

Das DLR-Assistenzsystem für Hubschrauberpiloten - ALLFlight

Martin Gestwa, Jens Wolfram



Wissen für Morgen



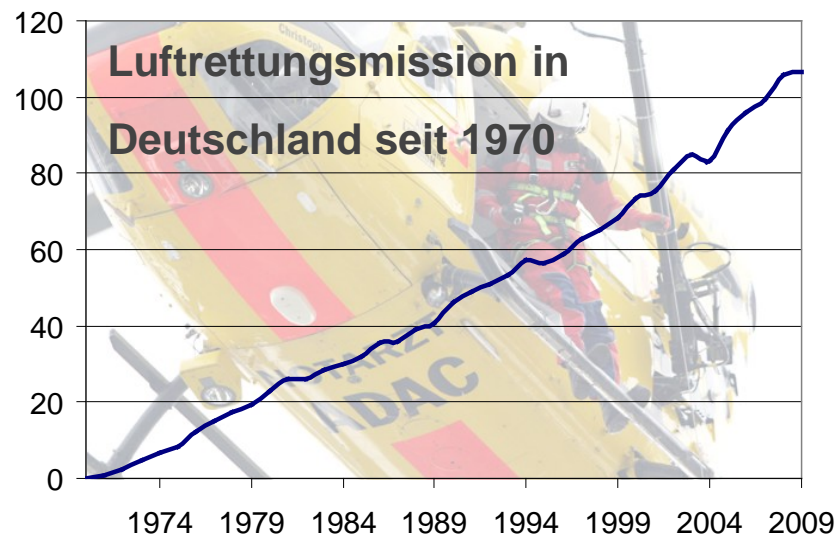
Vortragsgliederung

- Einleitung, Motivation und Einführungsbeispiel
- Driftmessung bei der Landung
- ACT/FHS-Sensorik zur Erfassung der Außenwelt und Systemarchitektur
 - Reduzierung der Arbeitsbelastung des Piloten
 - Aktive Steuerorgane “tactile cueing”
 - Bahnplanung eines Landeanfluges ohne und mit Sensorunterstützung sowie vollautomatische Landung
- Lärmreduzierung



Einleitung

- Kontinuierliche Steigerung der Luftrettung in Deutschland
- 70% der Einsätze werden unter schlechten Wetterbedingungen durchgeführt [Quelle: ADAC]
- EHEST (European Helicopter Safety Team) von 2010:
 - Expertenteams analysiert Hubschrauberunfälle der Jahre 2000-2005 hinsichtlich ihrer Ursachen unter anderem im Bereich des Personentransports (zu dem Rettungseinsätze gezählt werden)
 - Ein wichtiger Unfallfaktor war eine unzureichende Einschätzung der Wetterbedingungen oder der Platzverhältnisse auf Grund mangelnder Ortskenntnis



Motivation des DLR

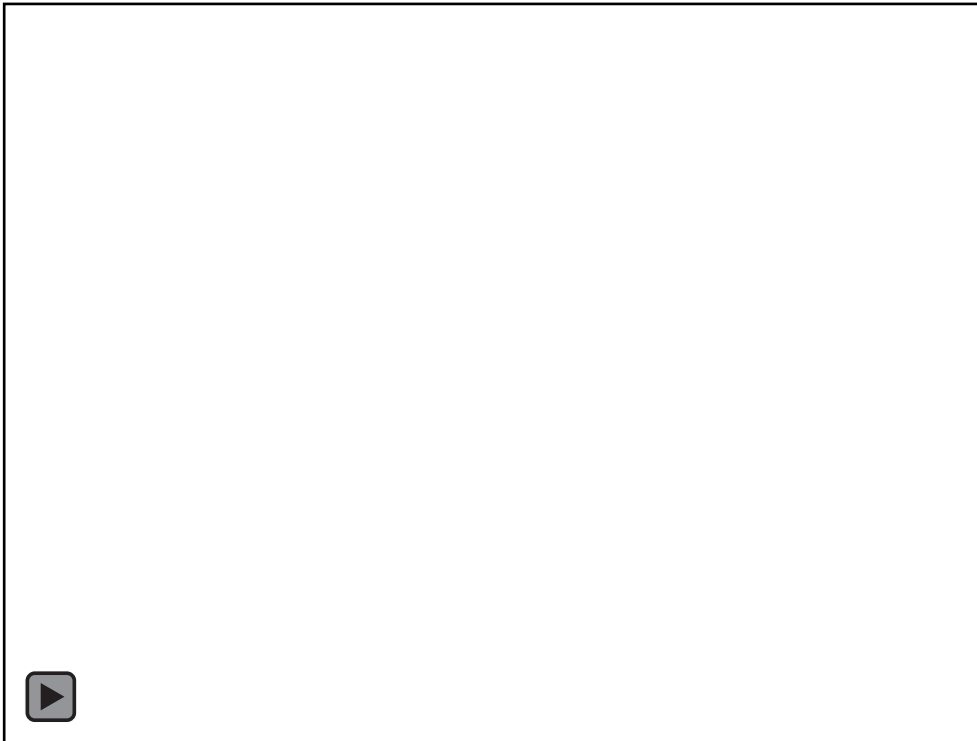
- Konzentration auf die Gefahrenbereiche:
 - Einschränkung der Sicht
 - Unvorhersehbare Hindernisse
 - Landung in unbekannten Gelände
 - Reduzierung der Arbeitsbelastung des Piloten
- Ableitung eines Forschungsauftrags für das Deutsche Zentrum für Luft und Raumfahrt (DLR):
 - ⇒ Entwicklung von neuartigen Assistenzsystemen, die Piloten das intuitive Fliegen unter suboptimalen Verhältnisse ermöglichen sollen



Einführungsbeispiel: Landung unter eingeschränkten Sichtbedingungen



Einführungsbeispiel: Landung unter eingeschränkten Sichtbedingungen



Einführungsbeispiel: Landung unter eingeschränkten Sichtbedingungen

- Der Pilot kann die Lage und die Drift des Hubschraubers nicht mehr durch visuelle Anhaltspunkte abschätzen
- Eine zu hohe laterale Driftgeschwindigkeit kann zum Überschlag des Hubschraubers führen (Dynamic Roll Over)



