

Umsetzung von Flugverfahren / Flight Management Systeme (Teil 1)

Abschlussveranstaltung „Leiser Flugverkehr II“ am 17.9.2007 in Göttingen



Deutsches Zentrum
für Luft- und Raumfahrt e.V.
in der Helmholtz-Gemeinschaft

Folie 1 > Abschlussveranstaltung LFVK-II 17.9.07 > R. KÖNIG
Dokumentname > Abschlusspraesentation-LFVK-II-HAP3a-Teil1

INHALT

- AUFGABENSTELLUNG**
- LÄRMREDUZIERTE ANFLUGVERFAHREN**
- ERKENNTNISSE AUS ANDEREN PROJEKTEN**
- ANFORDERUNGEN AN FLIGHT MANAGEMENT (FMS) UND FLIGHT CONTROL SYSTEME (FCS)**
- ZUSAMMENFASSUNG**



Deutsches Zentrum
DLR für Luft- und Raumfahrt e.V.
in der Helmholtz-Gemeinschaft

Folie 2 > Abschlussveranstaltung LFKV-II 17.09.07 > R. KÖNIG
Dokumentname > Abschlusspraesentation-LFKV-II-HAP3a-Teil1

AUFGABENSTELLUNG

- Definition von Flugverfahren und Ableitung von FMS / FCS Anforderungen
 - Definition **realisierbarer Noise Abatement Procedures (NAPs)** aufbauend auf den **Erkenntnissen** des Projektes „Leiser Flugverkehr“
 - Ableitung von **Anforderungen** an FMS / FCS zur effizienten und sicheren Durchführung der definierten Flugverfahren

