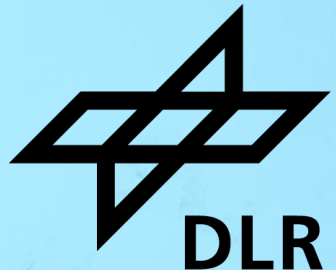
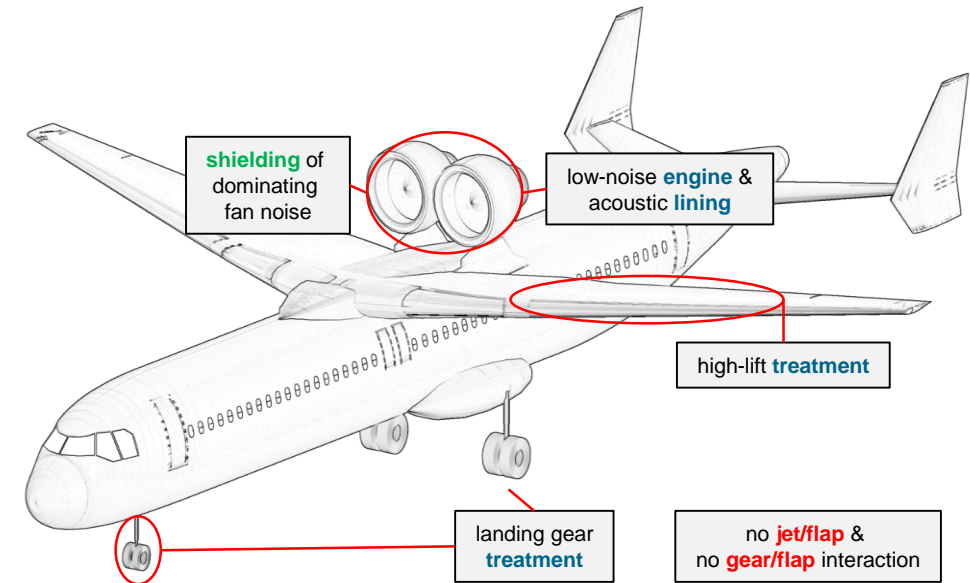


INSTRUMENTE UND MAßNAHMEN ZUR MINDERUNG DES FLUGLÄRMS

Rainer Schmid - Institut für Aerodynamik und Strömungstechnik



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



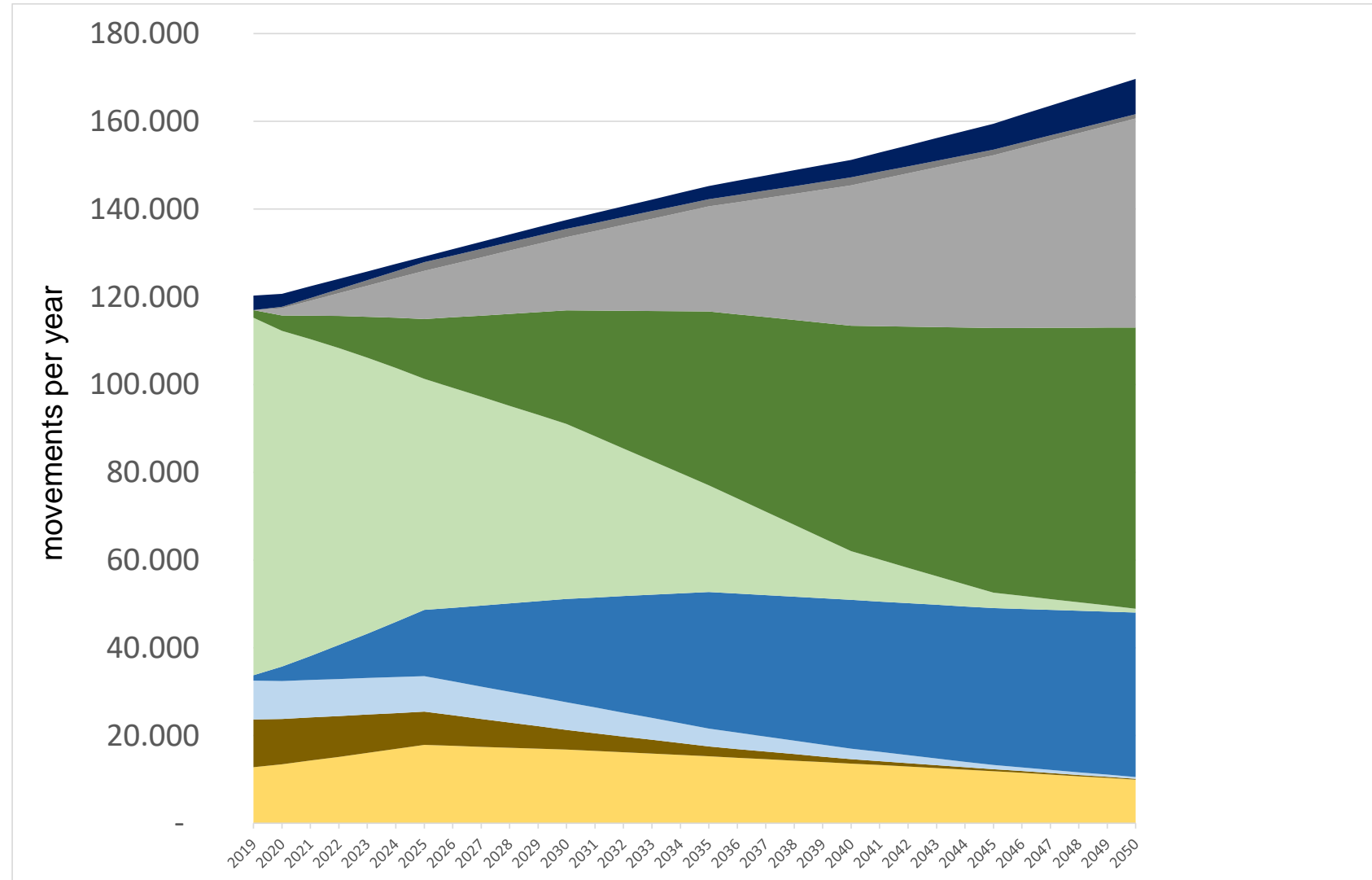
Lärmentwicklung an typischen Verkehrsflughäfen in Deutschland

