst schnell (kurze Geräuschdauer)

\Rightarrow kleine Steigungswinkel \Rightarrow niedrig

möglichst hohe Überflüge (großer Abstand zum Empfänger, hohe Dämpfung)

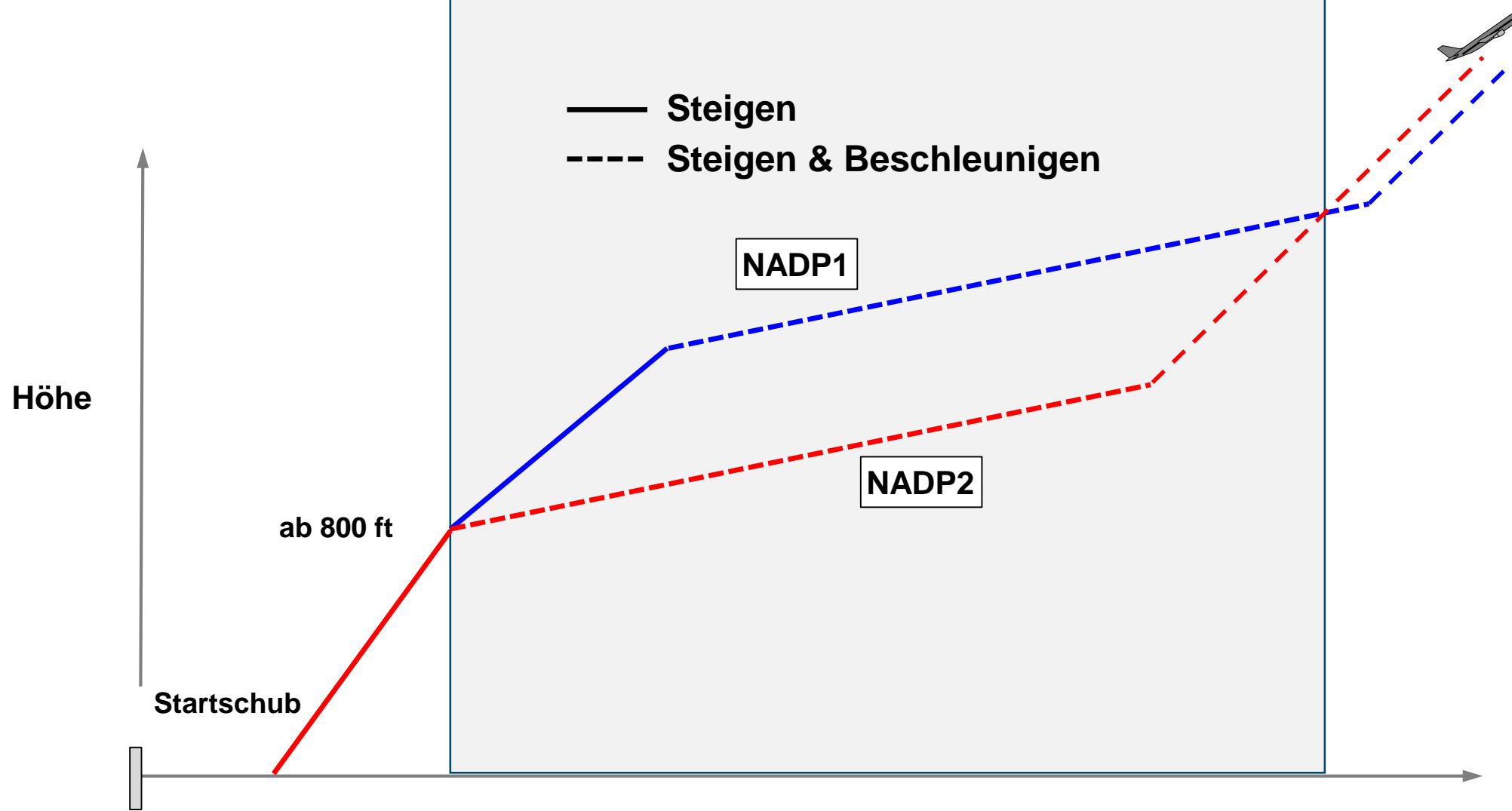
\Rightarrow viel Schub \Rightarrow laut

möglichst flache Vorbeiflüge (hohe Dämpfung durch Bodeneffekte)