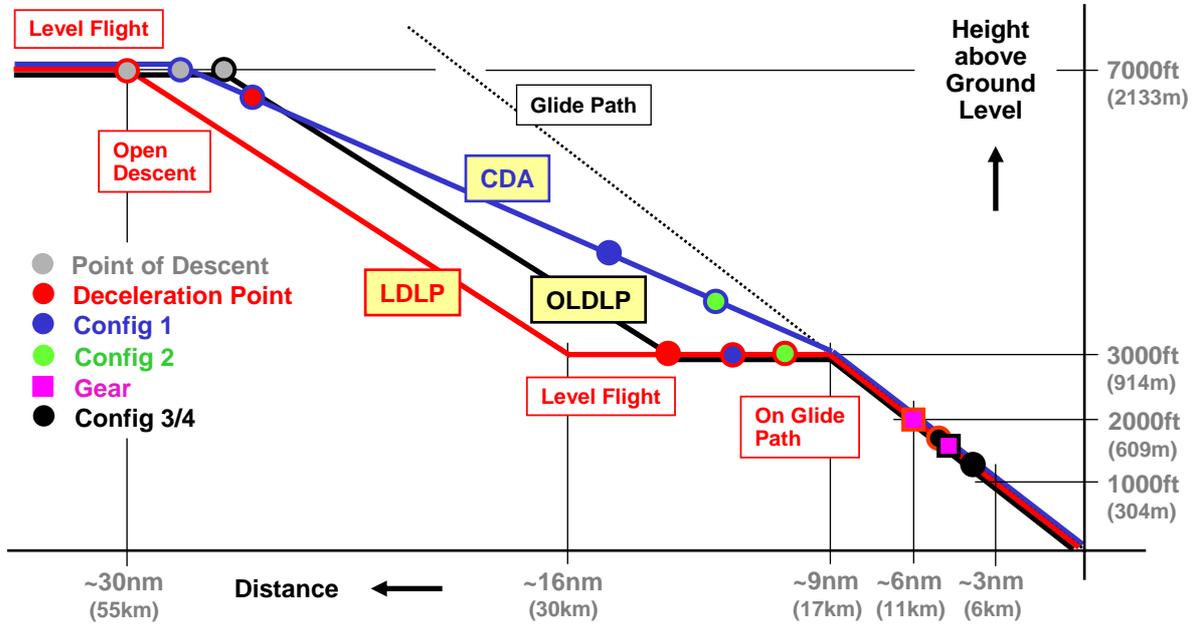


AUFGABENSTELLUNG

- Definition realisierbarer Noise Abatement Procedures (NAPs) aufbauend auf den Erkenntnissen des Projektes „Leiser Flugverkehr“
 - Realisierbar beinhaltet:
 - Fliegar aus Flugleistungsgründen
 - Fliegar aus Flugsteuerungsgründen / Pilotenbelastung
 - Einhalten von Sicherheitsrandbedingungen
 - Einhalten von Wirtschaftlichkeitsrandbedingungen
 - Zeitpunkt einer möglichen Einführung (kurz-, mittel- oder langfristig)
 - Verarbeitung von Erkenntnissen aus:
 - DLR Projekt „Leiser Flugverkehr (LFVK)“
 - Verbundvorhaben „Leiser Verkehr, Lärmoptimierte An- und Abflugverfahren (LAnAb)“
 - EU Aufgabe SOURDINE II
 - EU Aufgabe AWIATOR

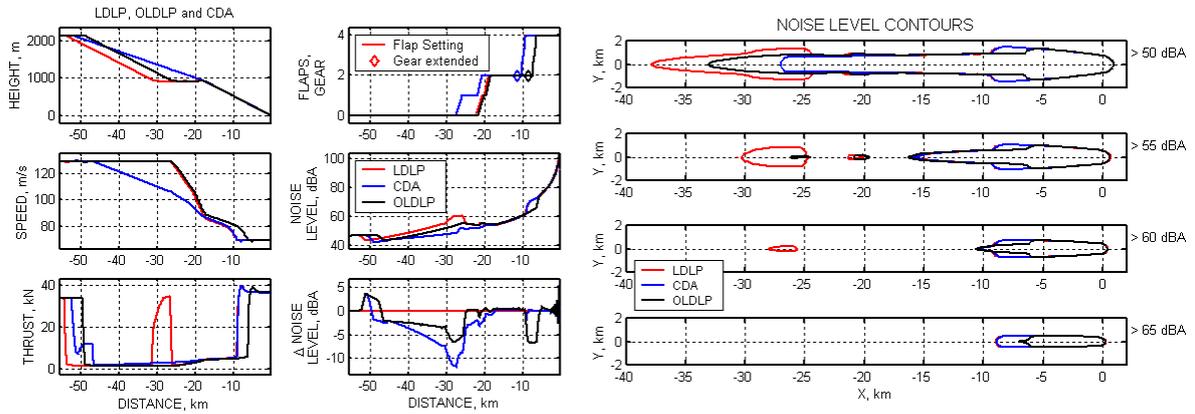
LÄRMREDUZIERTE ANFLUGVERFAHREN

Low Drag Low Power (LDLP)
 Optimized LDLP (OLDLP)
 Continuous Descent Approach (CDA)



LÄRMREDUZIERTE ANFLUGVERFAHREN

Vergleich von
Low-Drag-Low-Power (LDLP) mit
Optimized Low-Drag-Low-Power (OLDLP) und
Continuous Descent Approach (CDA)

