

ÜBERBLICK ÜBER EINE ERWEITERUNG VON LNAS FÜR LÄRMOPTIMIERTE ABFLÜGE

JOSCHA KURZ, DLR, INSTITUT FÜR FLUGSYSTEMTECHNIK
JASON BLINSTRUB, DLR, INSTITUT FÜR AERODYNAMIK/STRÖMUNGSTECHNIK

DGLR Fachausschussworkshop - Flugmechanik/Flugführung (L6)
Missionsführung, Bahnführung und Bahnplanung für innovative
Luftfahrtanwendungen

Manching, 23.-24. Mai 2023
Airbus Defence & Space GmbH



Überblick

1. Einleitung
2. Lärmindernde Abflugverfahren
3. Konzept des Pilotenassistenzsystems
4. Beispiel für einen Abflug
5. D-KULT
6. Zusammenfassung und Ausblick



Einleitung

Motivation



- Steigende Anzahl an Flugbewegungen in Europa (EU28+EFTA) [1]:



- Negative gesundheitliche Auswirkungen durch Fluglärm (u. A. Herzerkrankungen, Schlafstörungen, Belästigung, kognitive Beeinträchtigung) [1]
- Anwohner fühlen sich durch Flugzeuglärm mehr gestört als von anderen Verkehrsmitteln [1]
- Ziel: Reduzierung des wahrgenommenen Lärms um 65 % bis 2050 (*Flightpath 2050*) [2]

[1] European Union Aviation Safety Agency. European aviation environmental : report 2019. Publications Office, 2019. [2] European Commission. Flightpath 2050: Europe's vision for aviation; maintaining global leadership and serving society's needs; report of the High-Level Group on Aviation Research Policy / European Commission. Publ. Off. of the Europ. Union, Luxembourg, 2011.