\Rightarrow niedrige Überflüge \Rightarrow sehr hohe Pegel unter der Flugroute

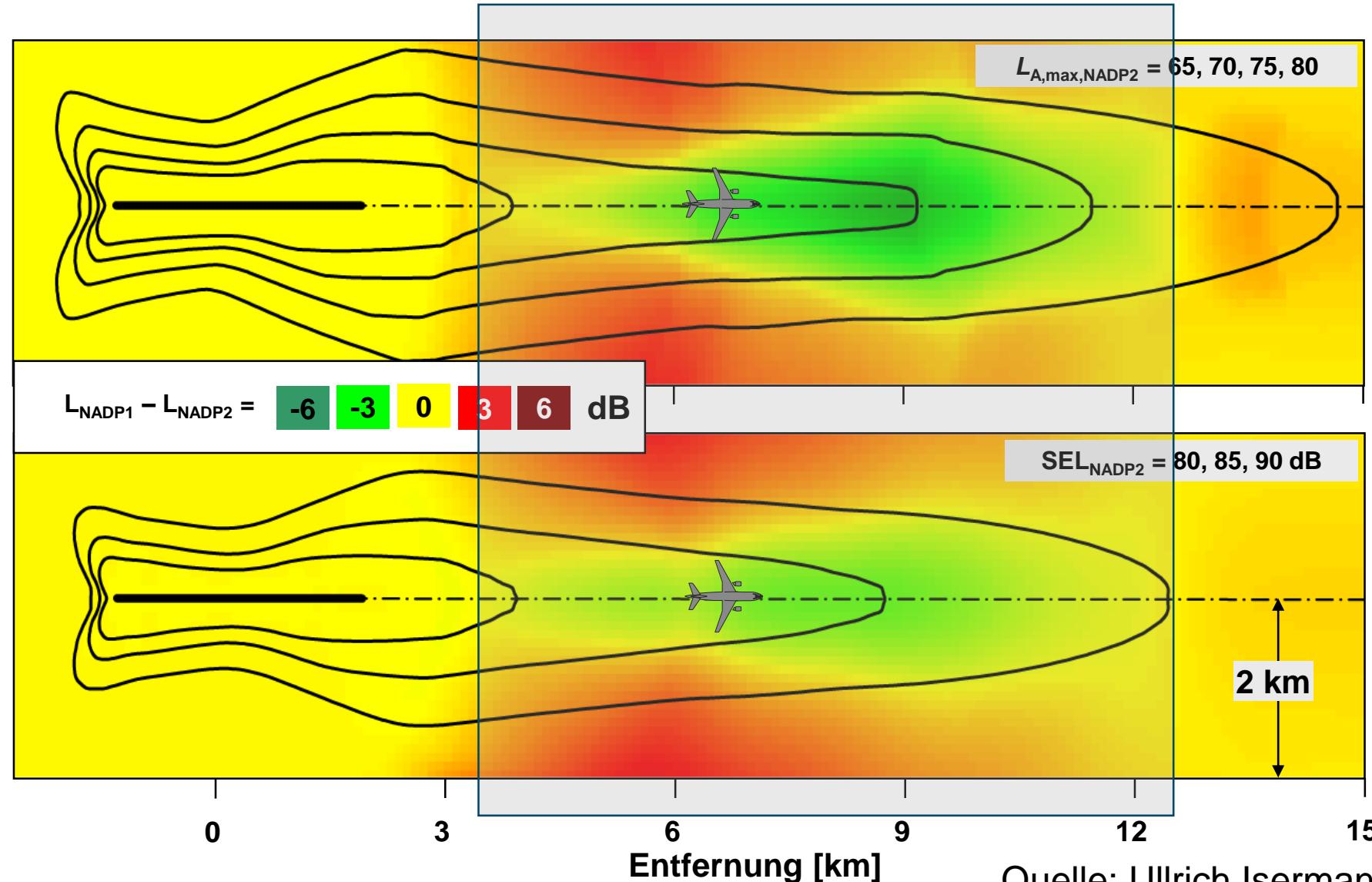
Vertikale Flugbahnoptimierung

Abflug

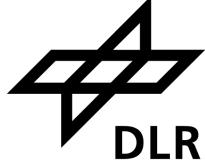


Vertikale Flugbahnoptimierung

Abflug



Vertikale Flugbahnoptimierung



leise Anflüge

möglichst im Leerlauf (wenig Triebwerkslärm)

möglichst lange hoch (großer Abstand zum Empfänger, hohe Schalldämpfung)