Driftmessung beim Landeanflug - Verfahren

- Normalerweise Schätzung der Drift über INS- und GPS-Signal
 - Ausfall eines Signals, Drift nicht mehr zuverlässig messbar
- Verwendung eines Bilddaten-basierten Verfahrens bei Ausfall:
 - Erkennung und Verfolgung homogener Bereiche, kurz Blobs, im Bild
 - Blob-Verfahren auch bei schlechten Kontrastverhältnissen anwendbar (z.B. IR-Bilder)
- Zusätzlich wird das implementierte Verfahren durch Hinzunahme der Lagewinkel des Hubschraubers aus der INS gestützt.
 - Winkel driften extrem langsam über die Zeit (daher vernachlässigbar)
 - Verfahren wird derzeit auf aufgezeichneten Flugversuchsdaten angewendet (Postprocessing)
- Geschwindigkeitsschätzung erfolgt durch zeitliche Mittelung der gemessenen Blob-Bewegungen und damit der Hubschrauberbewegung



Driftmessung beim Landeanflug - Ergebnisse

- Getestet auf Basis von Flugversuchsdaten
- Mittelung der Bewegungsschätzung über 3 s
- Vergleich zwischen Schätzung und Referenzdaten (INS+DGPS).
- Ergebnis:
Abweichung von den Referenzdaten nie größer als 0.3 m/s.
- Übertragung der Ergebnisse unter DVE
- Algorithmischer Grundlagenforschung

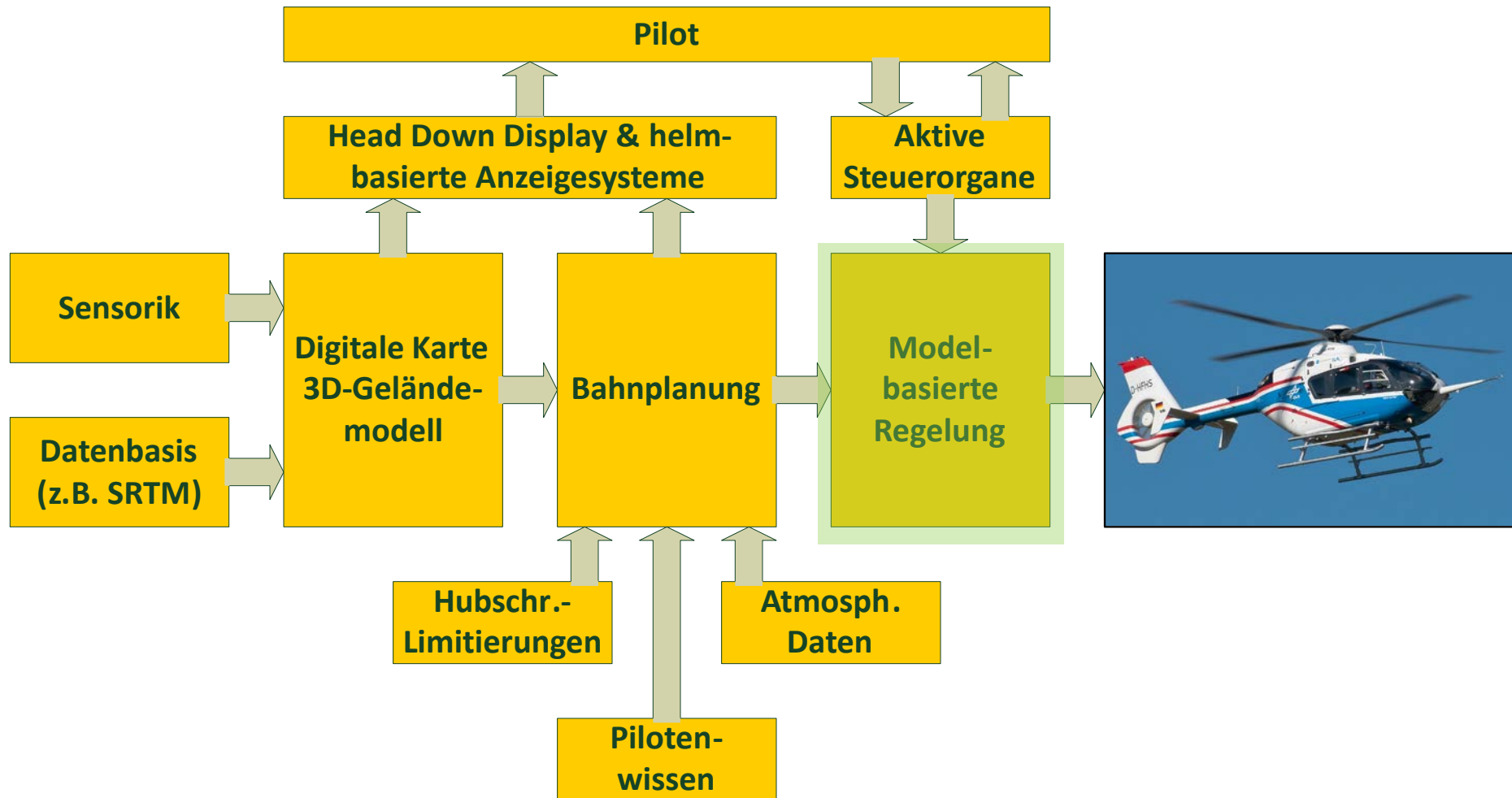


ACT/FHS-Sensorik zur Erfassung der Außenwelt

- ICx AI130
 - MmW Radar 35GHz
 - Blickwinkel 180° x 90°
- Lidar HELLAS
 - Wellenlänge 1.5 Mikrometer
 - Blickwinkel 31.5° x 32°
- IR-Kamera Max-Viz
 - 320 x 240 Pixels
 - Blickwinkel 53° x 40°
- TV Kamera (schwarz/weiß)
 - 694 x 519 Pixels
 - Blickwinkel 62° x 46°
- In-Flight Fusion von Gelände- und Sensordaten