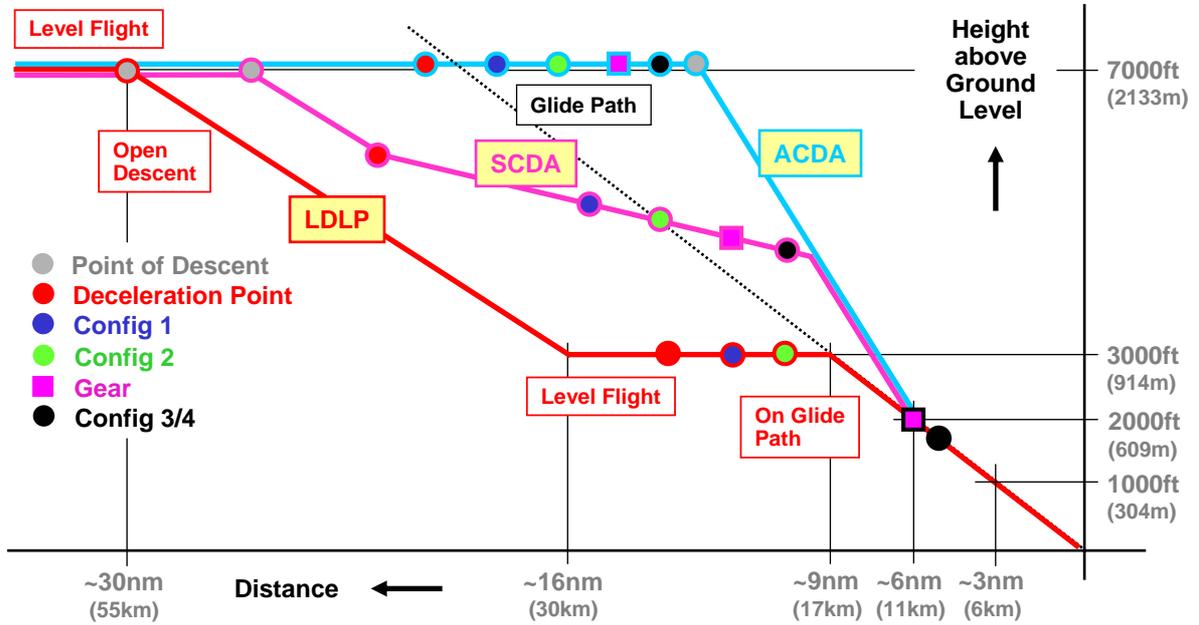


LÄRMREDUZIERTE ANFLUGVERFAHREN

Low Drag Low Power (LDLP)

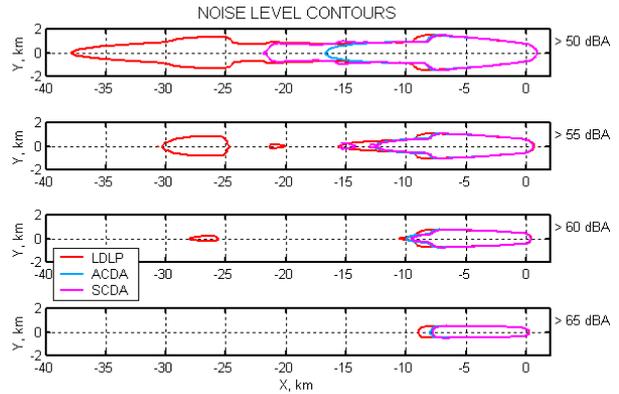
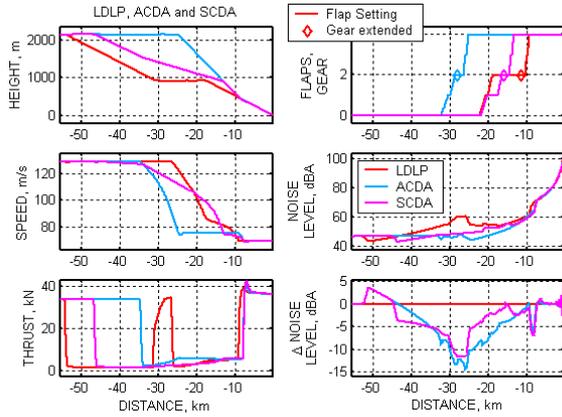
Segmented CDA (SCDA)

Advanced CDA (ACDA)



LÄRMREDUZIERTE ANFLUGVERFAHREN

Vergleich von
Low-Drag-Low-Power (LDLP) mit
Advanced Continuous Descent Approach (ACDA) und
Segmented Continuous Descent Approach (SCDA)