⇒ zum Schluss steil ⇒ **schnell**

⇒ Verzögerung notwendig ⇒ Klappen/Spoiler ⇒ **Widerstand**

möglichst langsam (wenig aerodynamischer Lärm)

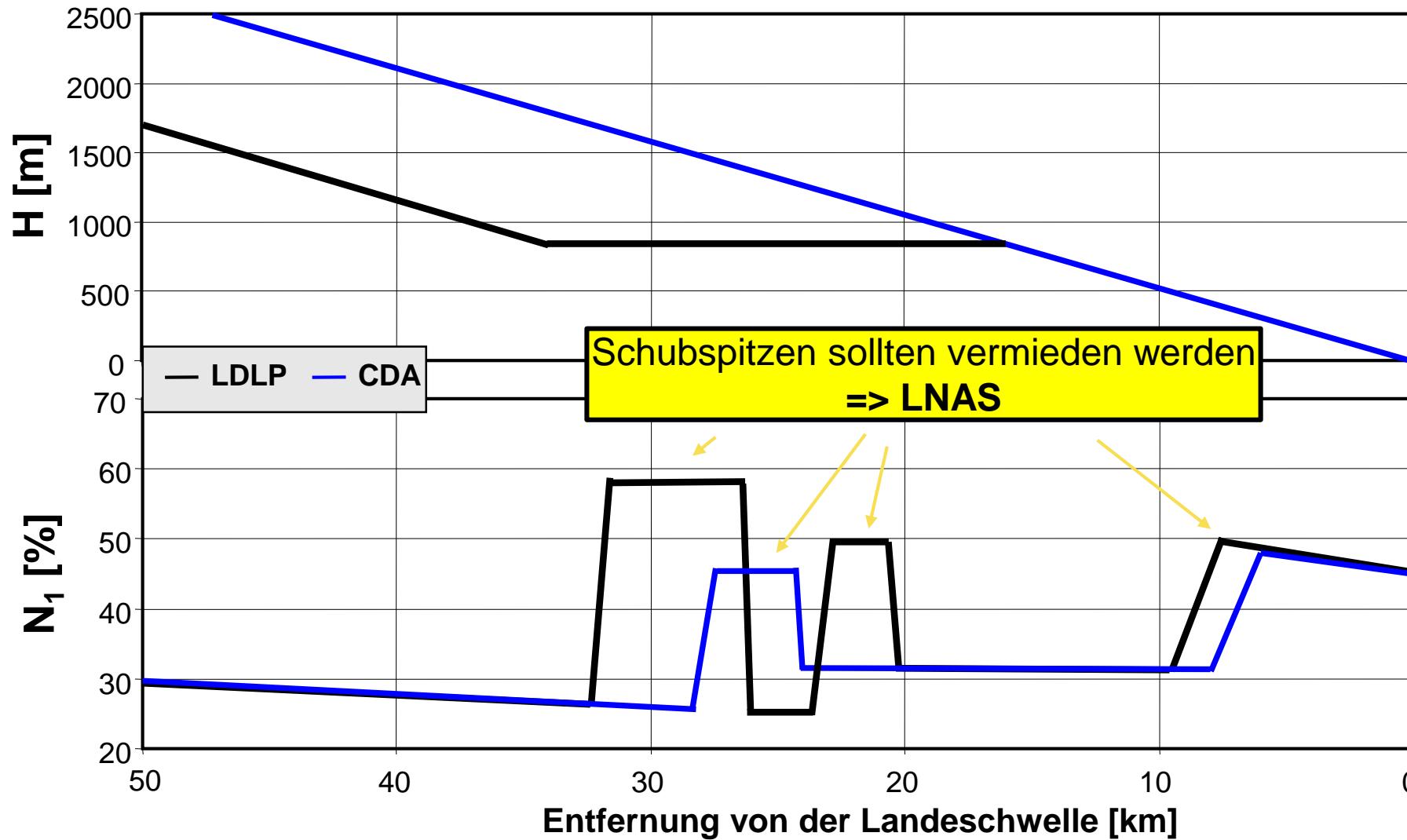
⇒ kleine Sinkwinkel ⇒ **niedrig**

möglichst wenig Widerstand (wenig aerodynamischer Lärm)