Entwicklung der Bewegungen



Flugzeuggruppen

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



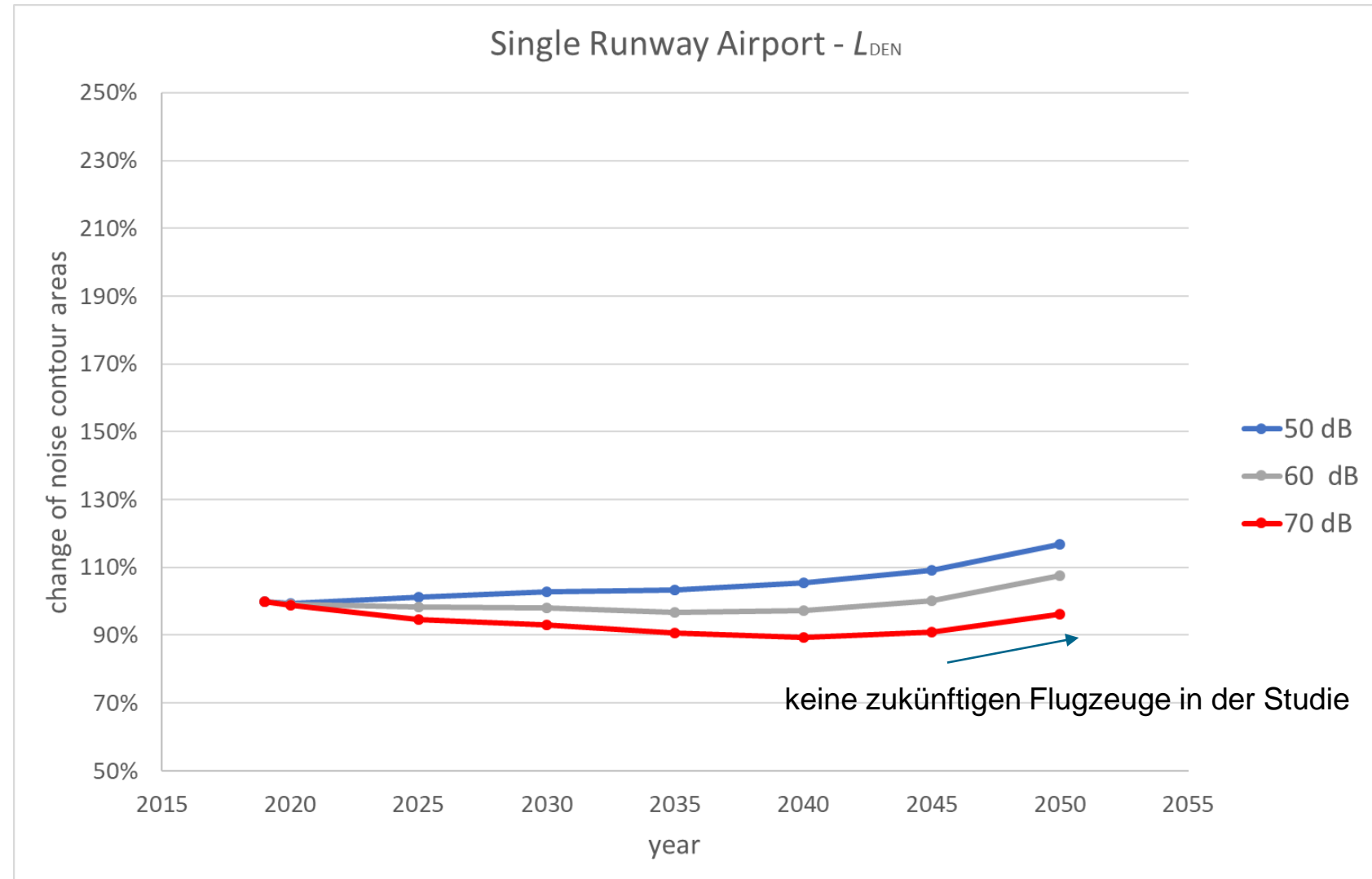
Quelle: Wolfgang Grimme, DLR LV

Lärmentwicklung an typischen Verkehrsflughäfen in Deutschland

Entwicklung des Lärms



**keine signifikante
Änderung der
Konturflächen**



Lärmentwicklung an typischen Verkehrsflughäfen in Deutschland

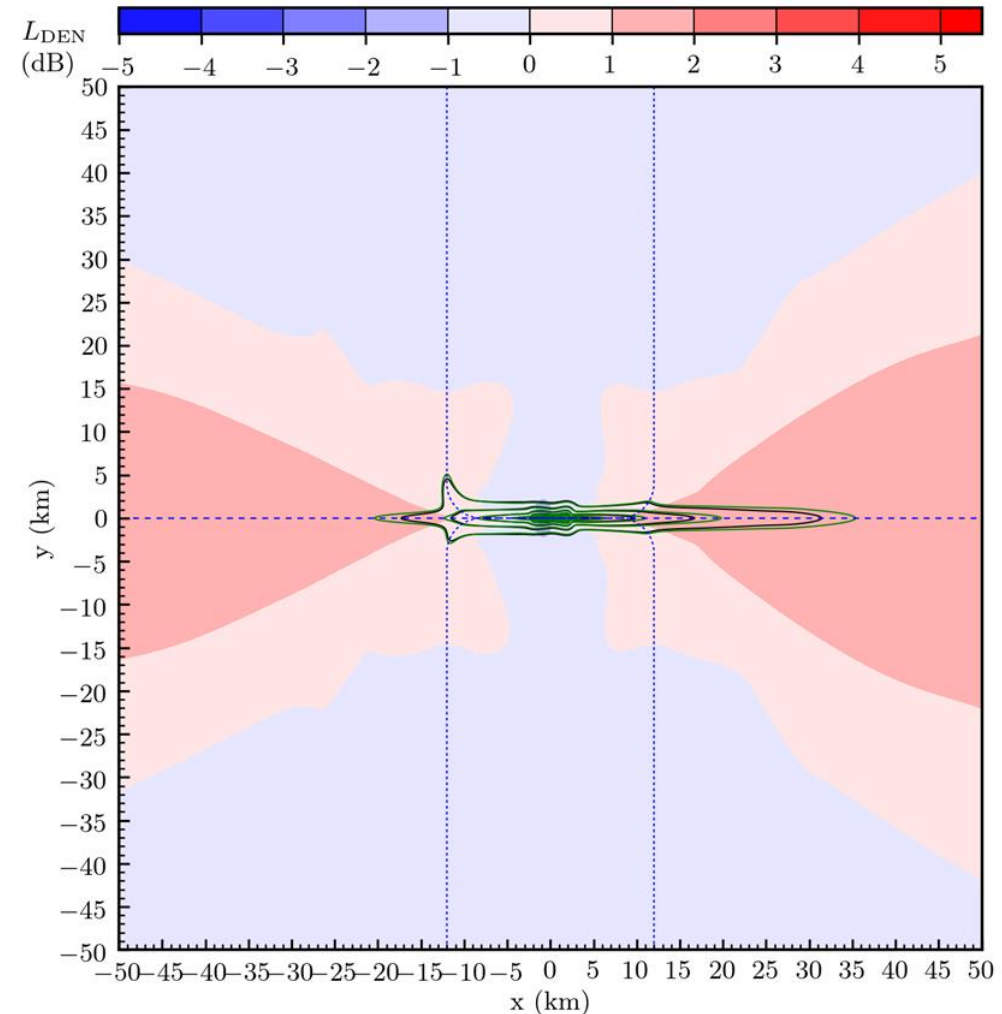
Entwicklung des Lärms

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

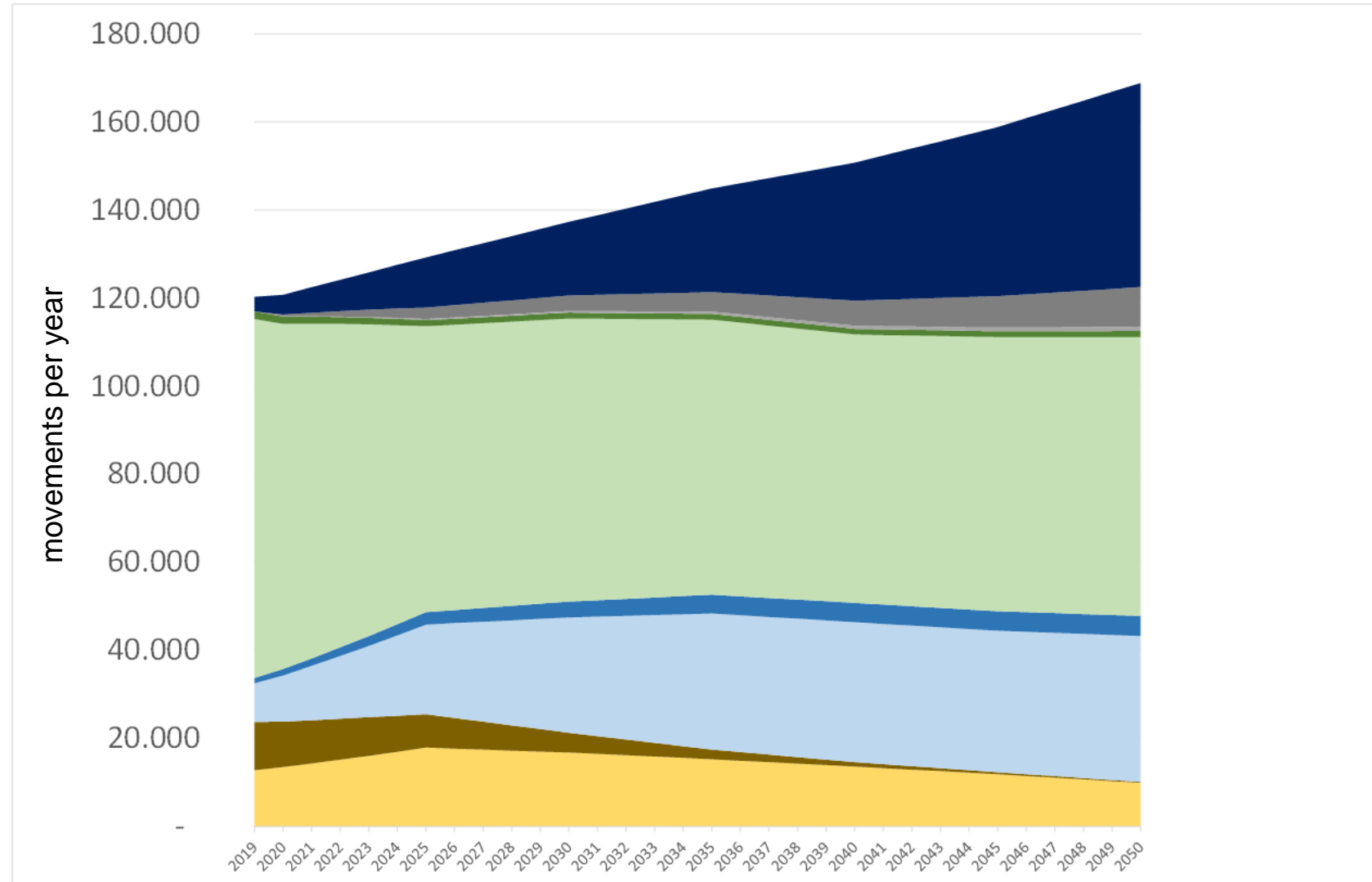
Lärmentwicklung an typischen Verkehrsflughäfen in Deutschland