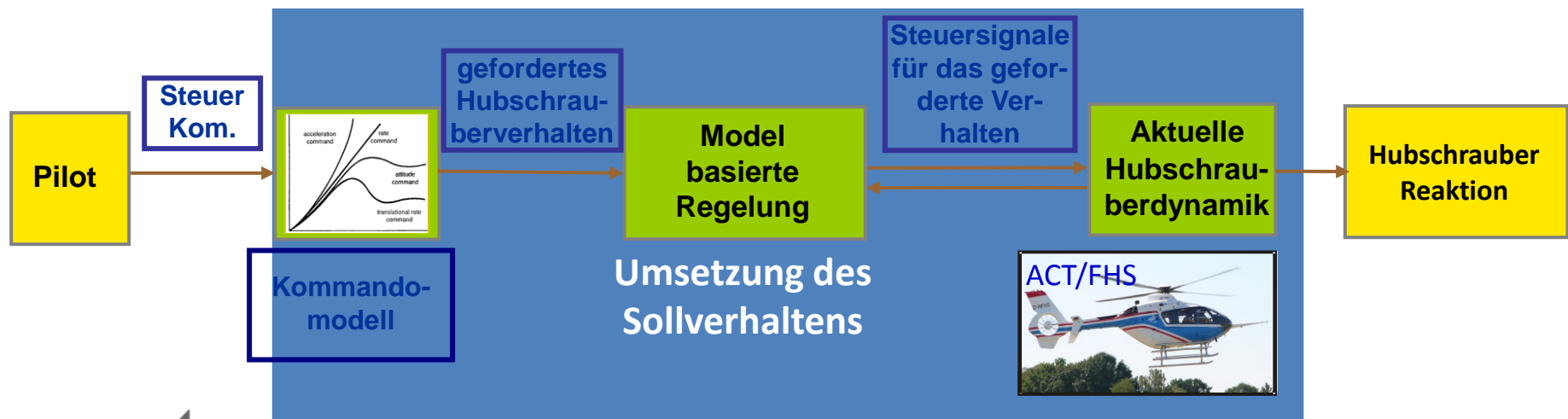


Systemarchitektur des DLR-Assistenzsystems

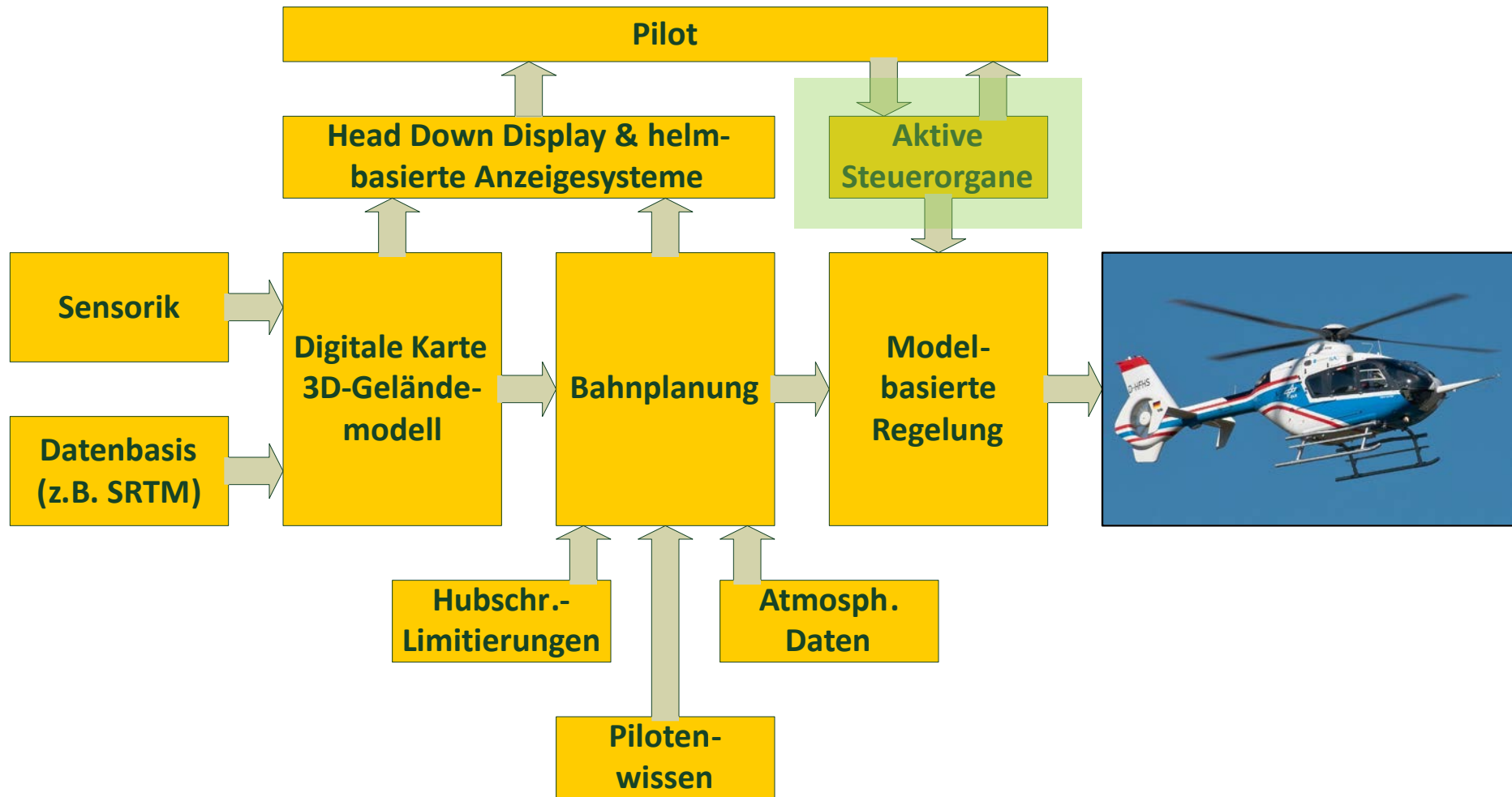


Reduzierung der Arbeitsbelastung des Piloten durch Entkopplung der Hubschrauberdynamik