Einleitung

Lärmmindernde Maßnahmen

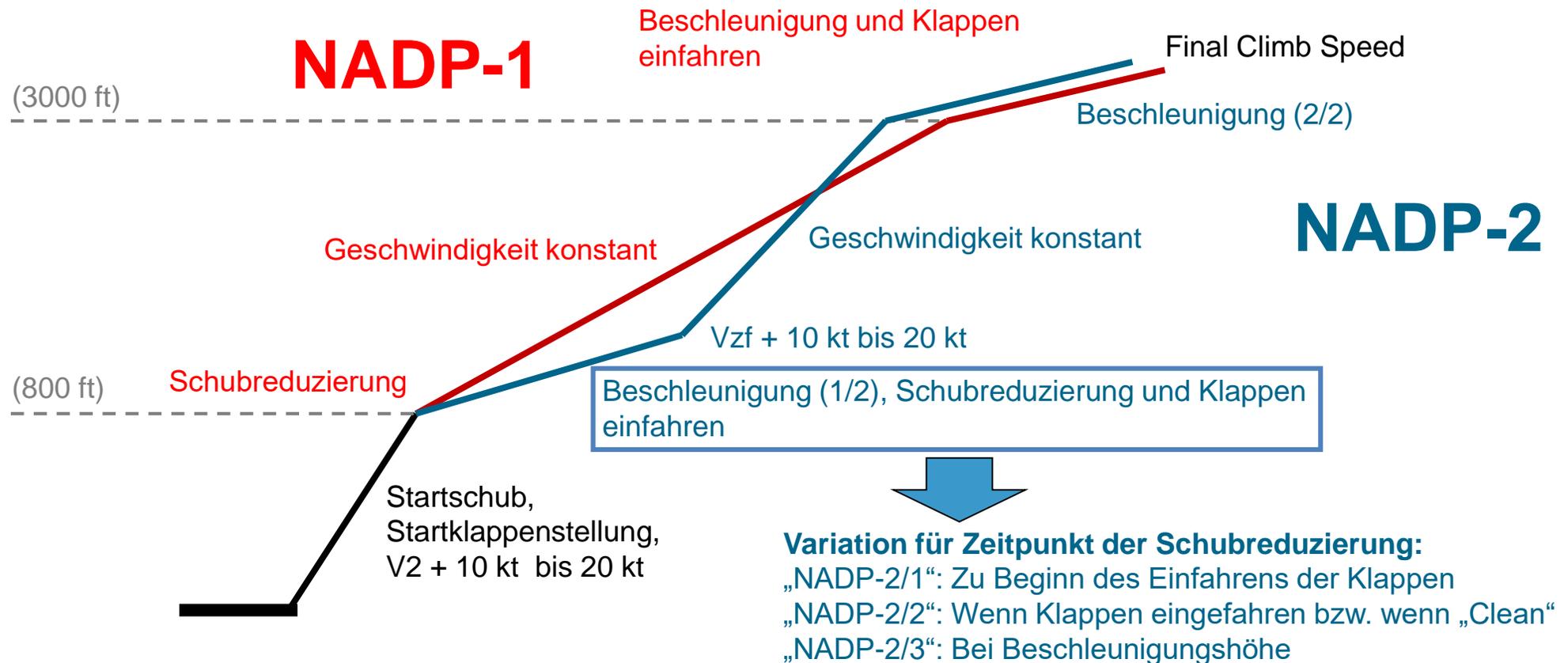


- Grundsätze zur Fluglärmreduzierung [3]:
 - Reduzierung an der Lärmquelle
 - Flächennutzungsplanung/–management
 - Lärmmindernde operationelle Verfahren
 - Betriebsbeschränkungen für Luftfahrzeuge
- Vorteile operationeller Maßnahmen:
 - Schnellere Umsetzung als bei technologische Neuentwicklungen möglich
 - Maßnahmen sind auch bei älteren Flugzeugen anwendbar
- EU-Verordnung No. 859/2008 [4]: Definition von zwei Abflugverfahren durch den Flugzeugbetreiber für jeden Flugzeugtyp:
 - 1) NADP-1 zur Lärmreduzierung im Flughafen-Nahbereich
 - 2) NADP-2 zur Lärmreduzierung im Flughafen-Fernbereich

[3] International Civil Aviation Organization. Guidance on the Balanced Approach to Aircraft Noise Management, 2008. [4] European Commission. Commission Regulation (EC) No 859/2008 of 20 August 2008 amending Council Regulation (EEC) No 3922/91 as regards common technical requirements and administrative procedures applicable to commercial transportation by aeroplane, 2008.

Abflugverfahren Noise Abatement Departure Procedures (NADP)

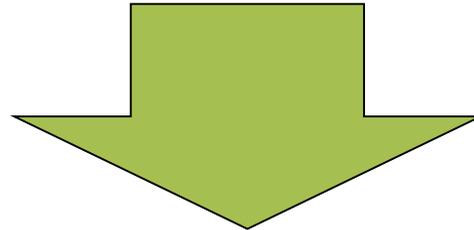
Beispiele für NADP-1 (Schutz Nahbereich) und NADP-2 (Schutz Fernbereich) in PANS-OPS [5]:



[5] International Civil Aviation Organization. Procedures for Air Navigation Services - Aircraft Operations. Volume I - Flight Procedures: Doc 8168, 2006.

Problem und Verbesserungspotenzial:

- Abflugverfahren werden nicht an individuelle Randbedingungen eines einzelnen Fluges angepasst
- Randbedingungen bieten Potenzial für eine individuelle Anpassung der Abflugverfahren und eine optimierte Lärmverteilung



Idee:

- Anpassung für realen Abflug im Flugbetrieb (Startmasse, Schubniveau, Wetter, etc.)
- Anpassung und Empfehlung der Beschleunigungs- und Schubreduzierungshöhe der lärmindernden Abflugverfahren NADP-1 & NADP-2
- Ziel: Lärmoptimierter und/oder energieeffizienter Abflug unter Berücksichtigung der lokalen Bevölkerungsverteilung

Konzept des Assistenzsystems Allgemeine Funktion und Bedienung



My Flight TAKEOFF D-ATRA A320-232

[Airport]
[Runway]