Entwicklung der Bewegungen – Technologiestand eingefroren



Flugzeuggruppen

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



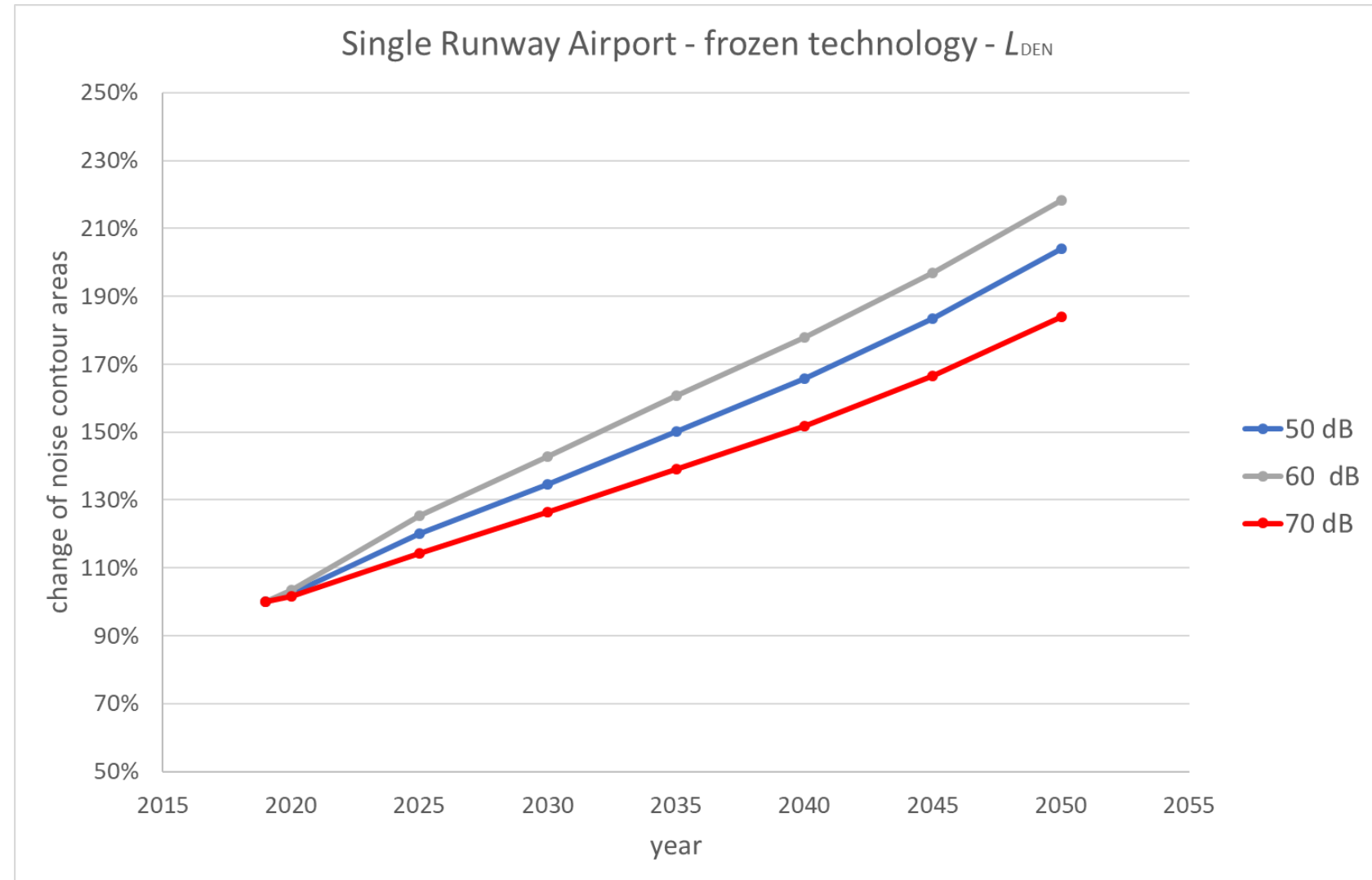
Quelle: Wolfgang Grimme, DLR LV

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.



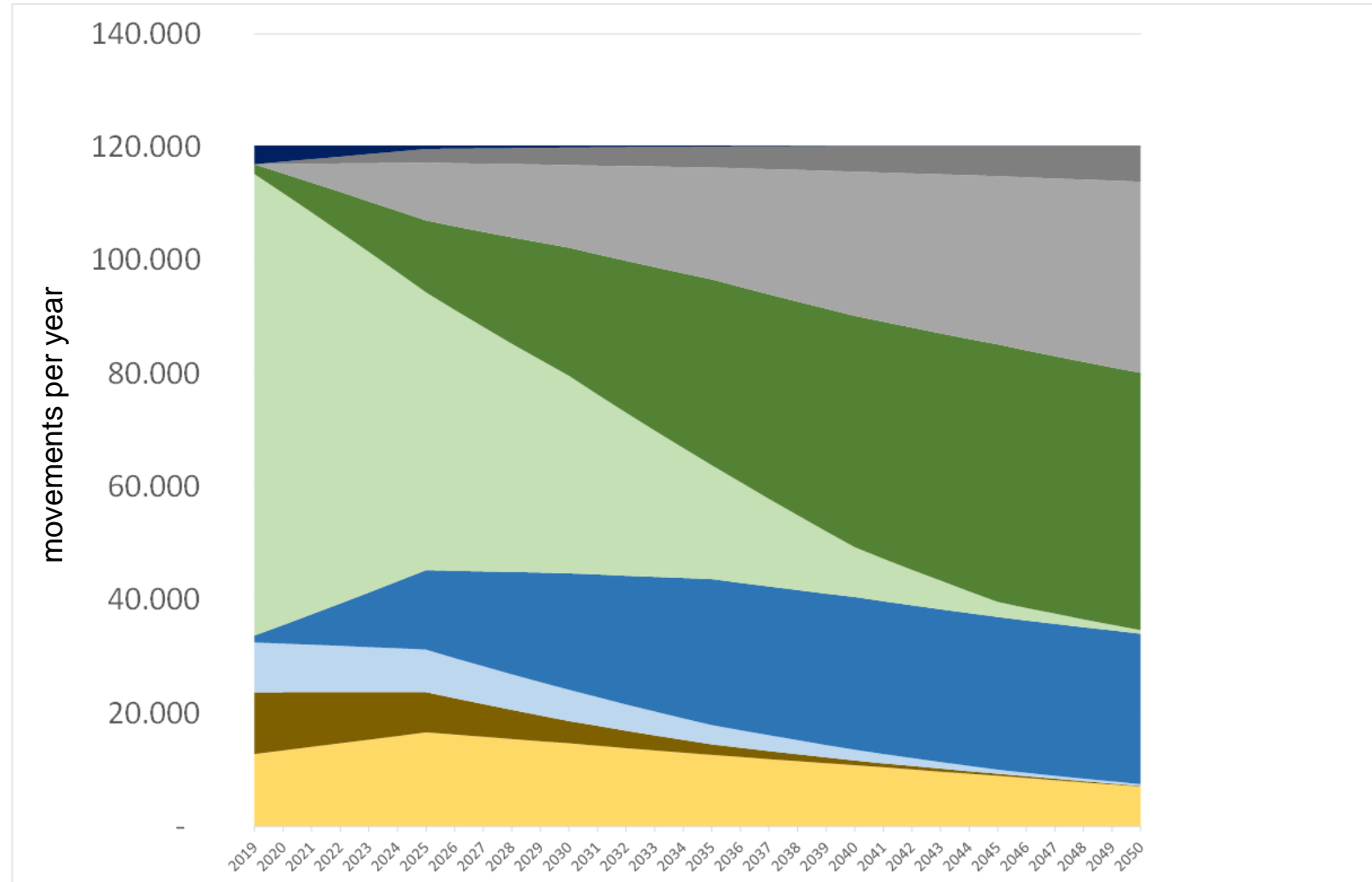
Lärmentwicklung an typischen Verkehrsflughäfen in Deutschland