- Problem: Hubschrauber ist stark gekoppeltes System
- Lösung:
 - Steuerkommando des Piloten ist die Eingabe des Kommandomodells
 - MBC bildet das geforderte Flugverhalten aus dem Kommandomodell auf den Hubschrauber ab (EC 135)
 - Pilot steuert das stabile Modell statt des instabilen Hubschraubers



Systemarchitektur des DLR-Assistenzsystems



Aktive Steuerorgane “tactile cueing”: Fühlbare Hubschrauberlimitierung



EC 135 First Limit Indicator (FLI)

Oberer Softstop:
Torque-Limitation,
korrespondierend
mit FLI Anzeige



Unterer Softstop:
Wirbelringstadium
Sinkraten
Begrenzung

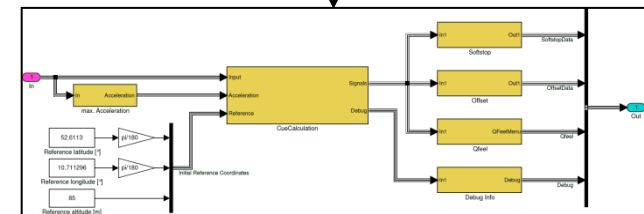
Variometer



Aktive Steuerorgane “tactile cueing”: Kollisionsvermeidung durch Gegenkräfte am Stick

Funktionsbeschreibung:

- Sensoren erfassen die Umwelt
- System berechnet Abstand und Kollisionswahrscheinlichkeit
- Gegenkräfte am Stick bewirken Steuerungsempfehlung oder -begrenzung
 - rechtzeitig
 - eindeutig
 - intuitiv verständlich
- Grundidee: „Haptischer Einparkassistent“



Aktive Steuerorgane “tactile cueing”: Kollisionsvermeidung durch Gegenkräfte am Stick

- Anknüpfung an realistische Situationen, Piloten-Interviews
- Beispiel aus der Praxis: Rettungshubschrauber soll auf Wiese landen
 - Alle Hindernisse erkannt?
 - Straßenlaternen, Autos...
- Simulation dieser Situationen
- Entwicklung und Erprobung geeigneter Funktionen