WIND °/kt (000/0)
OAT °C 15 (ISA +3)
QNH hPa 1013
RWY COND Dry
TOW T 75.5
T.O CG CG <25%MAC (STD)
CONF CONF 2 (STD)
AIR COND On (STD)
A-ICE Off

MEL 0 CDL 0
CLEAR MODIFY

Runway
CONF 2 MTOW 82.5 T TOW 75.5 T

THR	V1	VR	V2	MRG	LIM
TOGA	119-141	141	145	1712-1033	TOW-VMU >
F 50	140-149	152	157	706-273	TOW-2SEG >
F 42	119-141	141	145	1552-816	TOW-VMU >
F 44	121-143	143	148	1465-692	TOW-2SEG >
F 46	124-145	145	150	1367-551	TOW-2SEG >
F 48					

LNAS Take-off

Airport	EDDX	TOM	75500	kg
RWY	08	CG	25	% MAC
	Full Length	Wind	0 / 0	kt / °
SID	X0X1X2	OAT	15	°C
NADP-Mode	All	QNH	1013	hPa
		CONF	2	-
		AC	Norm	
		A-ICE	Off	
		VR	141	kt
		V2	145	kt
		FLX	Off	°C
		V-CLB	250	kt

DLR

Eingabe

Simulation & Auswertung

LNAS Take-off

Procedure	Acceleration (AGL)	Thrust Reduction (AGL)	ΔNoise	ΔFuel	ΔTime
NADP-2/2	1500 ft	- ft			
NADP-2/3	800 ft	800 ft	-6.1 %	+3.7 kg	+0.3 min
NADP-2/1	800 ft	- ft	-5.8 %	-0.2 kg	+0.2 min
NADP-2/3	1000 ft	1000 ft	-5.3 %	+6.5 kg	+0.3 min
NADP-2/1	1000 ft	- ft	-4.9 %	+2.5 kg	+0.2 min
NADP-2/3	1200 ft	1200 ft	-4.8 %	+9.3 kg	+0.3 min