Entwicklung der Bewegungen – Bewegungslimitierung



Flugzeuggruppen

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



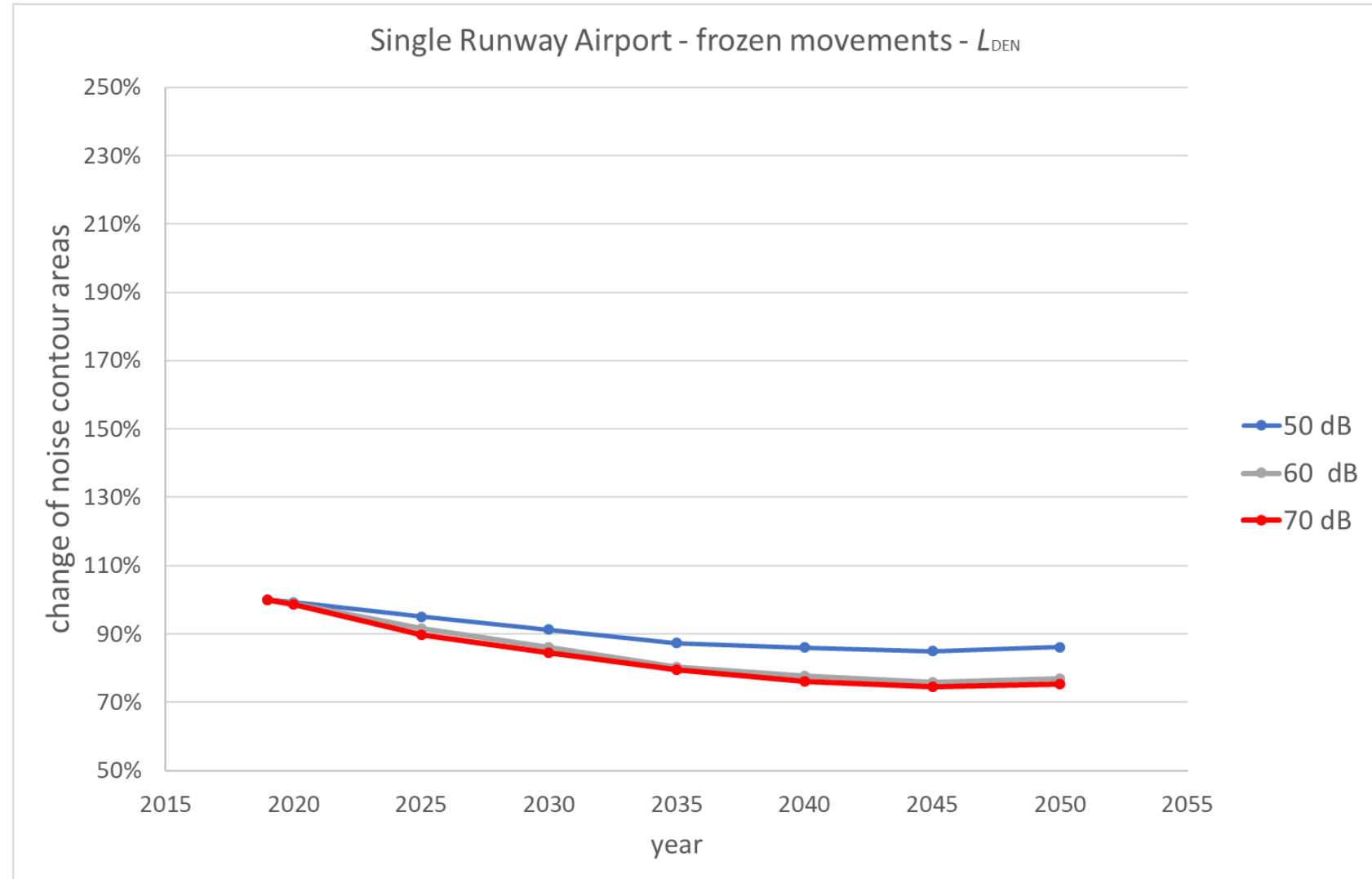
Quelle: Wolfgang Grimme, DLR LV

Lärmentwicklung an typischen Verkehrsflughäfen in Deutschland

Entwicklung der Bewegungen – Bewegungslimitierung



lediglich eine leichte
Abnahme der
Konturflächen



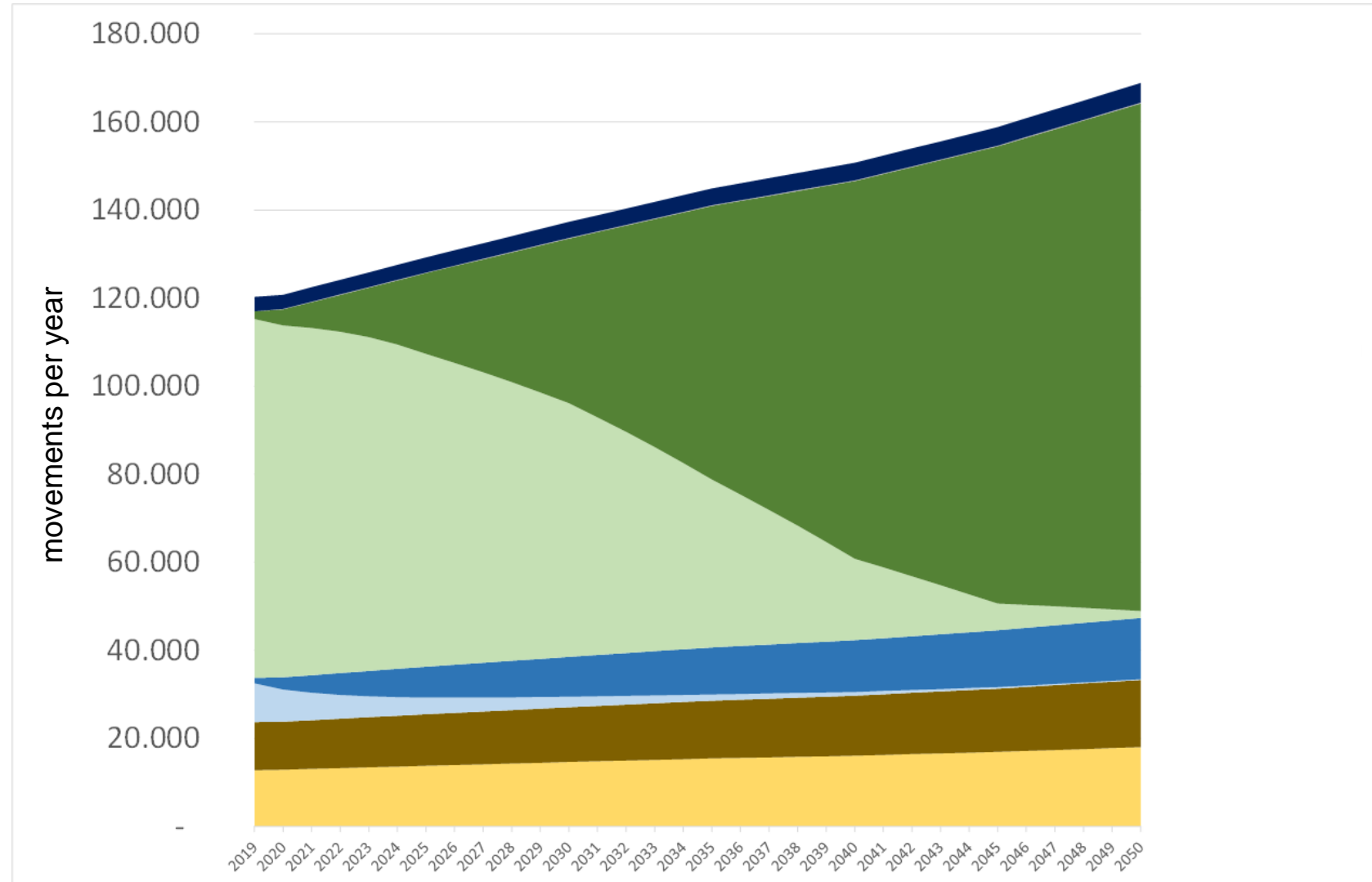
Lärmentwicklung an typischen Verkehrsflughäfen in Deutschland