⇒ Verzögern durch Horizontalflug ⇒ **niedrig**

Vertikale Flugbahnoptimierung

Anflug

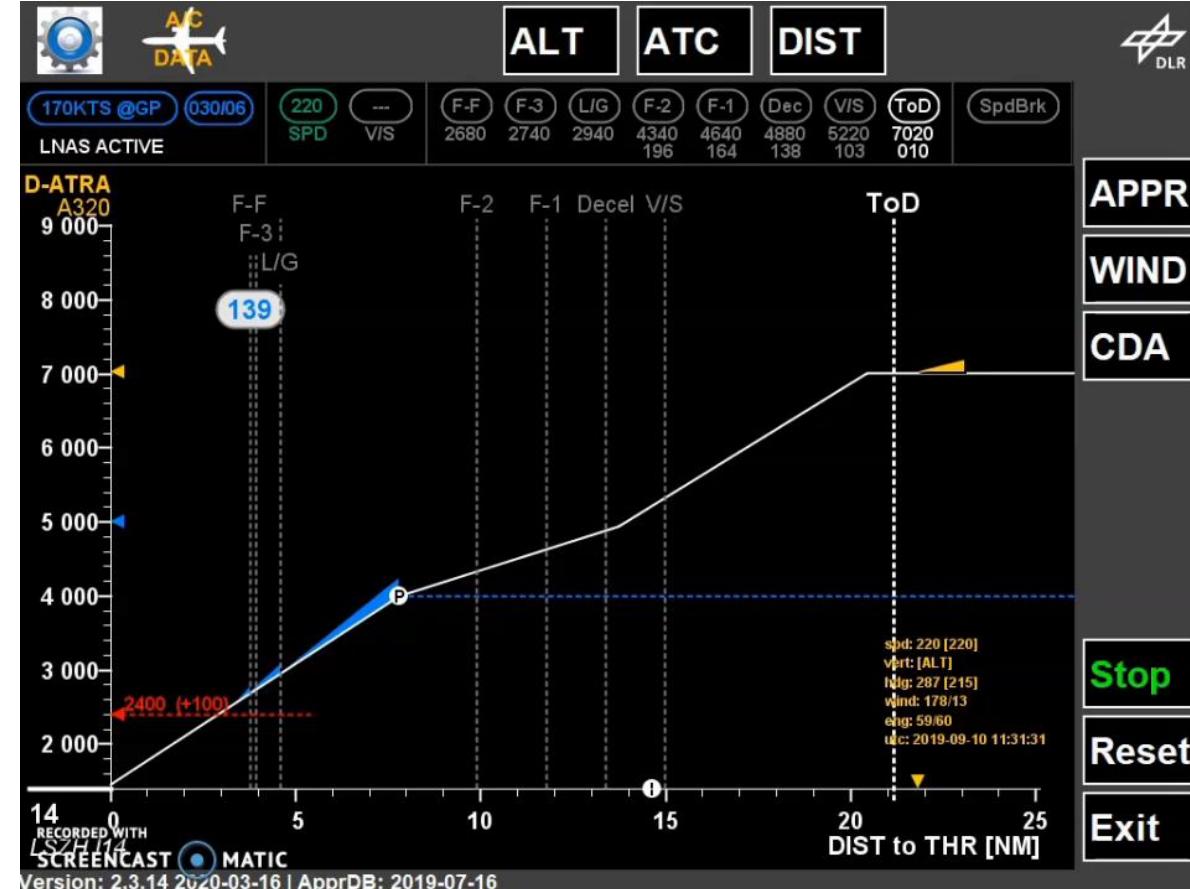
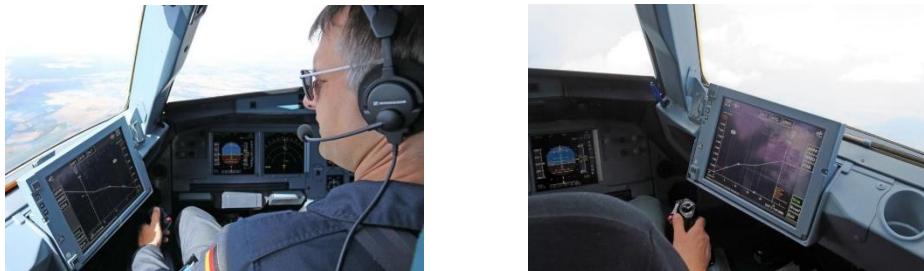