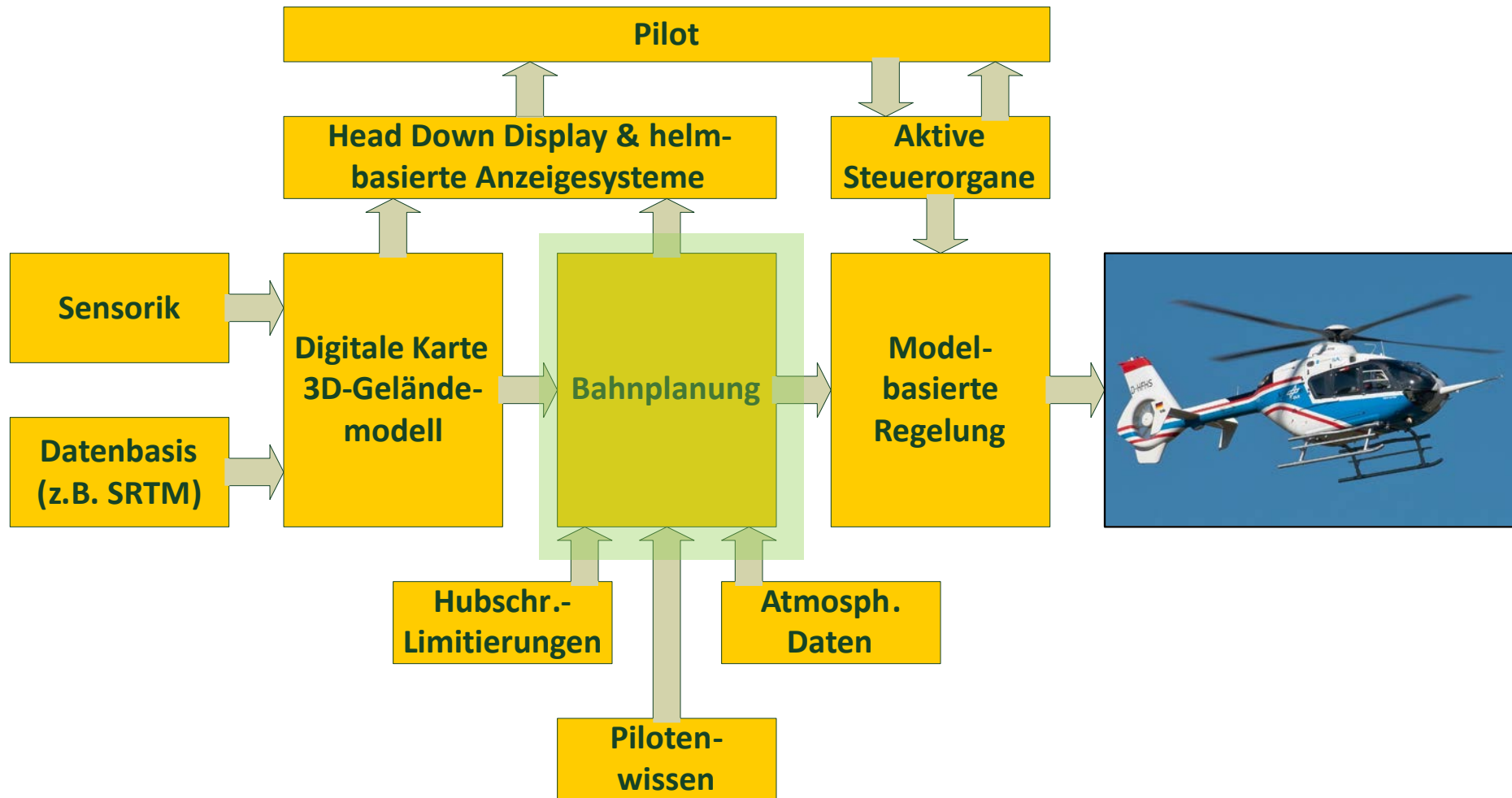
mit Genehmigung von Roger Dögow, 2013



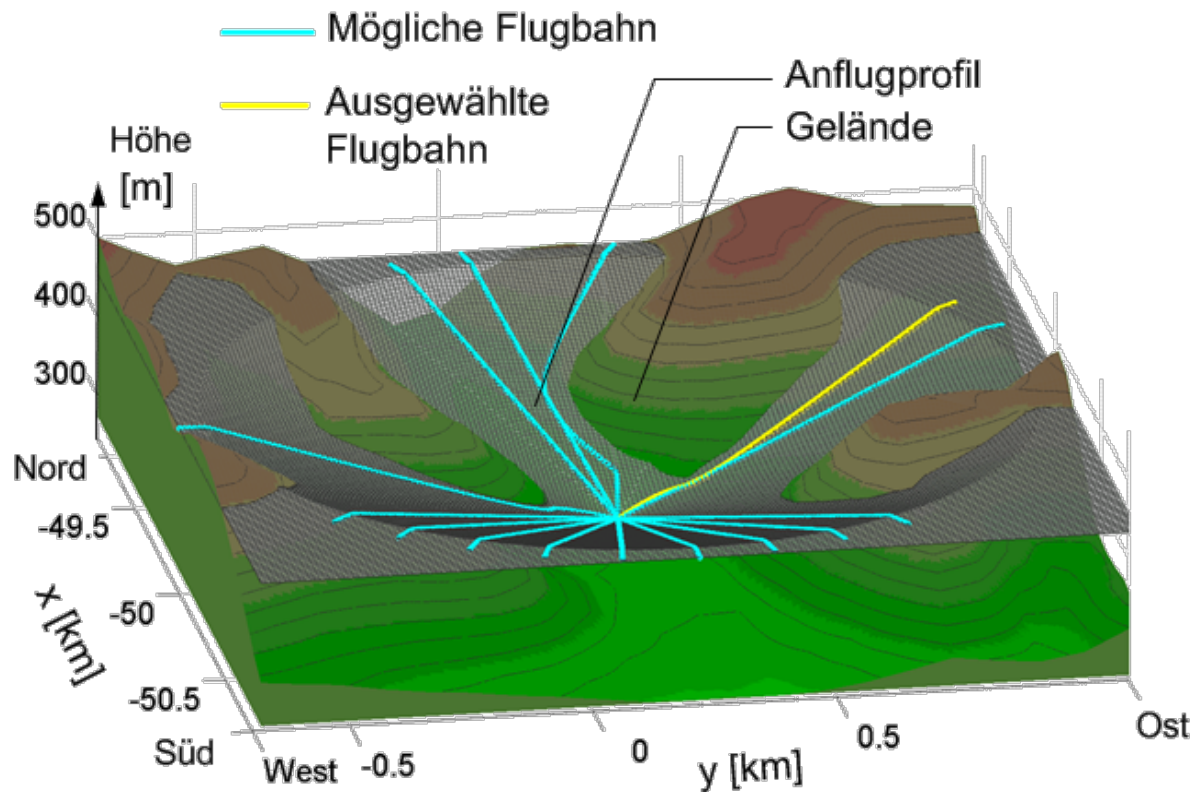
direkt im Anflug eine fast
nicht zu sehene Leitung
zwischen den Laternen



Systemarchitektur des DLR-Assistenzsystems



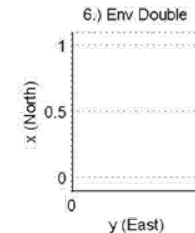
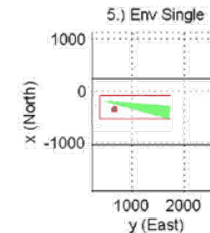
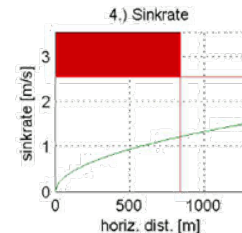
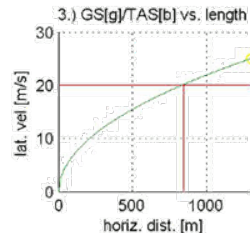
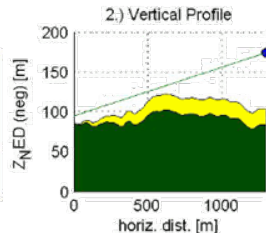
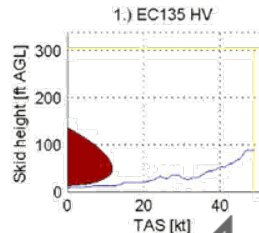
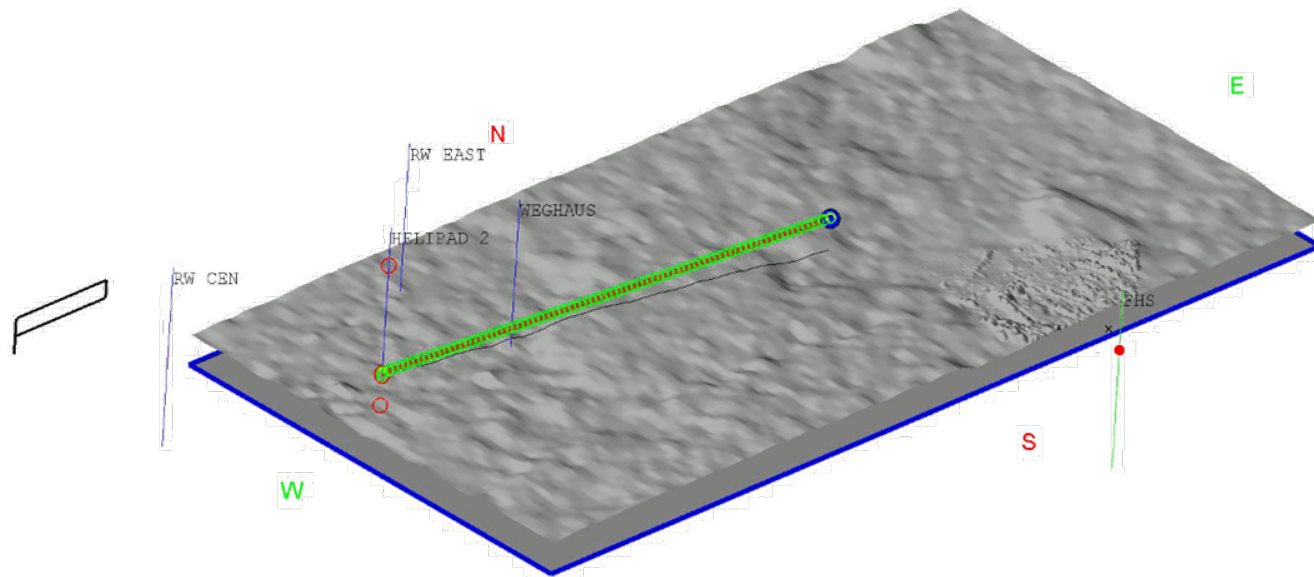
Bahnplanung eines Landeanfluges



Beispiel: Planung eines Landeanfluges mit Sensorunterstützung

Path Found!