Entwicklung der Bewegungen – Gewichtslimitierung



Flugzeuggruppen

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

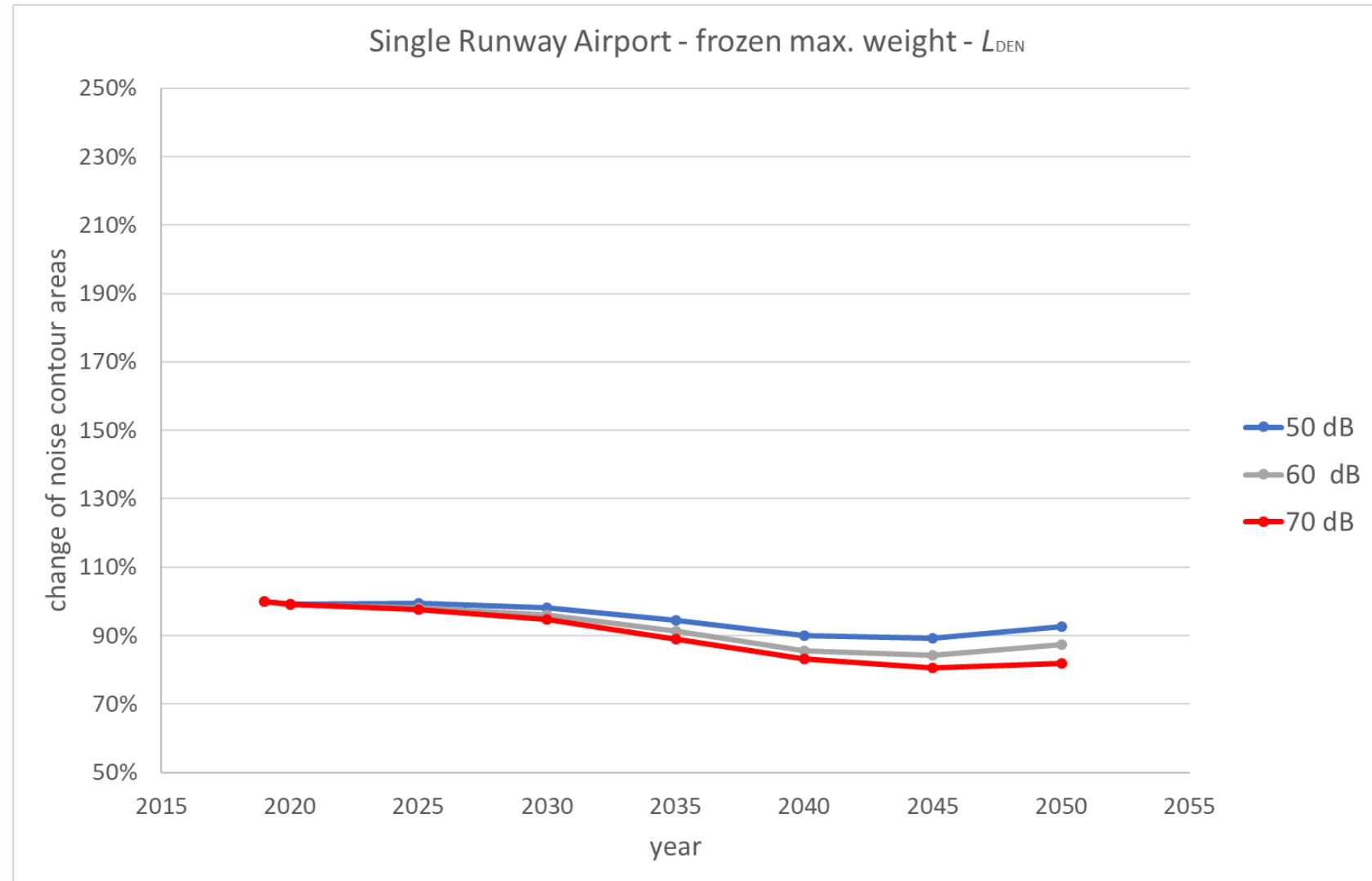


Quelle: Wolfgang Grimme, DLR LV

Lärmentwicklung an typischen Verkehrsflughäfen in Deutschland

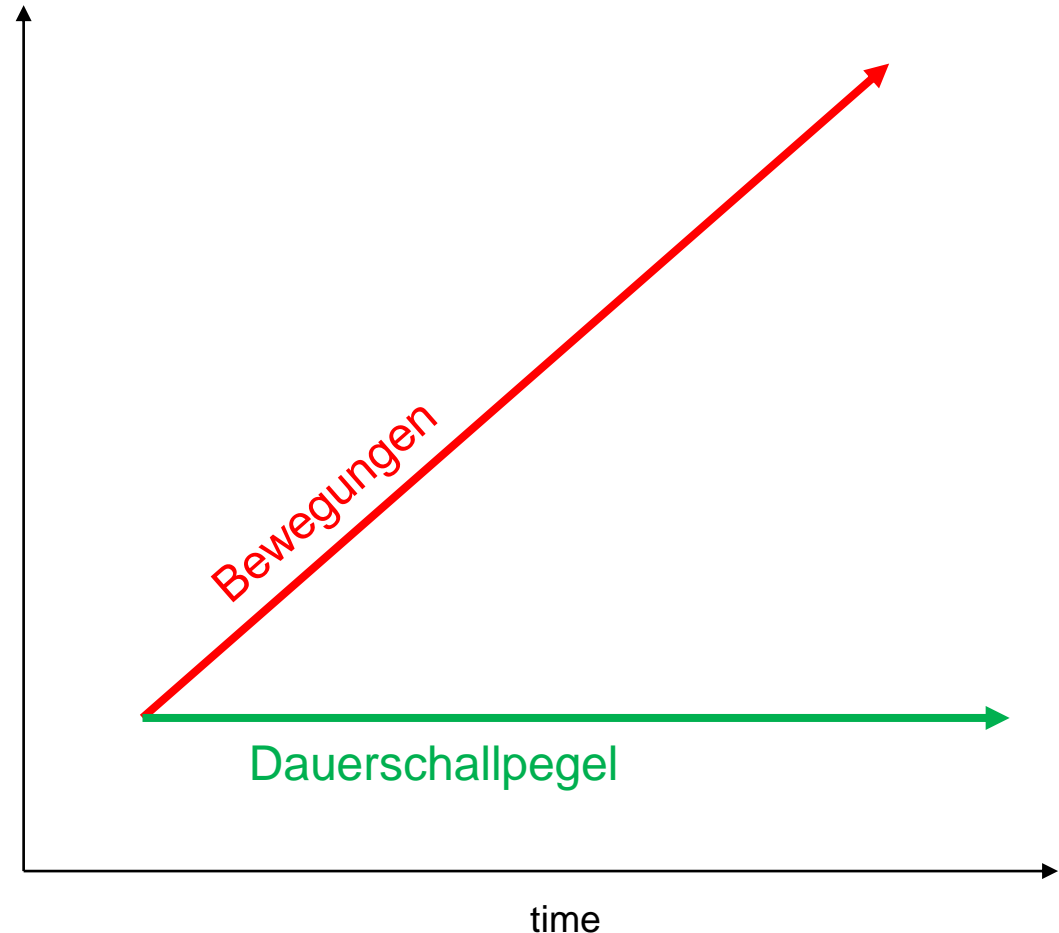
Entwicklung der Bewegungen – Gewichtslimitierung

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
- **Beste Fluglärmschutz ist der Einsatz von modernen leiseren Flugzeugen**



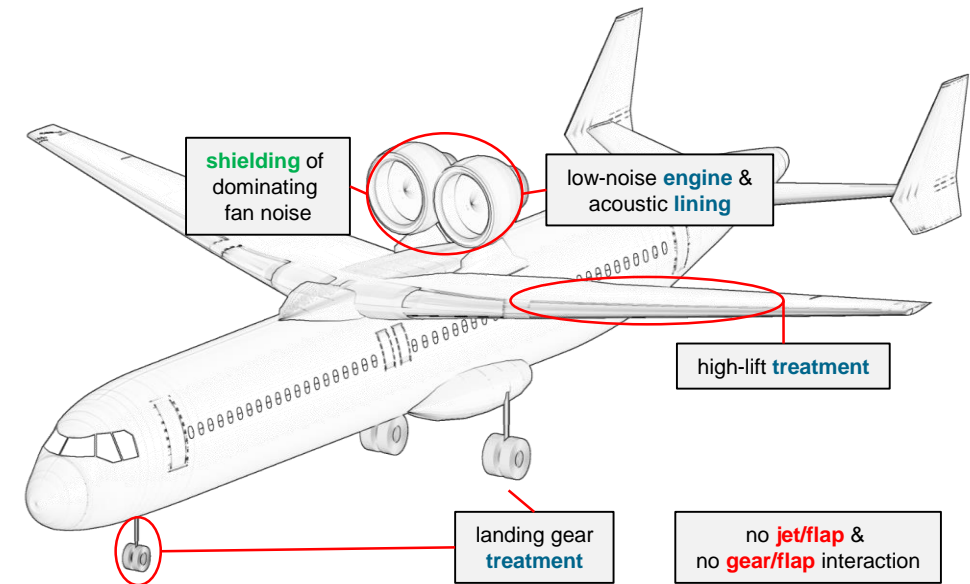
▪ Fluglärmentwicklung

▪ Wie fliegt man leise?

- horizontale Flugverfahren
- vertikale Flugverfahren

▪ Was sind leise Flugzeuge?

- leise Technologien
- leises Flugzeugdesign



Ziel: Minimierung der Fluglärmimmission 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 fortgeschrittene „4D-routing systems“
 - „curved approaches“ versprechen ein Lärmentlastung

leise Abflüge:

möglichst wenig Schub (wenig Triebwerkslärm)

kleine Steigwinkel \Rightarrow **niedrig**

möglichst schnell (kurze Geräuschkdauer)

\Rightarrow kleine Steigwinkel \Rightarrow **niedrig**

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

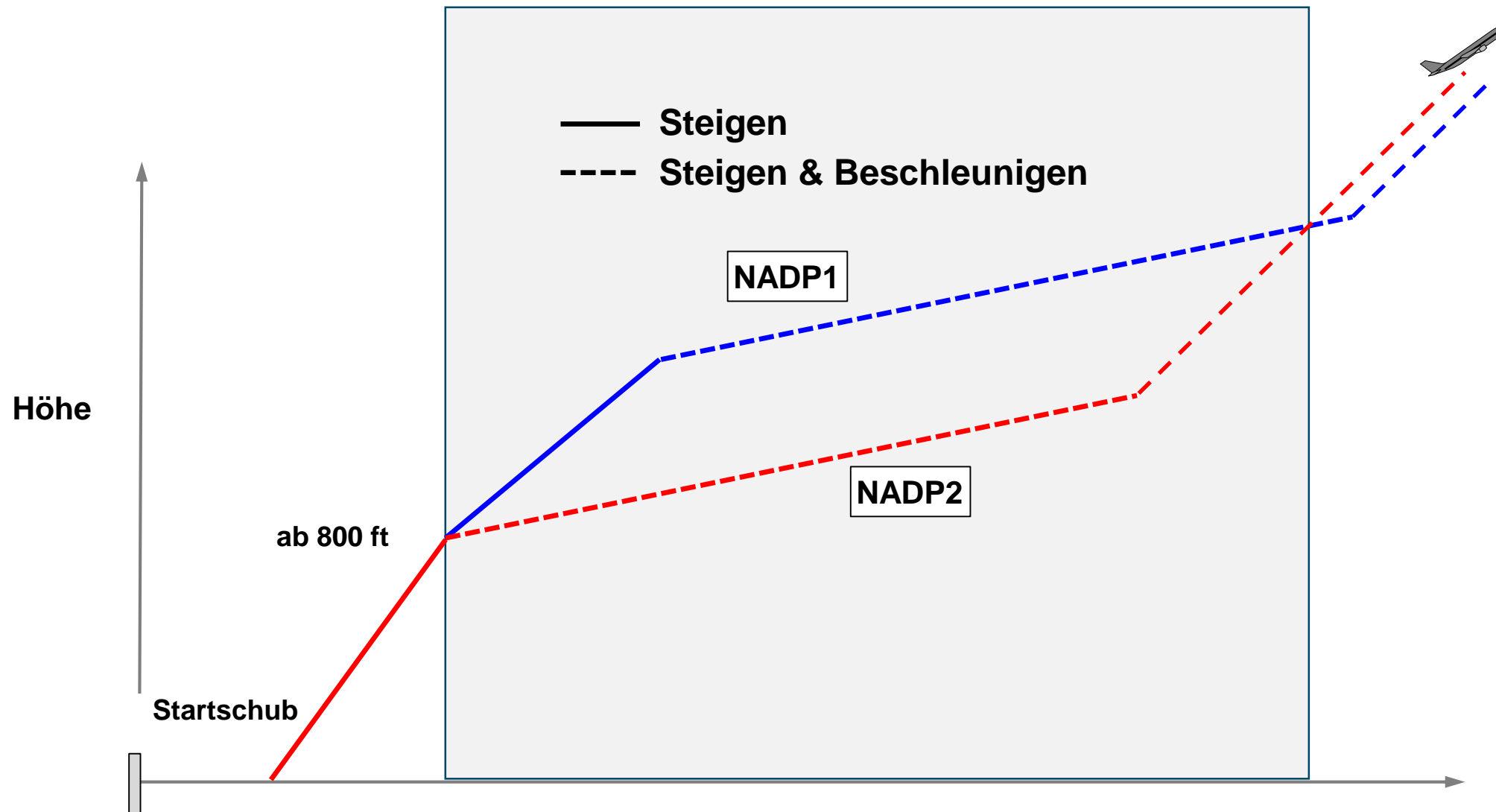
\Rightarrow viel Schub \Rightarrow **laut**