LNAS (Low Noise Augmentation System) – des DLR-FT

Echtzeit Flugbahnprognose



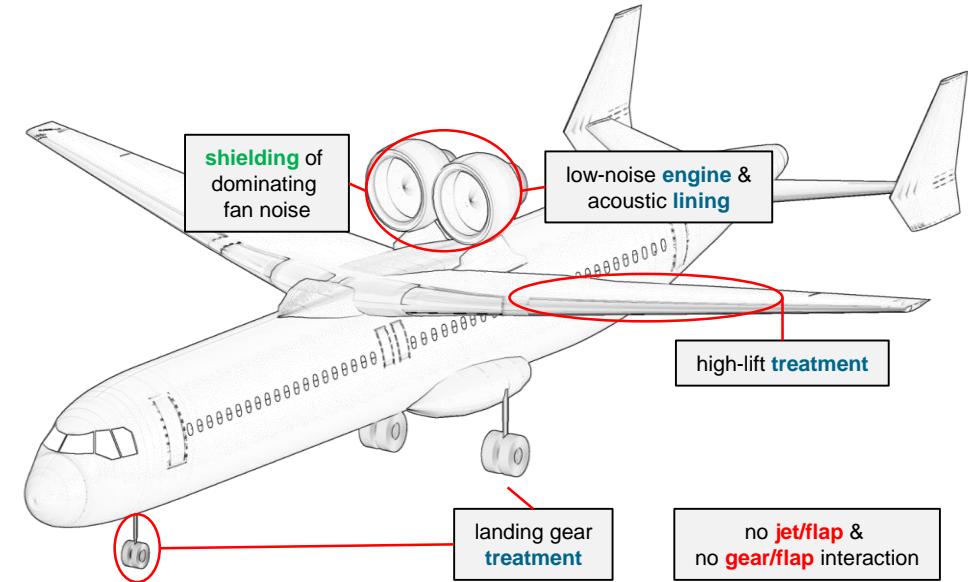
- «Echtzeit Flugbahnsimulator» sagt das vertikale Flugprofil und optimale Konfigurationspunkte (Klappen, Fahrwerk) voraus
- basiert auf einer Energieminimierung
- ATC-Einschränkungen können berücksichtigt werden



Quelle DLR, Flugtestdemonstration mit A320 ATRA am Flughafen Zürich, 2019.