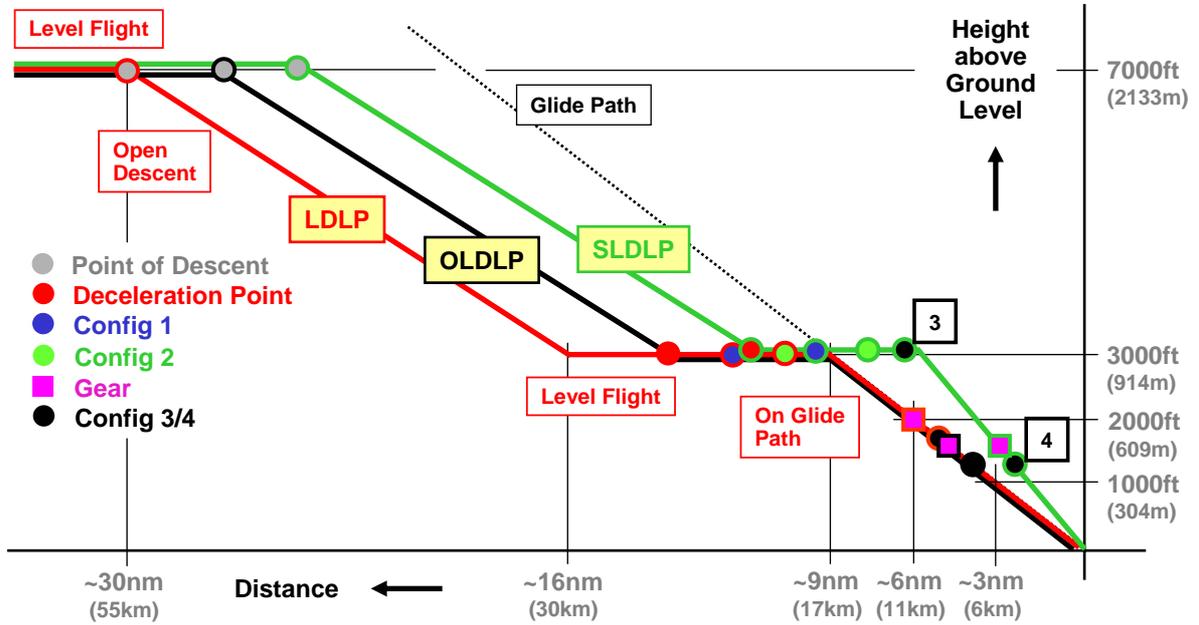


LÄRMREDUZIERTE ANFLUGVERFAHREN

Low Drag Low Power (LDLP)

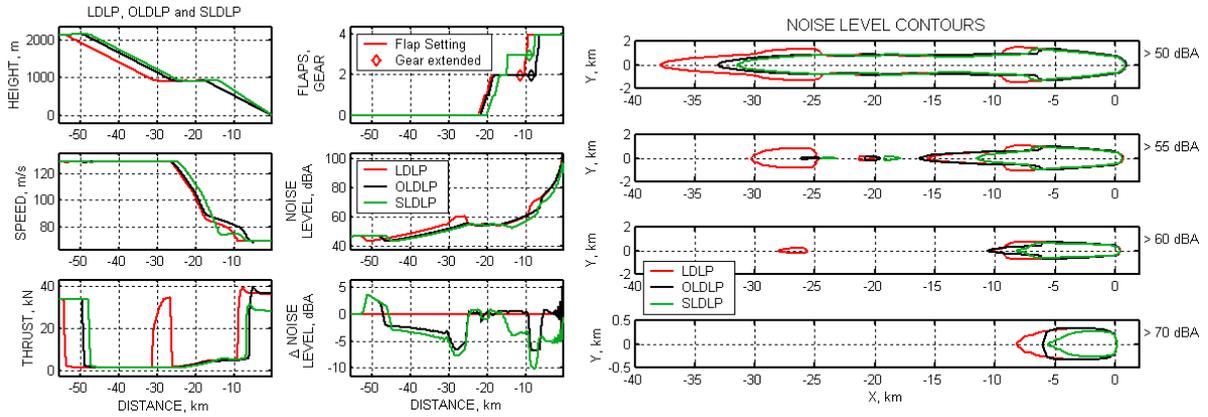
Optimized LDLP (OLDLP)

Steep LDLP (SLDLP)