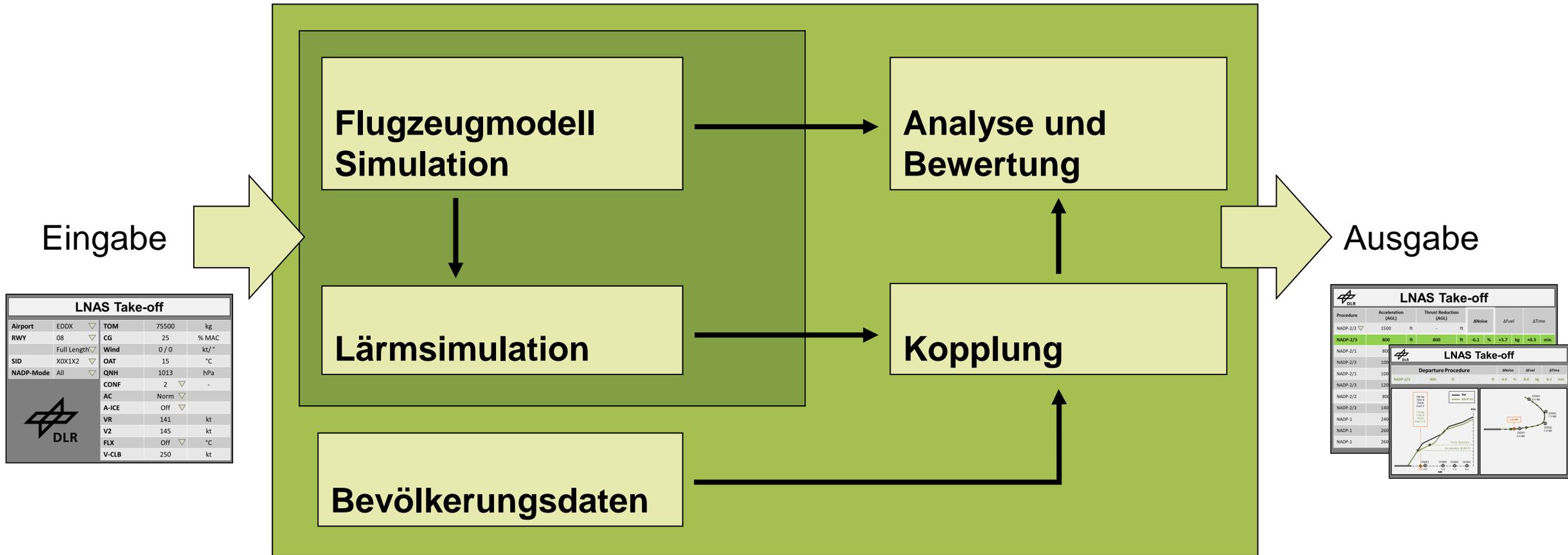
LNAS Take-off

Departure Procedure

Procedure	Acceleration (AGL)	Thrust Reduction (AGL)	ΔNoise	ΔFuel	ΔTime
NADP-2/3	800 ft	- ft	-4.6 %	-8.8 kg	-0.1 min

Ausgabe

Konzept des Assistenzsystems Simulation und Auswertung



Konzept des Assistenzsystems

Simulation und Auswertung



Flugzeugmodell (Institut für Flugsystemtechnik)

- Airbus A320-232
- Regler u. A. für Autopilot mit Flugmodi, A/THR und FADEC
- Implementierungen:
 - Kontrollstruktur zur Steuerung der Modelleingangsgrößen (z. B. Flugmodi, Schubhebel)
 - Weitere Funktionen (z. B. vertikales Windprofil, vereinfachte laterale Navigation)

Lärmsimulation (Institut für Aerodynamik und Strömungstechnik)

- Teilschallquellenmodell SIMUL
- Berücksichtigung von Triebwerkslärm und Umströmungslärm (Fahrwerk, Hochauftriebshilfen)

Konzept des Assistenzsystems Simulation und Auswertung



Bevölkerungsdaten

- Global Human Settlement Population Grid (GHS-POP) [6]
- Verteilung und Dichte der Bevölkerung (Anzahl Menschen/Zelle)

Analyse und Auswertung

- Lärmbewertung für beliebiges Bewertungsmaß (z. B. mit Aufwachkriterium [7] bzw. Anzahl der Aufwachreaktionen)
- Flugleistungsbewertung über Treibstoffverbrauch und Zeit

[6] European Commission, Joint Research Centre, D. Ehrlich, A. Florczyk, M. Pesaresi, L. Maffeni, M. Schiavina, L. Zanchetta, P. Politis, T. Kemper, F. Sabo, S. Freire, C. Corbane, and M. Melchiorri. GHSL data package 2019 : public release GHS P2019. Publications Office, 2019. [7] Mathias Basner, Alexander Samel, and Ullrich Isermann. Aircraft noise effects on sleep: Application of the results of a large polysomnographic field study. The Journal of the Acoustical Society of America, 119(5, Pt 1 of 2):2772–2784, 2006.