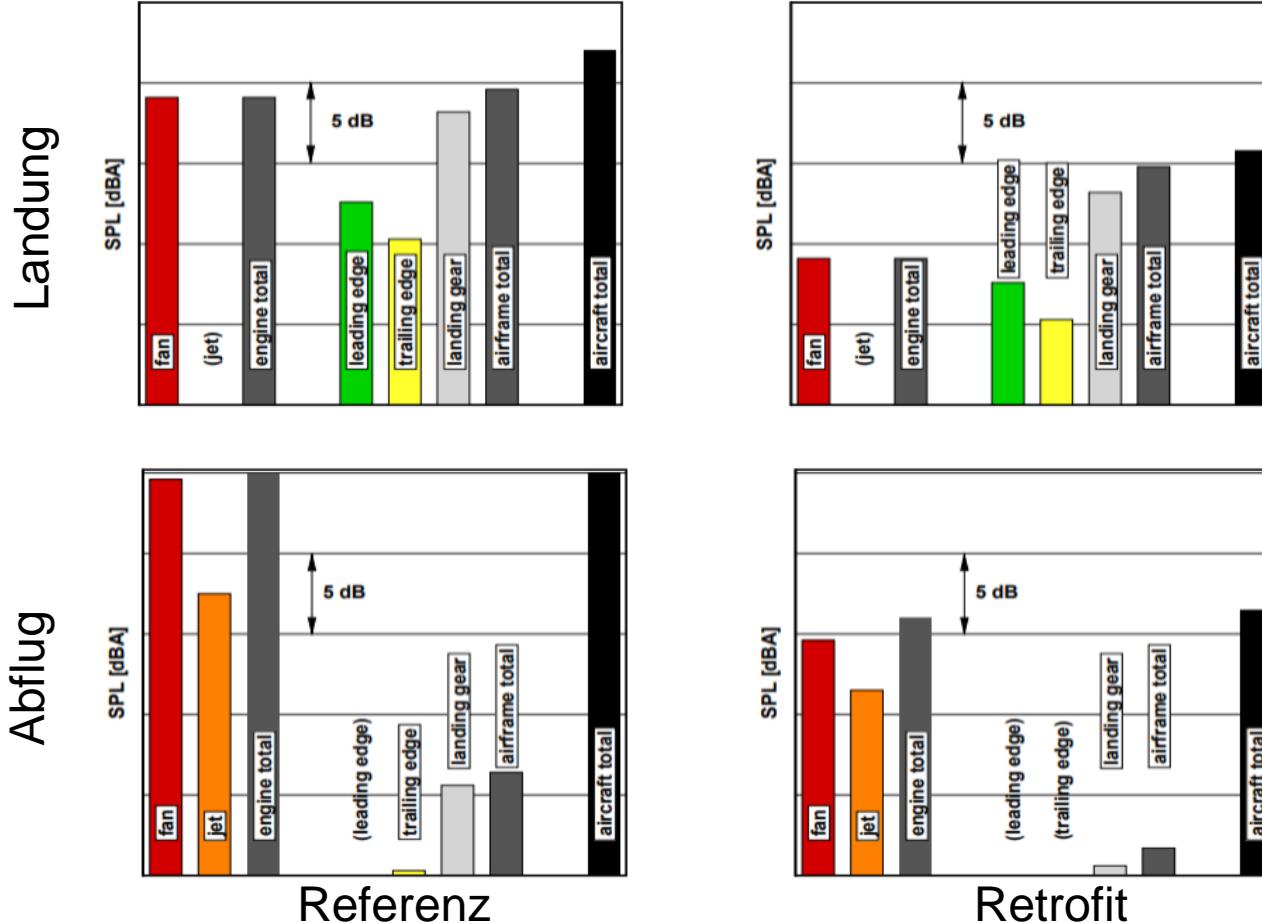
Quelle: Fethi Abdelmoula DLR FT

- Fluglärmreduktion
- Wie fliegt man leise?
 - horizontale Flugverfahren
 - vertikale Flugverfahren
- Was sind leise Flugzeuge?
 - leise Technologien
 - leises Flugzeugdesign



Relevanz der einzelnen Schallquellen am Flugzeug

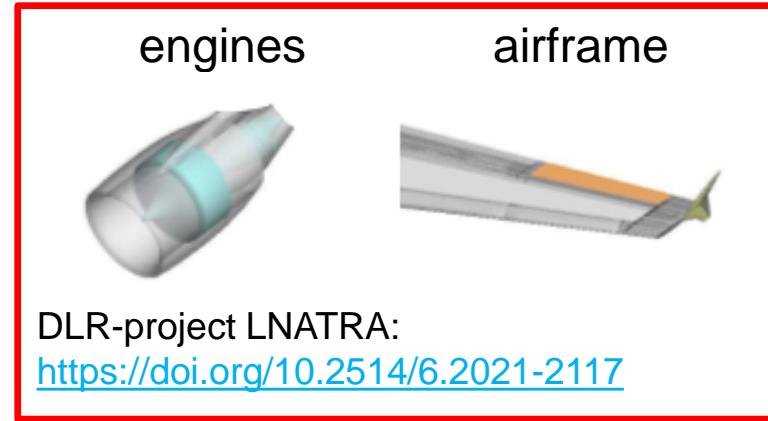
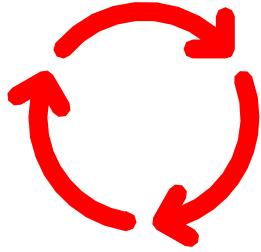
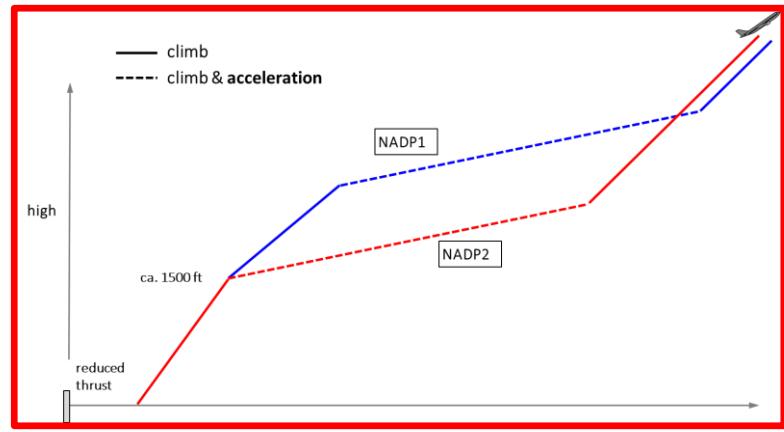
Technische Lösungen durch Retrofit