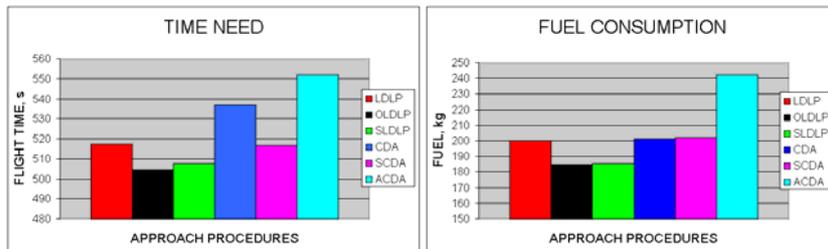
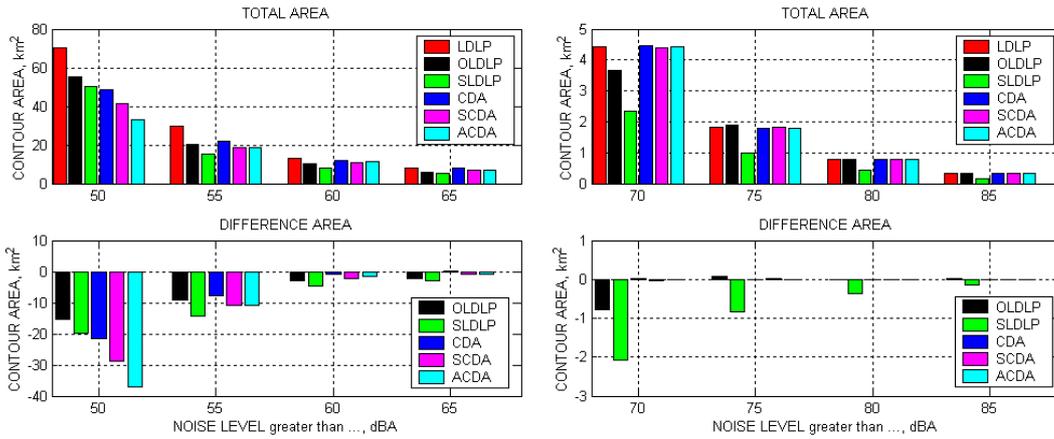


LÄRMREDUZIERTER ANFLUGVERFAHREN

Vergleich von
Low-Drag-Low-Power (LDLP) mit
Optimized Low-Drag-Low-Power (OLDLP) und
Steep Low-Drag-Low-Power (SLDLP)



LÄRMREDUZIERTER ANFLUGVERFAHREN



LÄRMREDUZIERTE ANFLUGVERFAHREN

Zusammenfassung

- Der LDLP beinhaltet weiteres Potential zur Lärmreduktion, wie das Einhalten eines optimalen „Point of Descent“ und die Reduzierung der Stabilisierungshöhe (OLDLP).
- Herkömmliche CDA-Verfahren verzichten auf die Zwischenanflughöhe und verringern die Fluggeschwindigkeit bereits im Sinkflug. Die größere Flughöhe vor Erreichen des Gleitpfades führt zu Lärmreduktionen bei niedrigen Ausgangspegeln.
- Erweiterte CDA-Verfahren, wie SCDA und ACDA, erreichen den Gleitpfad auf einer steilen Bahn in einer niedrigeren Höhe von oben, wodurch sowohl eine größere, als auch eine örtlich weiter ausgedehnte Lärmreduktion möglich wird.
- Steile Anflugverfahren bis an den Boden, wie der SLDLP, mindern sowohl durch größere Überflughöhen als auch durch den geringeren Stabilisierungsschub die höheren Lärmpegel in Flughafennähe.
- Alle beschriebenen Verfahren können in ihren Eckpunkten so ausgelegt werden, dass Sicherheitsrandbedingungen nicht verletzt werden.
- Im Vergleich zum LDLP verringern sich bei seinen Varianten OLDLP und SLDLP Zeitbedarf und Treibstoffverbrauch, beim CDA nimmt der Zeitbedarf durch den früheren Geschwindigkeitsabbau jedoch zu, während der Treibstoffverbrauch nahezu gleich bleibt.
- Der ACDA beinhaltet zwar die größte Lärmreduktion, zeigt jedoch eine deutliche Zunahme von Zeitbedarf und Treibstoffverbrauch.
- Der SCDA stellt den besten Kompromiss zwischen einer Verringerung der Umweltbelastung durch Fluglärm und dem Erhalt von Wirtschaftlichkeit dar.
- Eine Umsetzung des SCDA kann ohne eine Veränderung des Gleitpfadwinkels erfolgen.