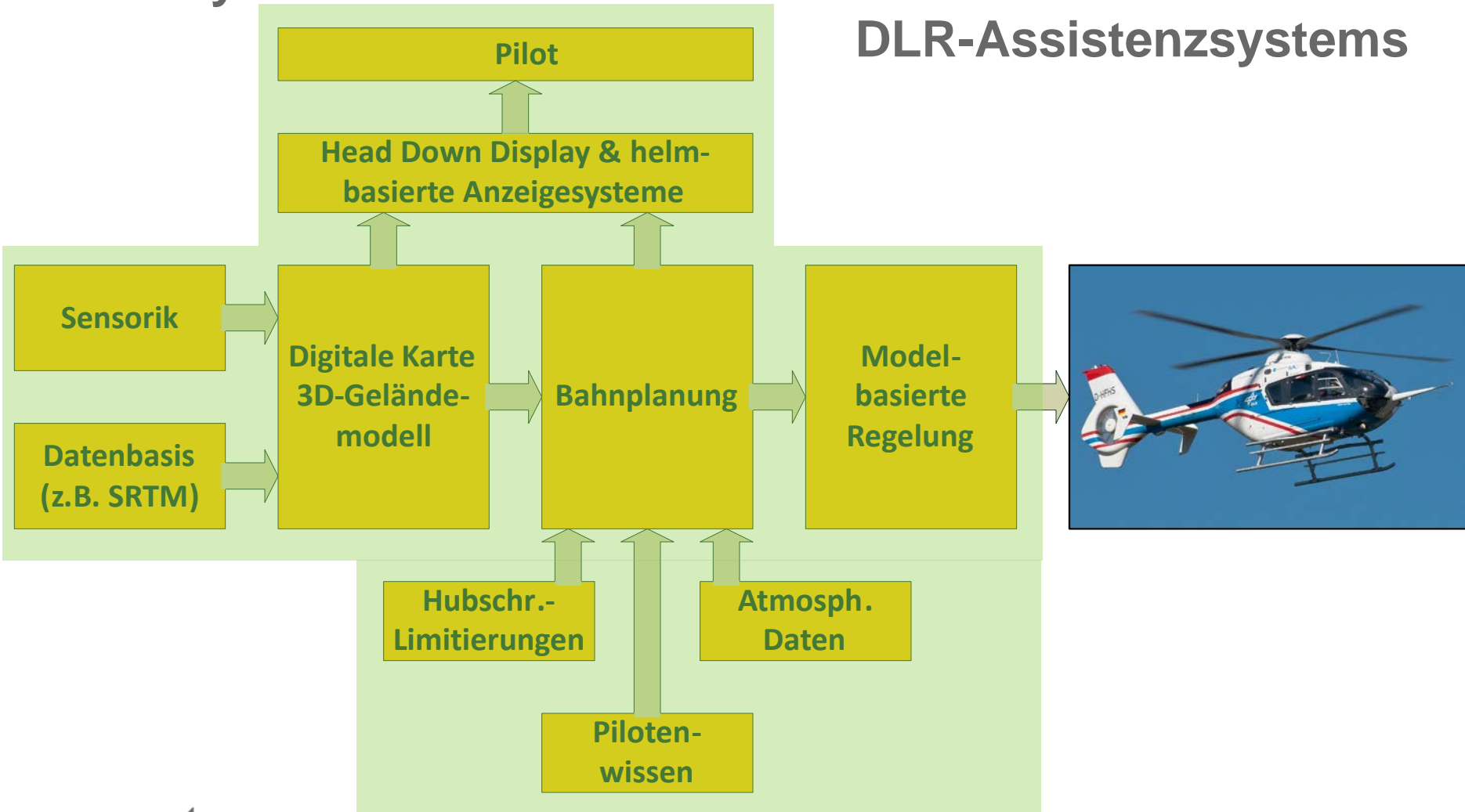
DATASET-ID: 20140206 do_094034 zim_001_001
001_001|I Path Found! (Single Angle)
rep= 0, btn= 1, cll= 1, stat= 3