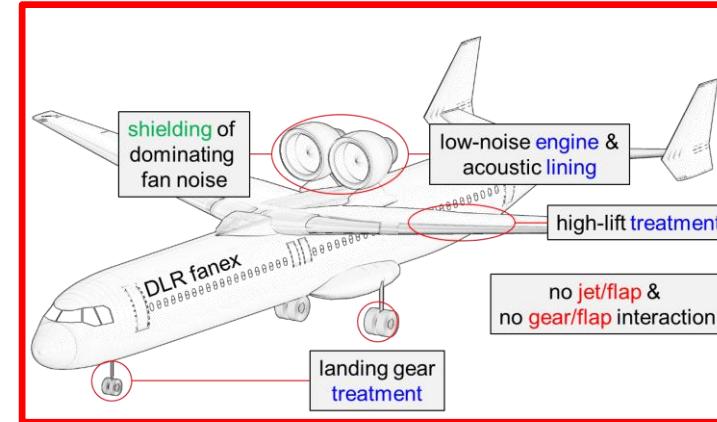
Reduktion

- Die Lärmziele, z.B., ACARE, sind durch Retrofit allein nicht erreichbar
→ Kombination von Design, Operation und Technik
- Die Lärmgüte des Flugzeugs wird schon in der frühen Designphase festgelegt

Lärmärmer Flugzeugentwurf inklusive PANAM (Flug- und Lärmsimulation)



leise Technologien

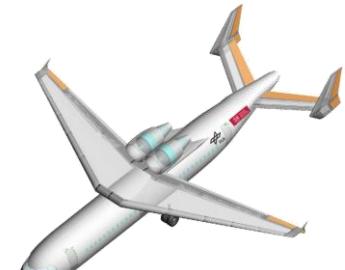
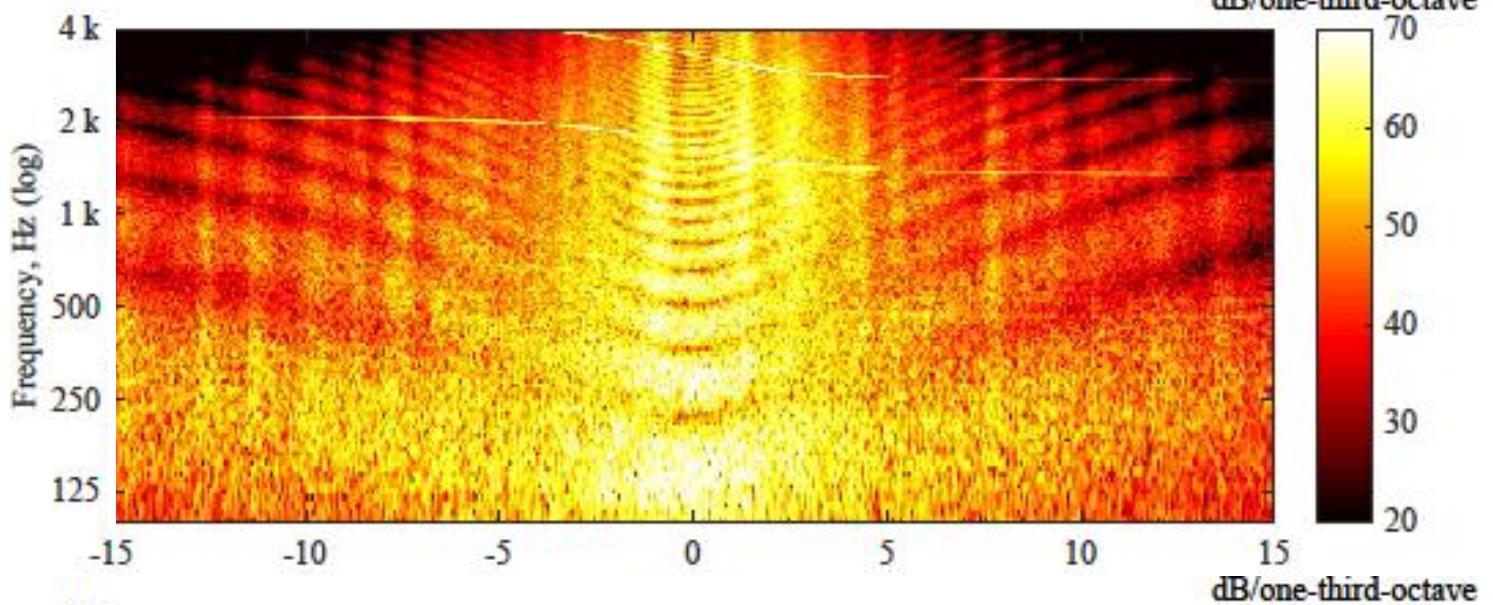