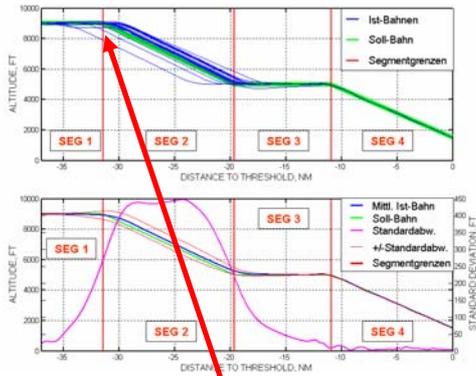
ERKENNTNISSE AUS ANDEREN PROJEKTEN

- Das SCDA Verfahren wurde in den Projekten "Leiser Flugverkehr I" und "Lärmoptimierte An- und Abflugverfahren (LAnAb)" intensiv untersucht.
- Im Rahmen von LAnAb erfolgte eine Untersuchung der Fliegbarkeit des SCDA Verfahrens unter Einsatz von insgesamt 44 Piloten im A320 Full-Flight-Simulator der Lufthansa in Frankfurt und A330 Test-Simulator des Zentrums für Flugsimulation in Berlin. Diese hat zu folgenden Erkenntnissen geführt:
 - Die grundsätzliche Fliegbarkeit mit heutigem Ausrüstungsstand konnte nachgewiesen werden
 - Eine kritische Zunahme der Pilotenbelastung ist nicht erfolgt
 - Auch ohne zusätzliche Störungen von außen (Wind, usw.) sind die Vorgaben und damit die Sollbahn häufig nur ungenügend eingehalten worden
 - Durch eine unpräzise Bahn kann aus einer vorgesehenen Lärminderung durchaus eine Lärmzunahme werden
 - Eine genaue, zuverlässige und sichere Bahnführung ist nur durch eine verbesserte bordseitige Ausrüstung möglich
 - Die Weiterentwicklung von Flight Management Systemen und Autopilotenfunktionen ist für zukünftige lärmoptimale Anflugverfahren zwingend notwendig
- Das SCDA Verfahren bildet im folgenden die Grundlage für die Definition von Anforderungen an FMS/FCS Systeme

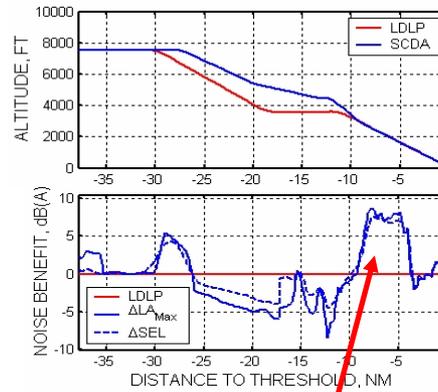
ERKENNTNISSE AUS ANDEREN PROJEKTEN

Projekt „LAnAb“

Untersuchung der Fliegbarkeit von lärmoptimierten Anflugverfahren durch den Piloten



**Nichteinhalten des
Point of Descent !**



Lärmzunahme !