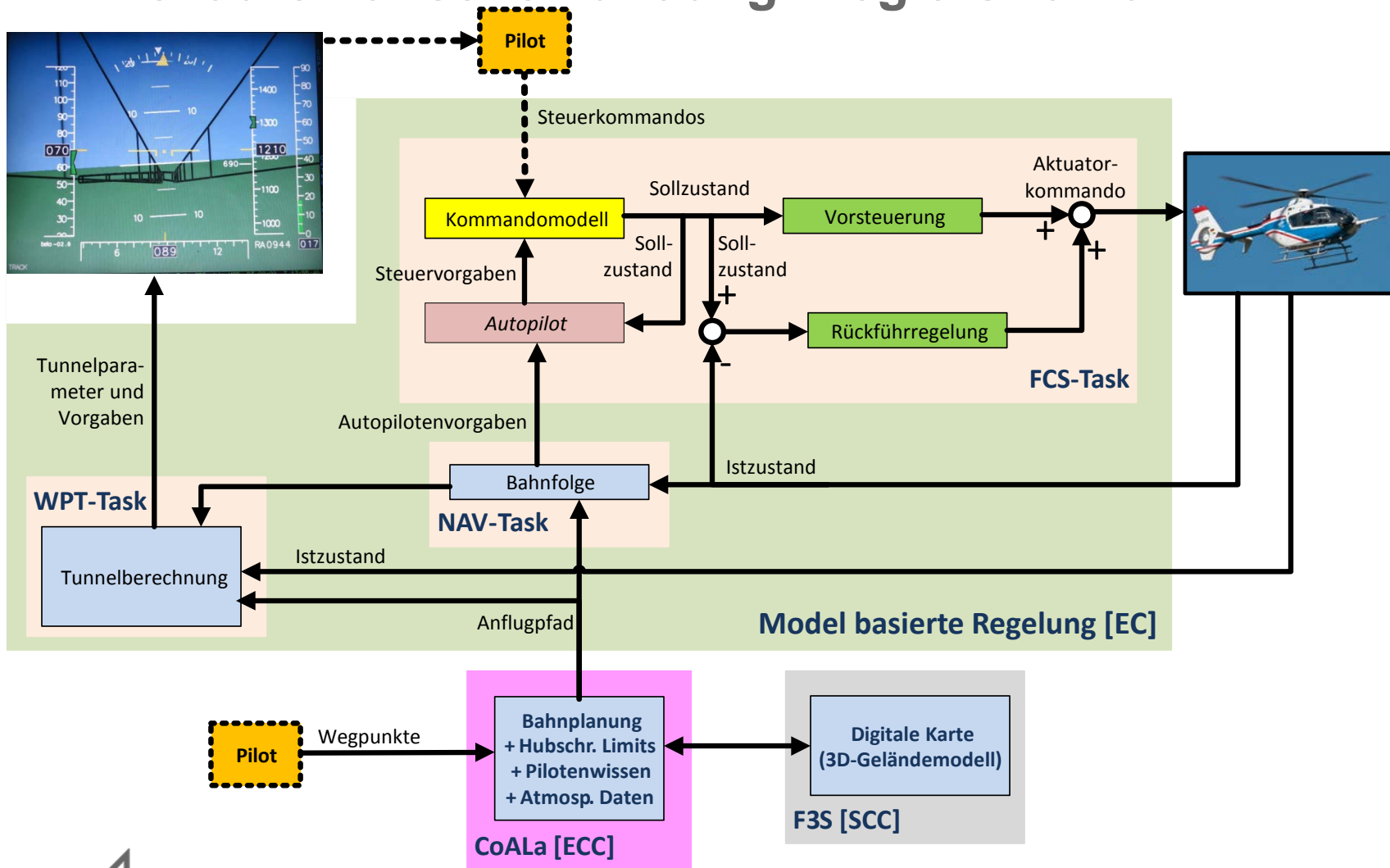
(c) FT-HUB 2014



Systemarchitektur des vollautomatischen DLR-Assistenzsystems

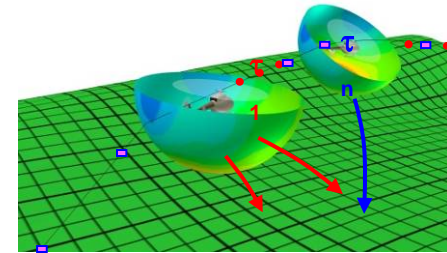


Vollautomatische Landung: Reglerstruktur

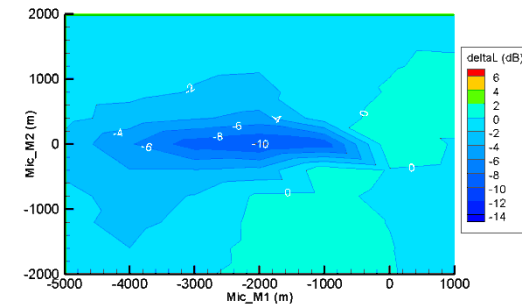


Lärmreduzierung beim Landeanflug

- Entwicklung von lärmarmen Flugtrajektorien für Hubschrauber
- Ziel:
Verringerung der Lärmbelästigung der Bevölkerung
- In vorangegangenen Flugversuchen wurde Lärminderung bei Landeanflug um bis zu 10dB festgestellt (\triangle halbe Lautstärke)
- Akustischer Flugversuch mit EC135-FHS
 - Validierung verbesserter Algorithmen: neue Lärmkriterien, Flug nach VFR/IFR, Umfliegen von Lärmvermeidungsgebieten
 - Benutzung des Pilotendisplays „Tunnel in the Sky“