Beispiel

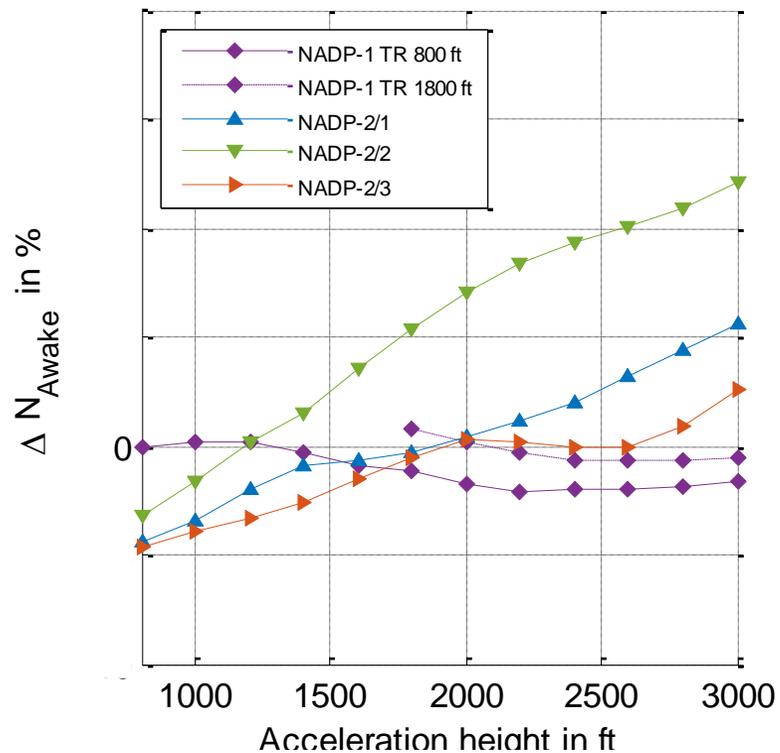
Anzahl der Aufwachreaktionen

Ergebnisse gelten nur unter den individuellen Randbedingungen für das Beispiel und sind nicht übertragbar bzw. allgemeingültig

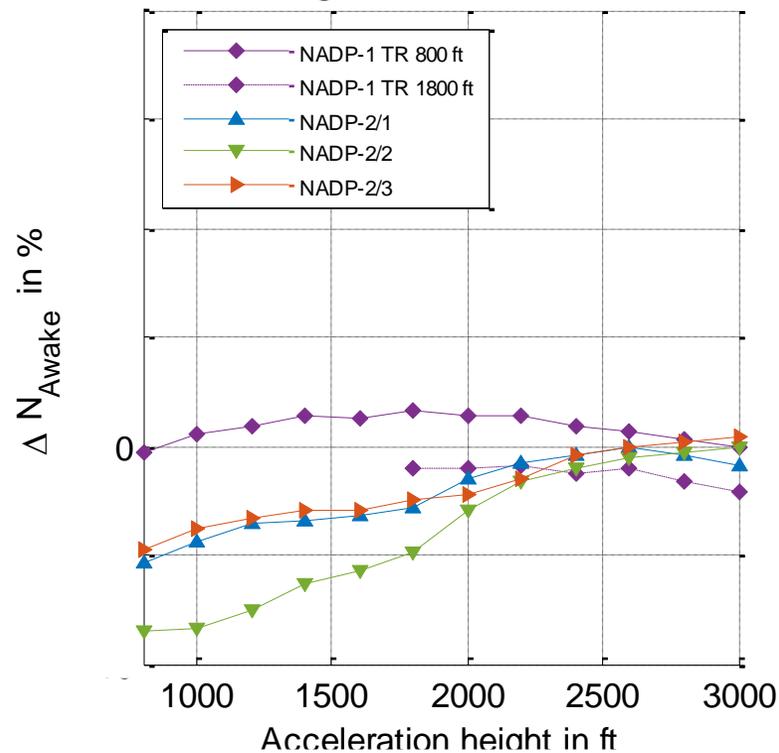


- max. Startmasse, max. Startschub und Startklappenstellung Conf-2
- Referenz: Schubreduzierung und Beschleunigung auf 250 kt in 1000 ft über Grund