Deutsches Zentrum
für Luft- und Raumfahrt e.V.
in der Helmholtz-Gemeinschaft

Folie 14 > Abschlussveranstaltung LFKV-II 17.09.07 > R. KÖNIG
Dokumentname > Abschlusspräsentation-LFKV-II-HAP3a-Teil1

AUFGABENSTELLUNG

- Definition von Flugverfahren und Ableitung von FMS / FCS Anforderungen
 - Definition realisierbarer Noise Abatement Procedures (NAPs) aufbauend auf den Erkenntnissen des Projektes „Leiser Flugverkehr“
 - Ableitung von Anforderungen an FMS / FCS zur effizienten und sicheren Durchführung der definierten Flugverfahren

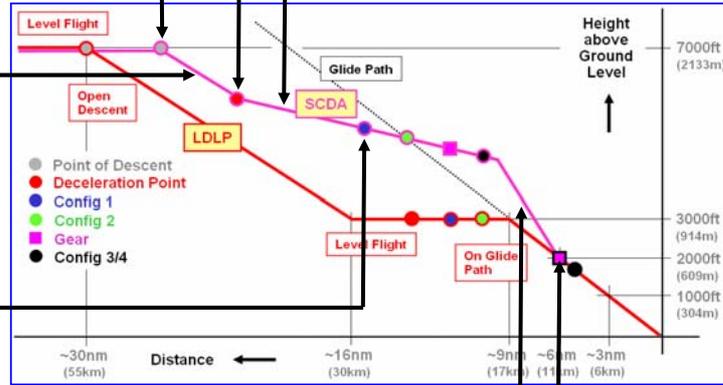
ANFORDERUNGEN AN FMS / FCS AM BEISPIEL DES SCDA

FMS → "Point of Descent" in Abhängigkeit von Wind und Fluggewicht bestimmen
FCS → Sinkflug automatisch einleiten bzw. Anzeige für manuelles Einleiten ansteuern

FMS → Höhe des "Deceleration Points" und Bahnwinkel für Verzögerungssegment bestimmen
FCS → Übergang von "Open Descent" auf "Flight Path Angle und Target Speed Select" Mode

FMS → Bahnwinkel des "Open Descent" in Abhängigkeit von Wind und Fluggewicht bestimmen
FCS → Konstante Fluggeschwindigkeit einhalten

FMS → Korrekturmaßnahmen durch Vorverlegung der Konfigurationszeitpunkte
FCS → Anzeige der Konfigurationszeitpunkte oder automatisches Konfigurieren



FMS → Bahnwinkel des Steilanflugsegmentes bestimmen
FCS → Gleitpfad-Intercept von oben durchführen

ALLGEMEINE ANFORDERUNGEN AN FMS / FCS

- **Vorlage hinreichend genauer Annahmen über den Windverlauf, Gewichtsänderung sowie anderer Einflussfaktoren (z.B. via Datalink, Schätzmodelle usw.)**
- **Berechnung einer den äußeren Einflüssen (Wetter, Verkehrssituation, lokale Gegebenheiten und Geländesituation) angepassten Anflugbahn**
- **Ermittlung der Abweichung von den Sollparametern und Generierung entsprechender Korrekturkommandos**
- **Beurteilung der Situation hinsichtlich einer Neuberechnung der Anflugparameter**
- **Anzeige der Ablagen (Höhe, Geschwindigkeit, Track, Konfiguration) und der entsprechenden Kommandos (z.B. Nick- und Rollbewegung, Landeklappenstellung, Fahrwerk ausfahren)**
- **Ansteuerung des Autopiloten, AutoThrust, ggf. Hochoftriebshilfen, Fahrwerk**