leise Flugzeugentwurf

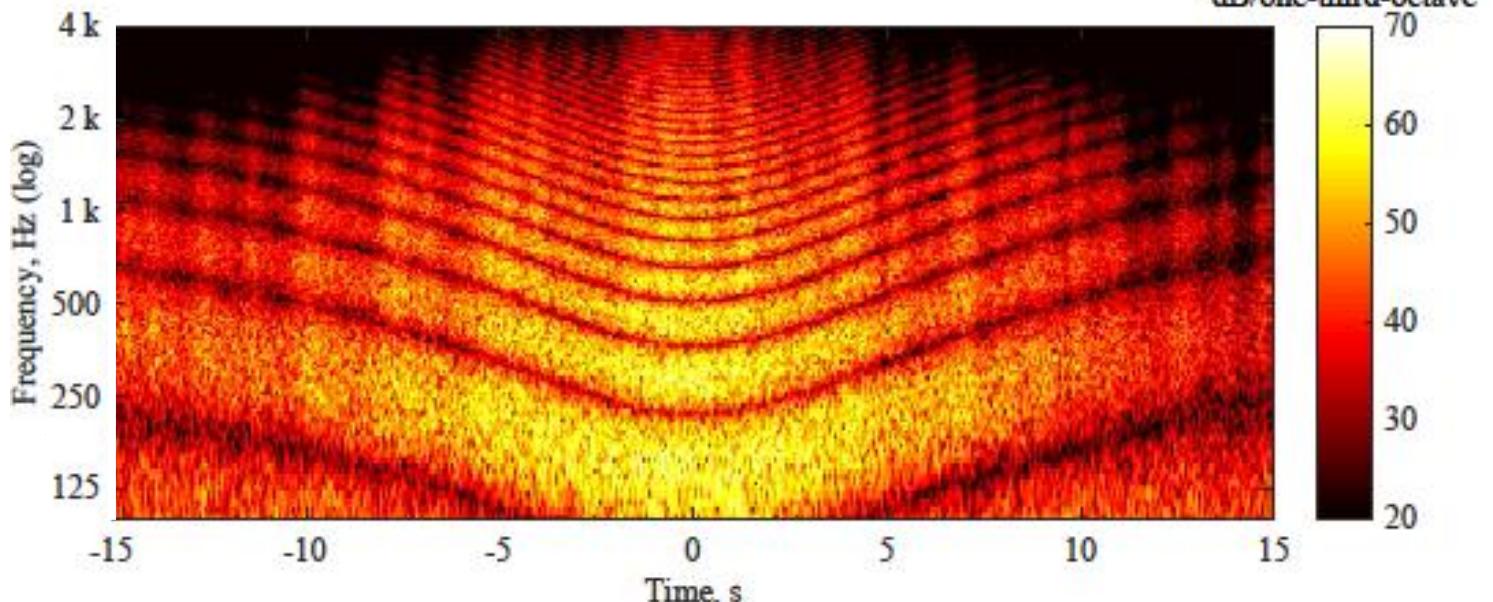
- Anflug-situation
4 km vor der Landeschwelle



Referenz A319



game changer



Quelle: Reto Pieren EMPA, Lothar Bertsch DLR AS-HEL

- **Der beste Fluglärmsschutz ist die Entwicklung von neuen leiseren Flugzeugen in Verbindung mit verkehrspolitischen Maßnahmen die eine schnellere Einführung fordern**

Entwicklung leiserer Flugzeuge

- Abflug:
 - leisere Triebwerke
- Anflug:
 - leises Flugzeugdesign mit
 - leise Triebwerke
 - leise Technologien für airframe
 - leise Flugverfahren
 - Pilotenassistenzsysteme
 - 4-D Routensystem