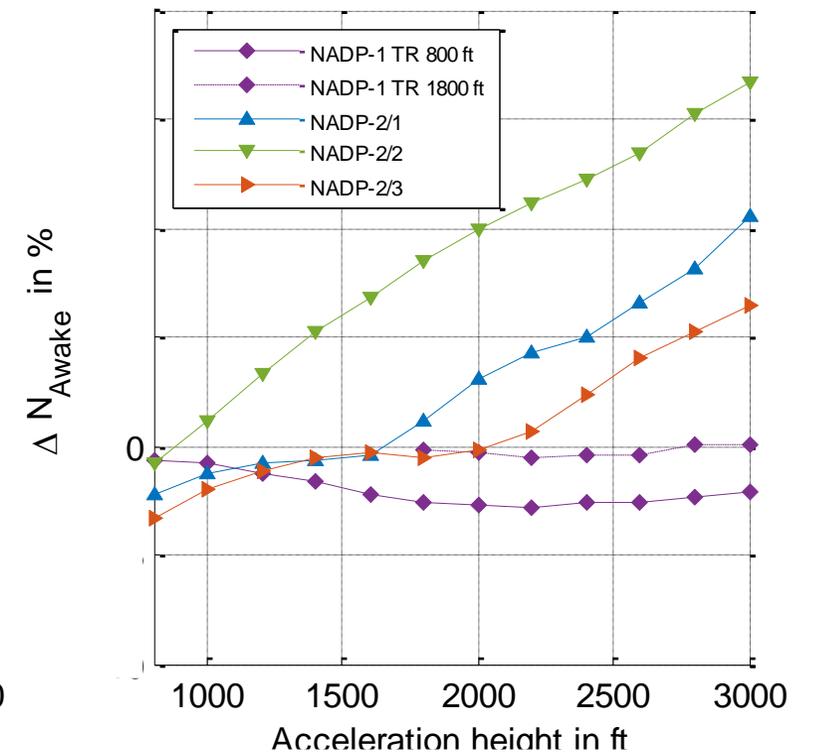
Ohne Wind



Gegenwind 15 kt

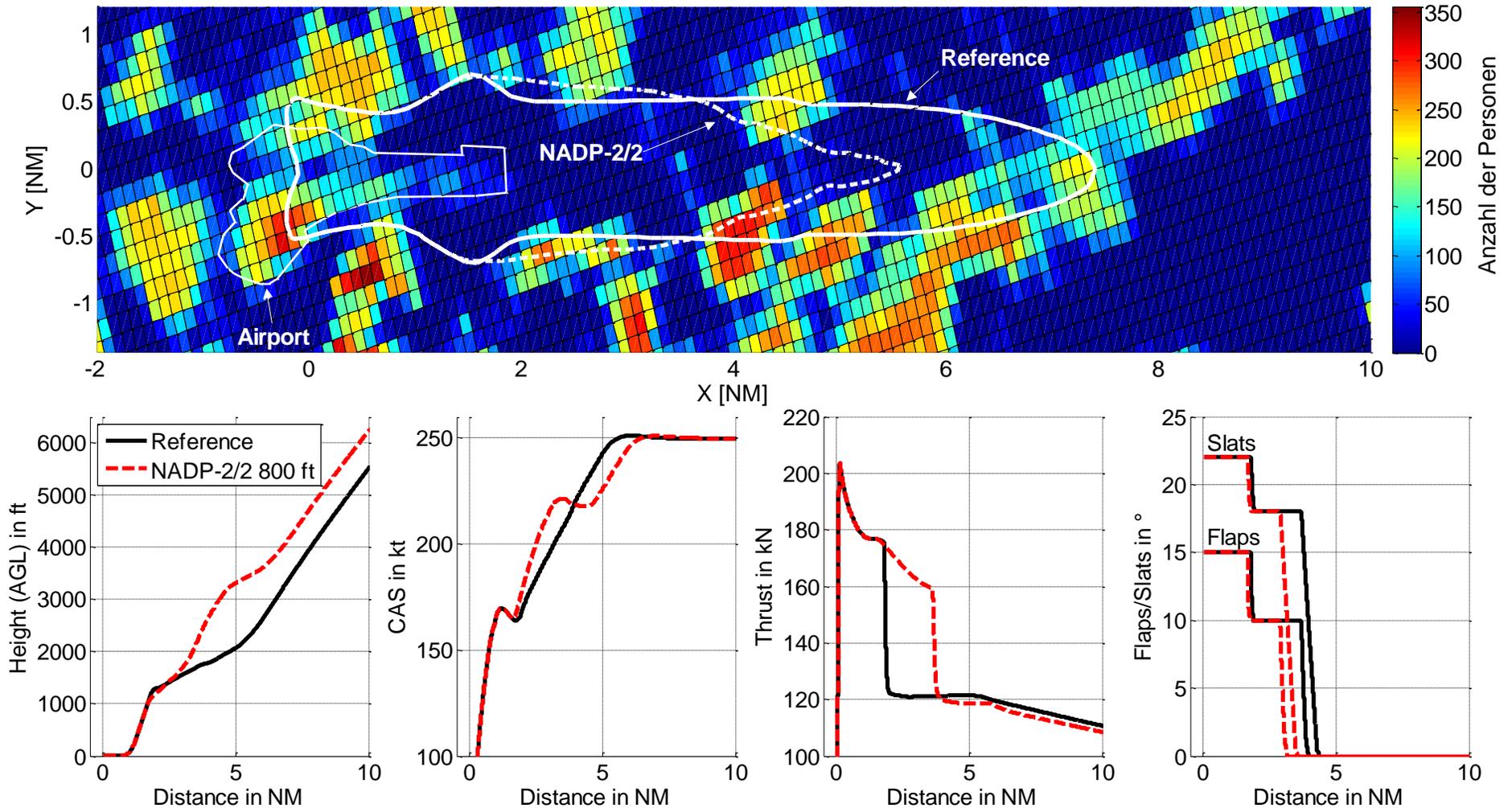


Rückenwind 10 kt



NADP-2/1: Schubreduzierung zu Beginn des Einfahrens der Klappen
 NADP-2/2: Schubreduzierung, wenn „Clean“
 NADP-2/3: Schubreduzierung bei Beschleunigungshöhe

Beispiel Vergleich von Lärmkonturen



NADP-2/1: Schubreduzierung zu Beginn des Einfahrens der Klappen
 NADP-2/2: Schubreduzierung, wenn „Clean“
 NADP-2/3: Schubreduzierung bei Beschleunigungshöhe

Demonstrator Klima- und Umweltfreundlicher Lufttransport (D-KULT)



- Weitere Forschung im Rahmen des LuFo-Projekts D-KULT
- Entwicklung für die Airbus A320, A330 und Boeing 787
- Versuche im Flugsimulator (A320, B787) und im realen Flugbetrieb (A330)
- Partner & Beteiligte: LH, FRAPORT, EMPA, UNH, Jeppesen, DFS
- Implementierung der Benutzeroberfläche [8] gemäß ARINC 661:

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages

LNAS Takeoff

Airport & Runway

Airport: EDDM

Runway: Runway, Direction

Runway Length: 4000

SID: Direction, SID

NADP-Mode: All, NADP 1, NADP 2

Weather Information

Wind: °/Kts

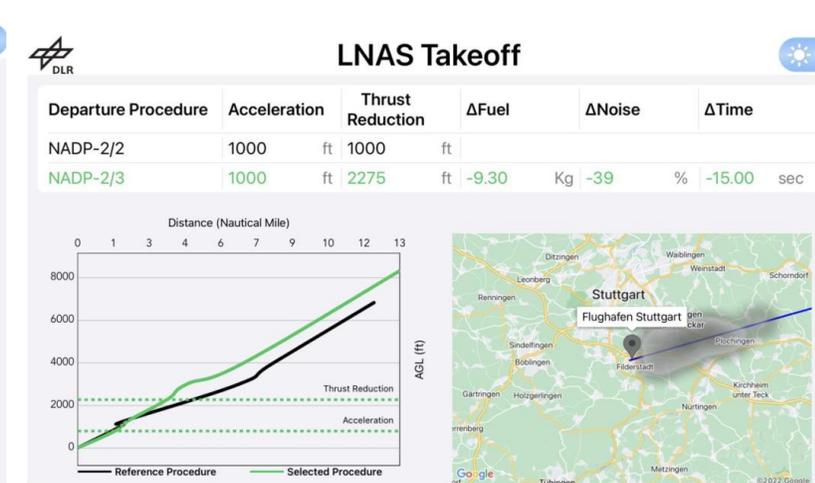
OAT: °C

QNH: hPa

Runway Condition: Runway Condition

LNAS Takeoff

References	Acceleration (AGL)	Thrust Reduction (AGL)	ΔFuel	ΔNoise	ΔTime
NADP-2/2	1000 ft	1000 ft			
NADP-2/3	800 ft	2004 ft	-14.00 Kg	-48 %	-17.00 sec
NADP-2/3	800 ft	2077 ft	-12.40 Kg	-88 %	-16.00 sec
NADP-2/3	1000 ft	2203 ft	-10.70 Kg	-4 %	-16.00 sec
NADP-2/3	800 ft	2227 ft	-10.10 Kg	-130 %	-14.00 sec
NADP-2/3	1000 ft	2275 ft	-9.30 Kg	-39 %	-15.00 sec
NADP-2/3	1000 ft	2423 ft	-7.30 Kg	-65 %	-13.00 sec
NADP-2/3	800 ft	2752 ft	-7.10 Kg	-100 %	-13.00 sec
NADP-2/3	800 ft	1152 ft	-5.80 Kg	-61 %	-5.00 sec
NADP-2/3	1000 ft	2943 ft	-4.70 Kg	-15 %	-12.00 sec
NADP-2/3	800 ft	1153 ft	-4.00 Kg	-119 %	-4.00 sec



[8] Nimisha Scariachan, Marie Goetz, Joscha Kurz, Umut Durak. ARINC 661 Based User Interface Design for a Sustainable Aviation Application on an Electronic Flight Bag, 2023. DOI 10.2514/6.2023-2711.

- Individuell lärmangepasste Abflugverfahren bieten Potenzial zur Fluglärmreduzierung
- Präzise Simulationstools und Informationen sind für zuverlässige Prognose der Lärmauswirkung bei schneller Rechenzeit notwendig. Mögliche Verbesserungsmaßnahmen:
 - Aktuelle Windinformation (räumlich & zeitlich) durch vorausfliegende Flugzeuge
 - Aktualisierung der anfänglich lärmoptimierten Trajektorie mit Flugdaten während des Fluges
 - Mehrbelastung für Piloten sollte vermieden werden
 - Eingriff in die Flugführungssysteme wäre erforderlich
- Konzept ist für beliebige Flugzeugmodelle/-typen und Lärmsimulationstools umsetzbar
- Lärmsensible Gegenden bzw. Standorte (z. B. Krankenhäuser) könnten in der Lärmbewertung besonders berücksichtigt werden
- Im Flugbetrieb ist Trade-off aus Lärmreduzierung und Wirtschaftlichkeit notwendig → Bewertung und Empfehlung der Verfahren flexibel an den Flugzeugbetreiber anpassbar
- Konzept wird im Rahmen des LuFo-Projekts D-KULT weiterentwickelt und auch für einzelne reale Abflüge getestet

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e. V. (DLR)

Institut für Flugsystemtechnik

Abteilung Flugdynamik und Simulation

Lilienthalplatz 7

38108 Braunschweig

Kontakt:

Joscha Kurz, M. Sc.

+49 531 295 3884

joscha.kurz@dlr.de

Literatur:

Joscha Kurz, Jason Blinstrub (2022) *Conceptual Design of a Pilot Assistance System for Customised Noise Abatement Departure Procedures*. Deutscher Luft- und Raumfahrtkongress 2022, 27.-29. Sep. 2022, Dresden, Deutschland.

Nimisha Scariachan, Marie Goetz, Joscha Kurz, Umut Durak (2023) *ARINC 661 Based User Interface Design for a Sustainable Aviation Application on an Electronic Flight Bag*. DOI 10.2514/6.2023-2711.

Thema: Überblick über eine Erweiterung von LNAS für lärmoptimierte Abflüge

Datum: 23. Mai 2023

Autor: Joscha Kurz

Institut: Institut für Flugsystemtechnik

Bildcredits: Alle Bilder „DLR (CC BY-NC-ND 3.0)“, sofern nicht anders angegeben