SPEZIELLE ANFORDERUNGEN AN FMS / FCS

SEGMENT	ANFORDERUNG AN DAS FMS	ANFORDERUNG AN DAS FCS
LEVEL FLIGHT - Procedure Start -	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Berechnung des Windprofiles ➤ Berechnung der Massenabnahme ➤ Berechnung der Bahn (POD, ...)+Conf. ➤ Vorgabe des POD an das FGS 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Einleiten eines Sinkfluges am POD
OPEN DESCENT	<ul style="list-style-type: none"> ➤ kalkuliert für Power idle vom POD bis Decel. P. / Level Off abhängig von Wind und Massenabnahme (MANAGED OPEN DESCENT) ➤ ggf. Neuberechnung Decel. Point / Level Off + Conf. 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Vergleich Soll-, Istbahn ➤ Anzeige der vert. Ablage ➤ Korrekturkommandos (Pitch, Spoiler) <hr/> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Halten der Soll Bahn bei max. Speed und Power Idle mittels Pitch- oder Widerstandsänderung (Auto Speedbrakes / TED´s)
POWERED DESCENT	<ul style="list-style-type: none"> ➤ kalkuliert für geringe N1 vom POD bis Decel. P. / Level Off abhängig von Wind und Masse 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Vergleich Soll-, Istbahn ➤ Anzeige der vert. Ablage ➤ Korrekturkommandos (Power, Pitch) <hr/> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Halten der Sollbahn bei max. Speed mit angepasstem Powersetting (Auto Thrust)

SPEZIELLE ANFORDERUNGEN AN FMS / FCS

SEGMENT	ANFORDERUNG AN DAS FMS	ANFORDERUNG AN DAS FCS
DECELERATED DESCENT	<ul style="list-style-type: none"> ☞ Berechnung des Decel. P. & eines FPA für Power Idle & eine segmentlängenabhängige Verzögerung bis G/S Intercept mit Konfigurieren von CLEAN auf CONF.1 	<ul style="list-style-type: none"> ☞ Vergleich Soll-, Istbahn ☞ Anzeige der vert. Ablage / Speedabl. ☞ Kommandos für Pitch & Conf. <hr style="width: 50%; margin: 5px auto;"/> <ul style="list-style-type: none"> ☞ Halten der Sollbahn bei gegeb. Verz. und Power Idle mittels Pitch- oder Konfigurationsänderung (Auto Conf. / Semi-auto Conf.)
DECELERATED LEVEL FLIGHT	<ul style="list-style-type: none"> ☞ Berechnung des Decel. P. für Power Idle, Level Flight und entsprechender Verzögerung bis G/S Intercept mit Konfiguration von CLEAN auf CONF.1 	
STEEP DESCENT	<ul style="list-style-type: none"> ☞ Berechnung des Bahnwinkels und des Startpunktes für das Steilflugsegment ausgehend von G/S Intercept in 1500ft ☞ Berücksichtigung des Konfigurierens bis Conf. FULL (max./min. Speed) 	<ul style="list-style-type: none"> ☞ Vergleich Soll-, Istbahn ☞ Anzeige der vert. Ablage / Speedabl. ☞ Kommandos für Pitch & Conf. ☞ G/S Intercept von oben <hr style="width: 50%; margin: 5px auto;"/> <ul style="list-style-type: none"> ☞ Halten der Sollbahn bei Power Idle mittels Pitch- oder Konfigurationsänderung (Auto Conf. / Semi-auto Conf.)
GLIDE SLOPE DESCENT	- Keine -	<ul style="list-style-type: none"> ☞ Bahnregelung + Verzögerung bis VAPP und CONF. FULL

ZUSAMMENFASSUNG

- **Es wurden verschiedene lärmreduzierte Anflugverfahren definiert und bewertet und somit eine Grundlage für Anforderungen an zukünftige FMS / FCS geschaffen**
- **Eine Verwertung von Erkenntnissen aus Vorgängerprojekten ist erfolgt**
- **Zentrale Anforderung an FMS/FCS ist die korrekte Bestimmung des Point of Descent und dessen Einhaltung**
- **Weiterhin sollten Korrekturmaßnahmen zur Einhaltung des geplanten Bahn- und Geschwindigkeitsverlaufs möglich sein und entweder manuell mit geeigneter Pilotenunterstützung oder automatisch erfolgen**

***Vielen Dank für
Ihre
Aufmerksamkeit !***



Deutsches Zentrum
DLR für Luft- und Raumfahrt e.V.
in der Helmholtz-Gemeinschaft

Folie 21 > Abschlussveranstaltung LFKV-II 17.09.07 > R. KÖNIG
Dokumentname > Abschlusspraesentation-LFKV-II-HAP3a-Teil1