möglichst flache Vorbeiflüge (hohe Dämpfung durch Bodeneffekte)

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

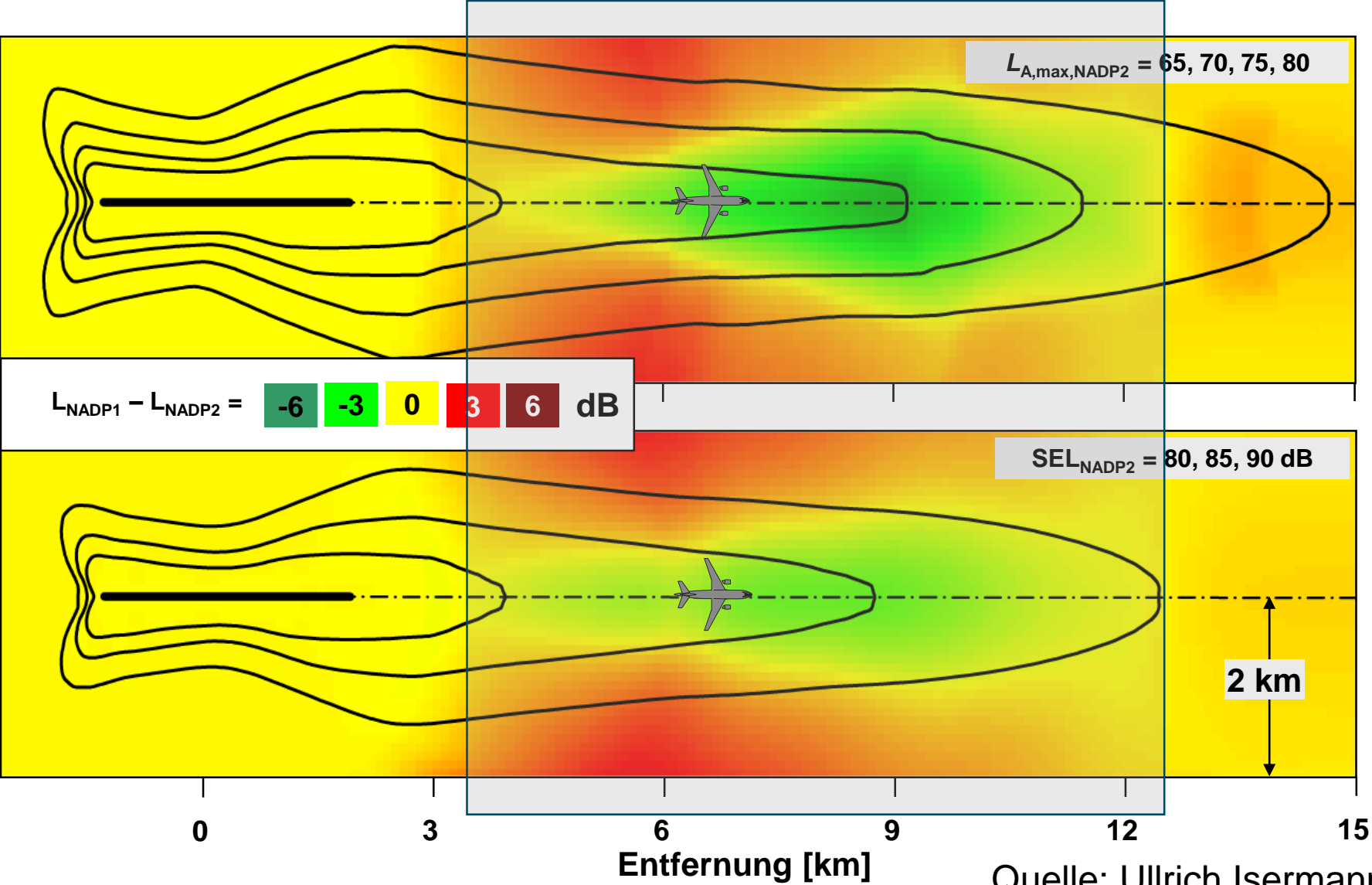
Vertikale Flugbahnoptimierung

Abflug



Vertikale Flugbahnoptimierung

Abflug



Quelle: Ullrich Isermann DLR AS-HEL

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)

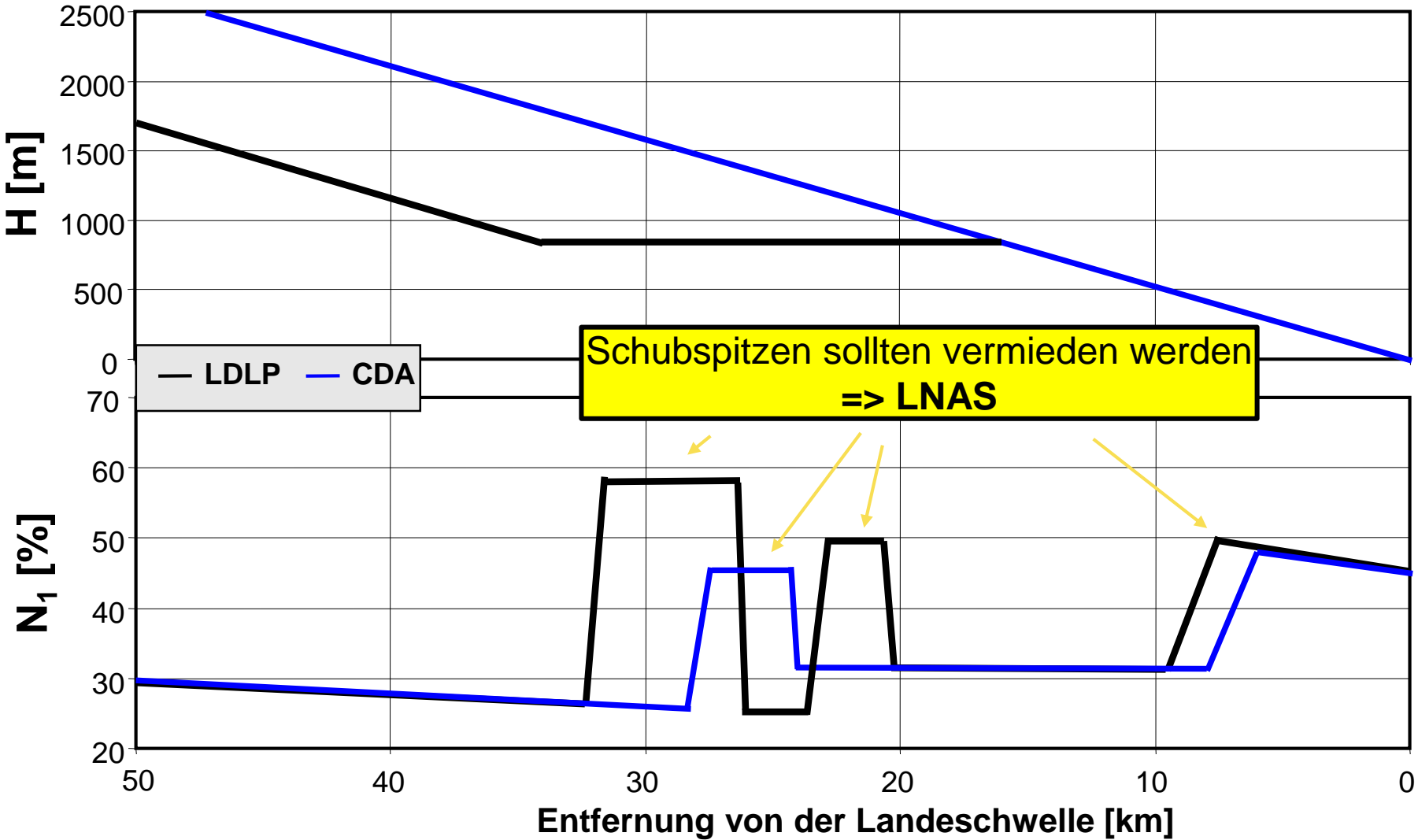
⇒ kleine Sinkwinkel ⇒ **niedrig**

möglichst wenig Widerstand (wenig aerodynamischer Lärm)

⇒ Verzögern durch Horizontalflug ⇒ **niedrig**

Vertikale Flugbahnoptimierung

Anflug

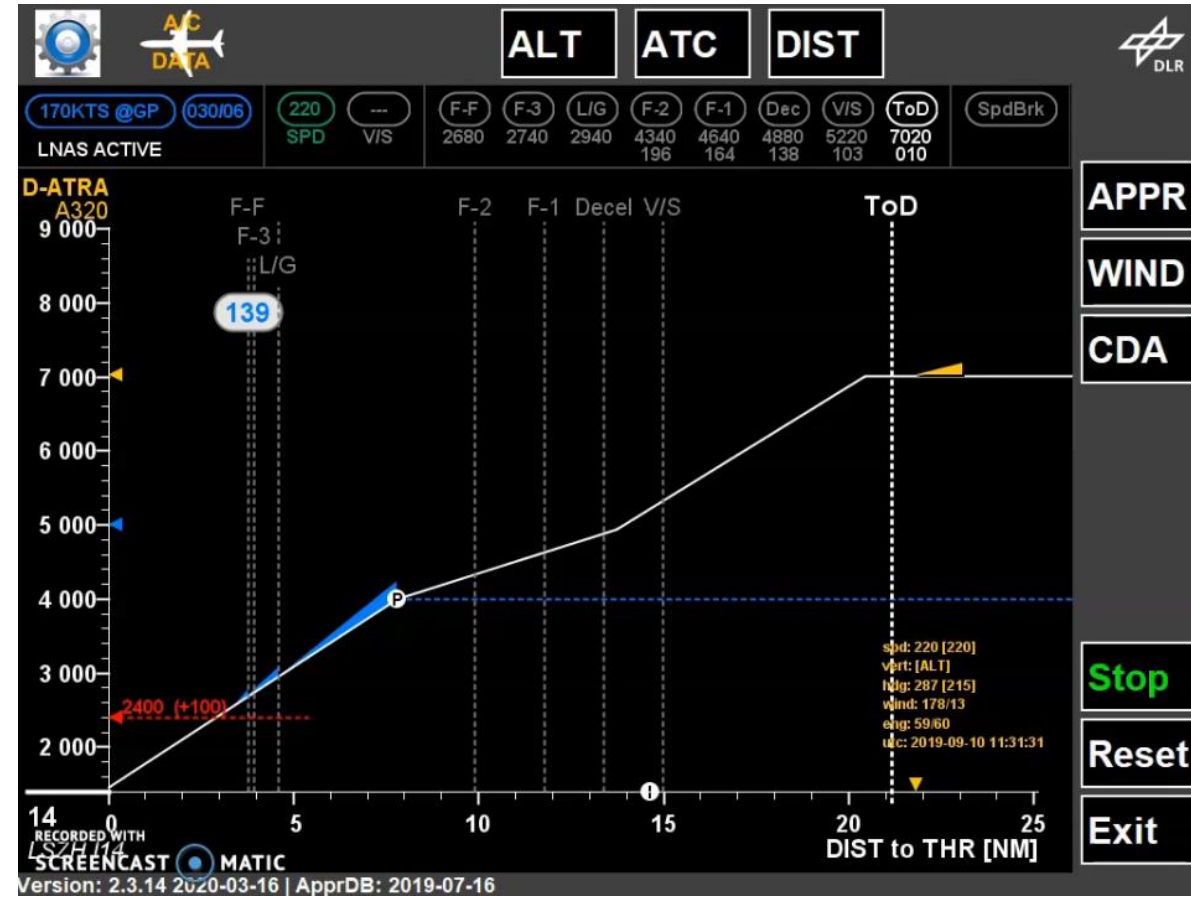


LNAS (Low Noise Augmentation System) – des DLR-FT

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

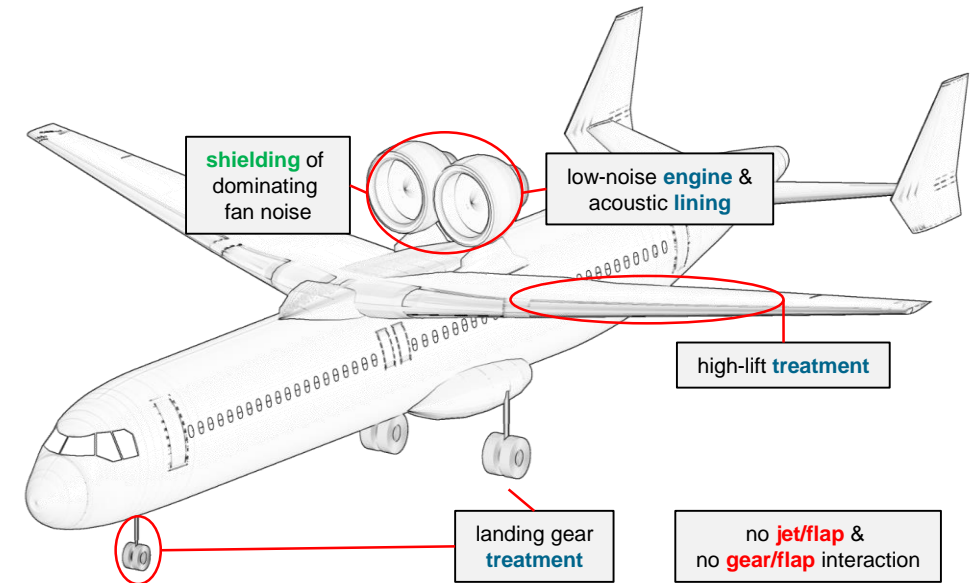
- Fluglärmentwicklung

- Wie fliegt man leise?

- horizontale Flugverfahren
- vertikale Flugverfahren

- Was sind leise Flugzeuge?

- leise Technologien
- leises Flugzeugdesign

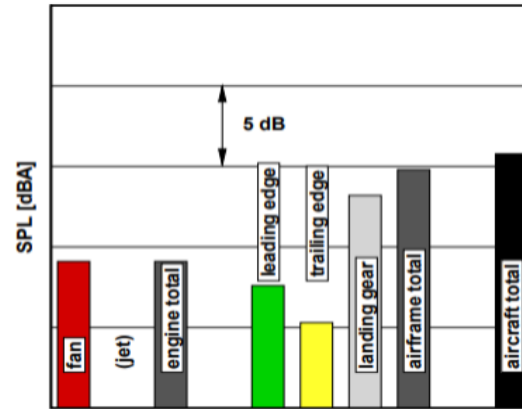
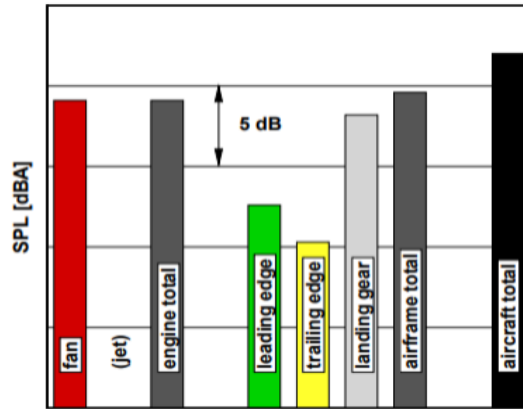


Relevanz der einzelnen Schallquellen am Flugzeug

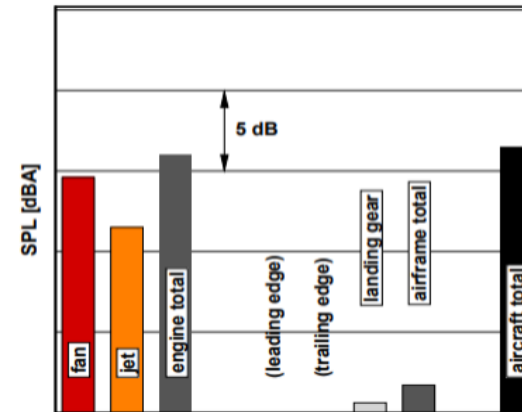
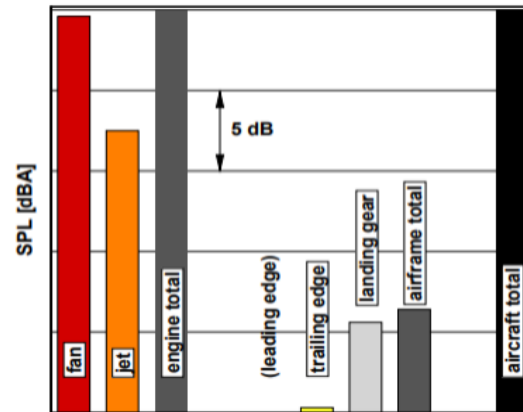
Technische Lösungen durch Retrofit



Landung



Abflug



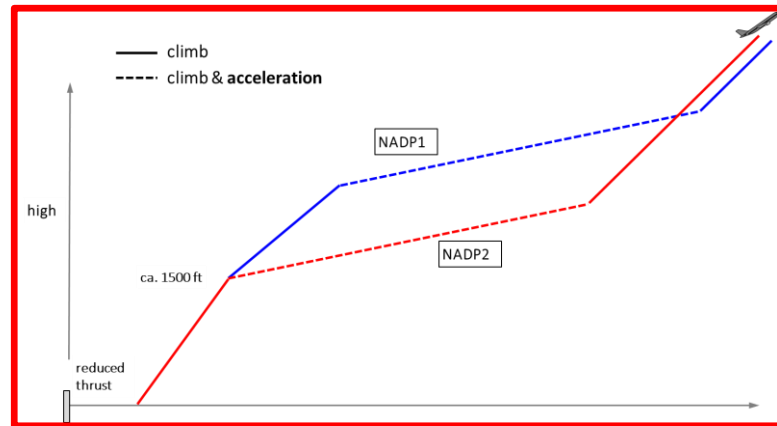
Referenz

Retrofit

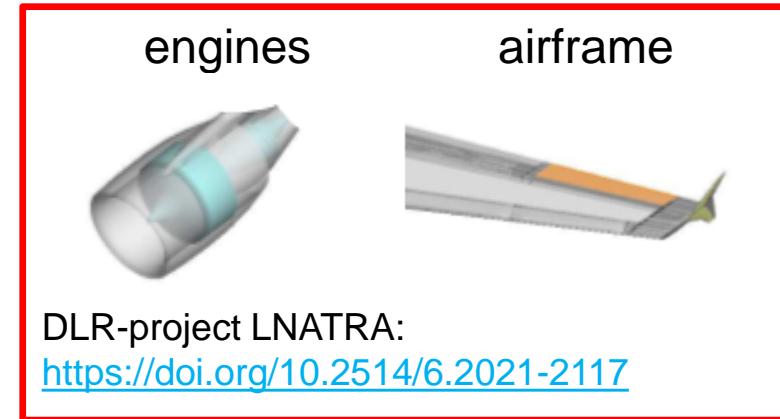
Reduktion

- 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

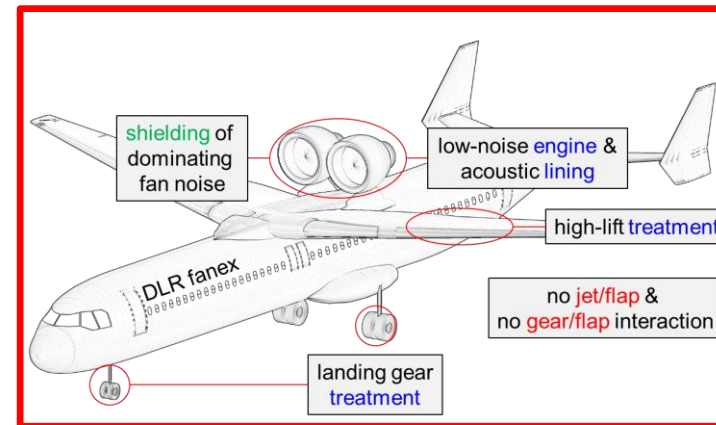
Lärmarmer Flugzeugentwurf inklusive PANAM (Flug- und Lärmsimulation)



Flugverfahren



leise Technologien



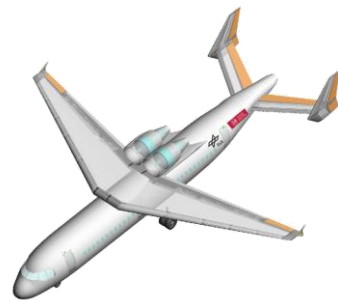
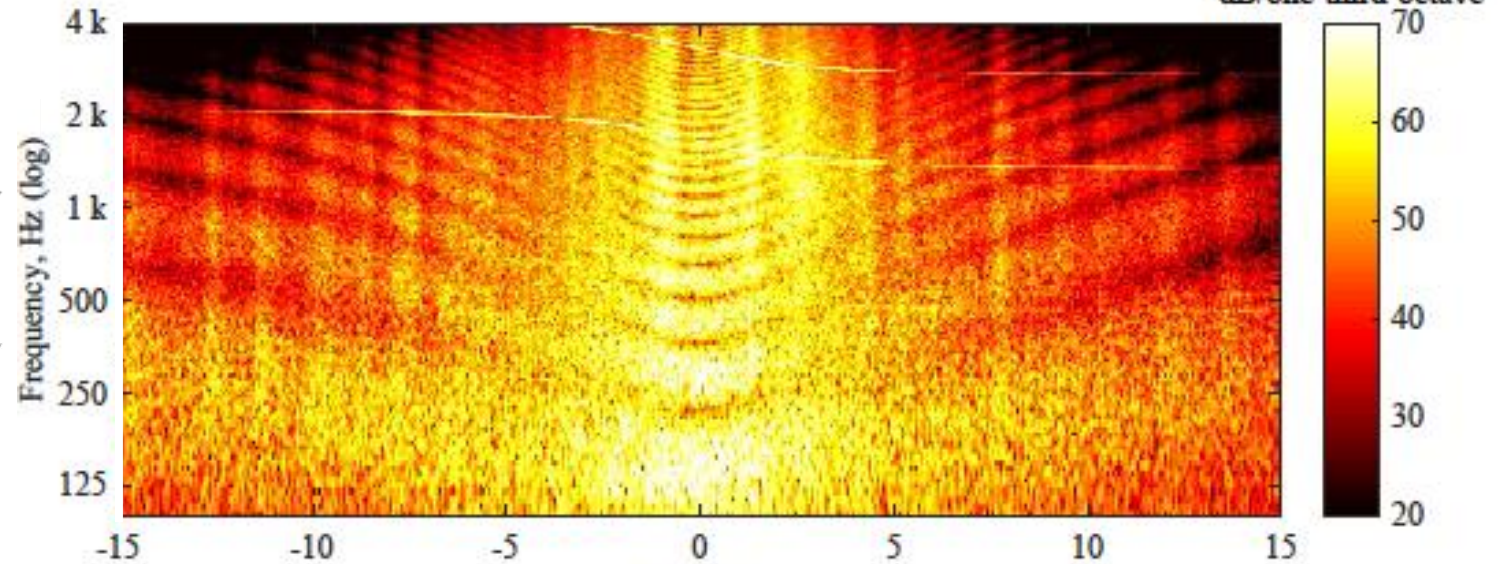
leise Flugzeugentwurf

Lärmarmen Flugzeugentwurf TM

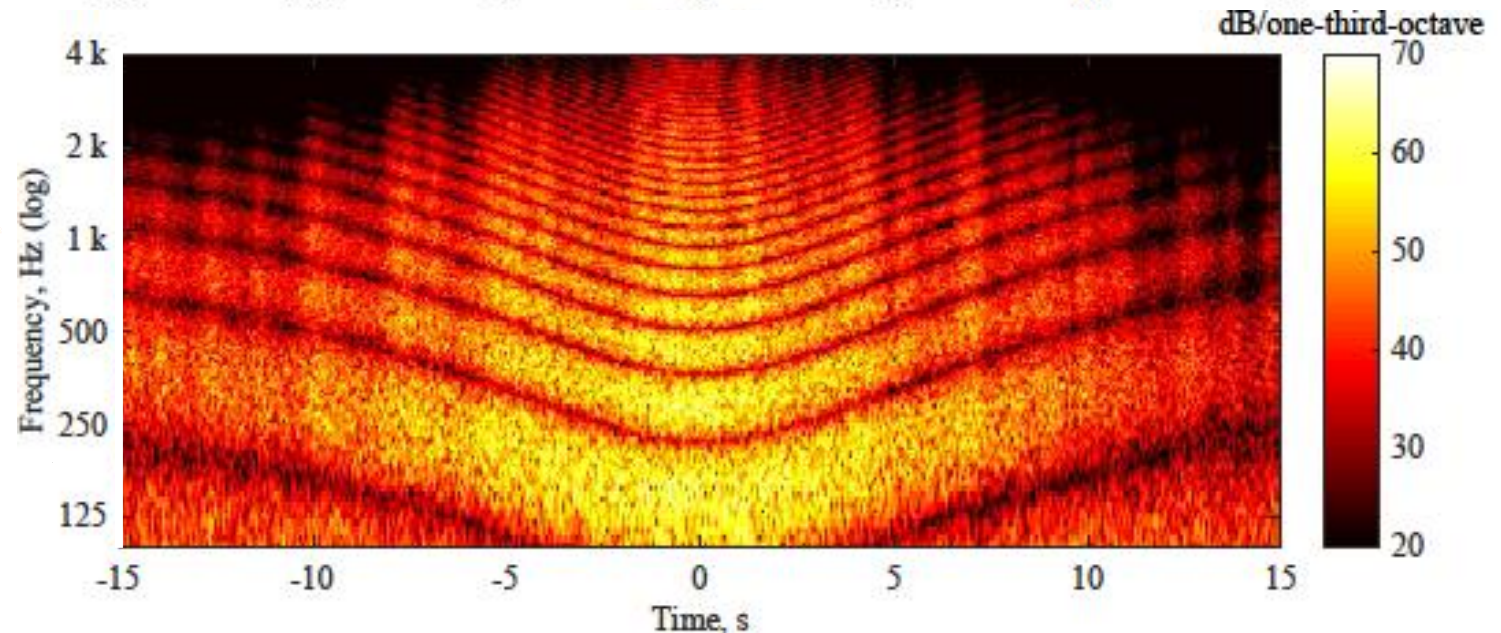
- Anflug-situation
4 km vor der Lande-schwelle



Referenz A319



game changer



- **Der beste Fluglärmschutz 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