numerische Prozesskette



Lärminderung am Boden

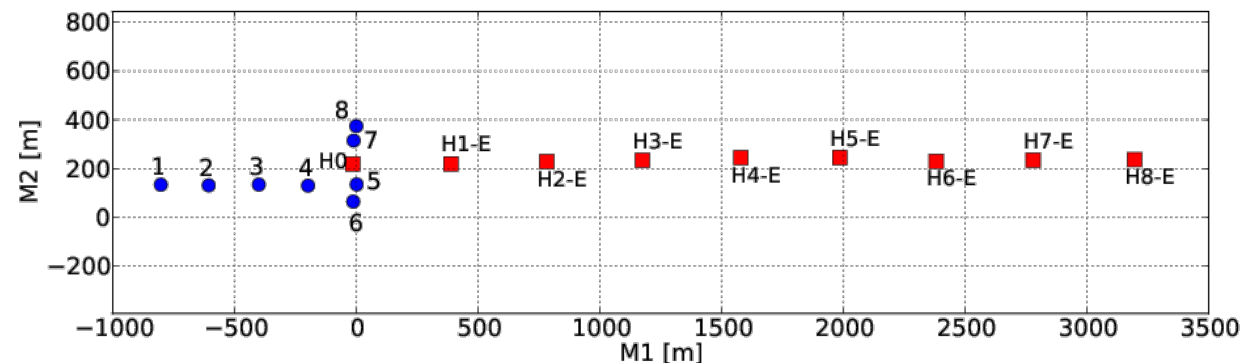
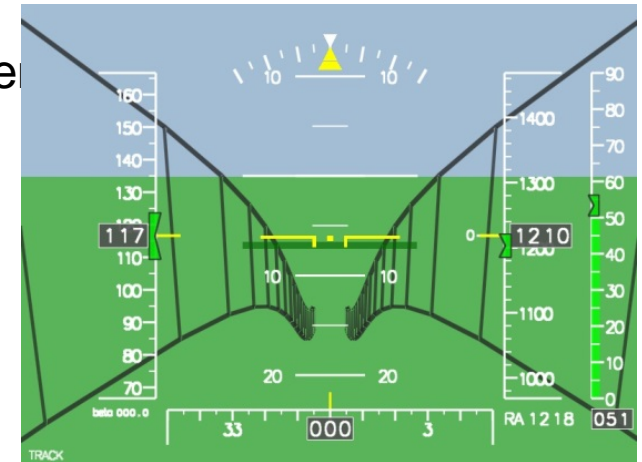
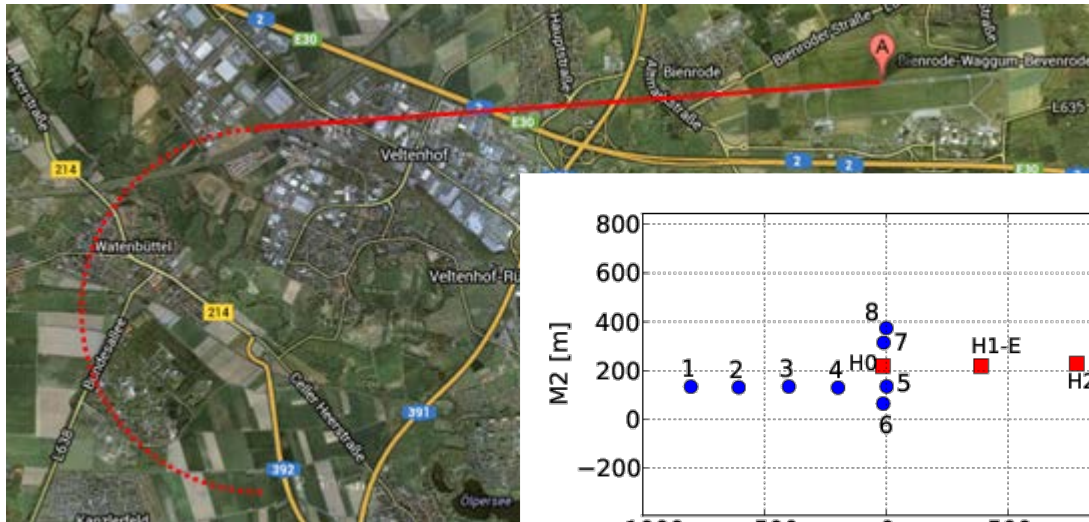


Pilotendisplay



Planung der Flugversuche zur Lärmmessung

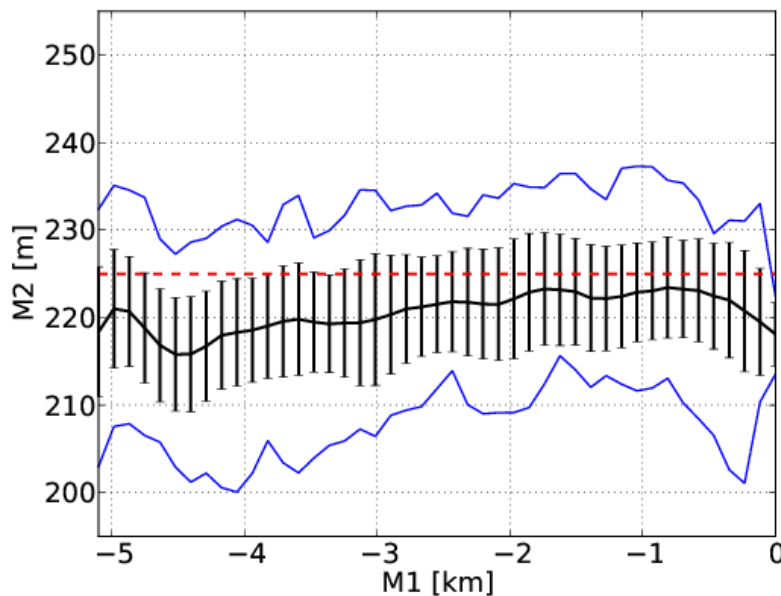
- Wiederholbarkeit und Exaktheit der geflogenen Flugbahnen im „Tunnel in the Sky“-Head-Down-Display für die Bahnführung
- Mehrmaliges Anfliegen ermöglicht statistische Analyse



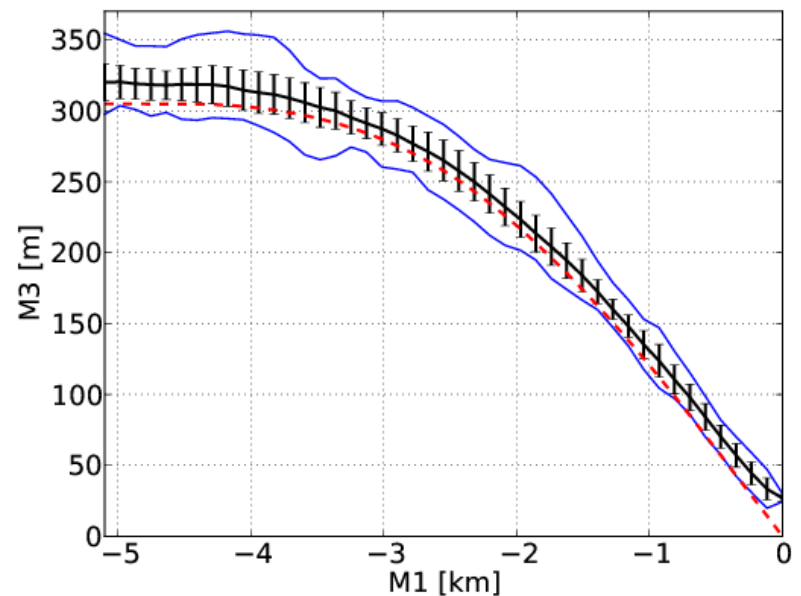
Lärmreduzierung beim Landeanflug

– Statistische Analyse über 23 Anflüge –

- Maximale und minimale Werte (blau),
- Vorgegebene Werte (rot),
- Mittelwert und Standardabweichung (schwarz).



Flugbahn in horizontale Ebene

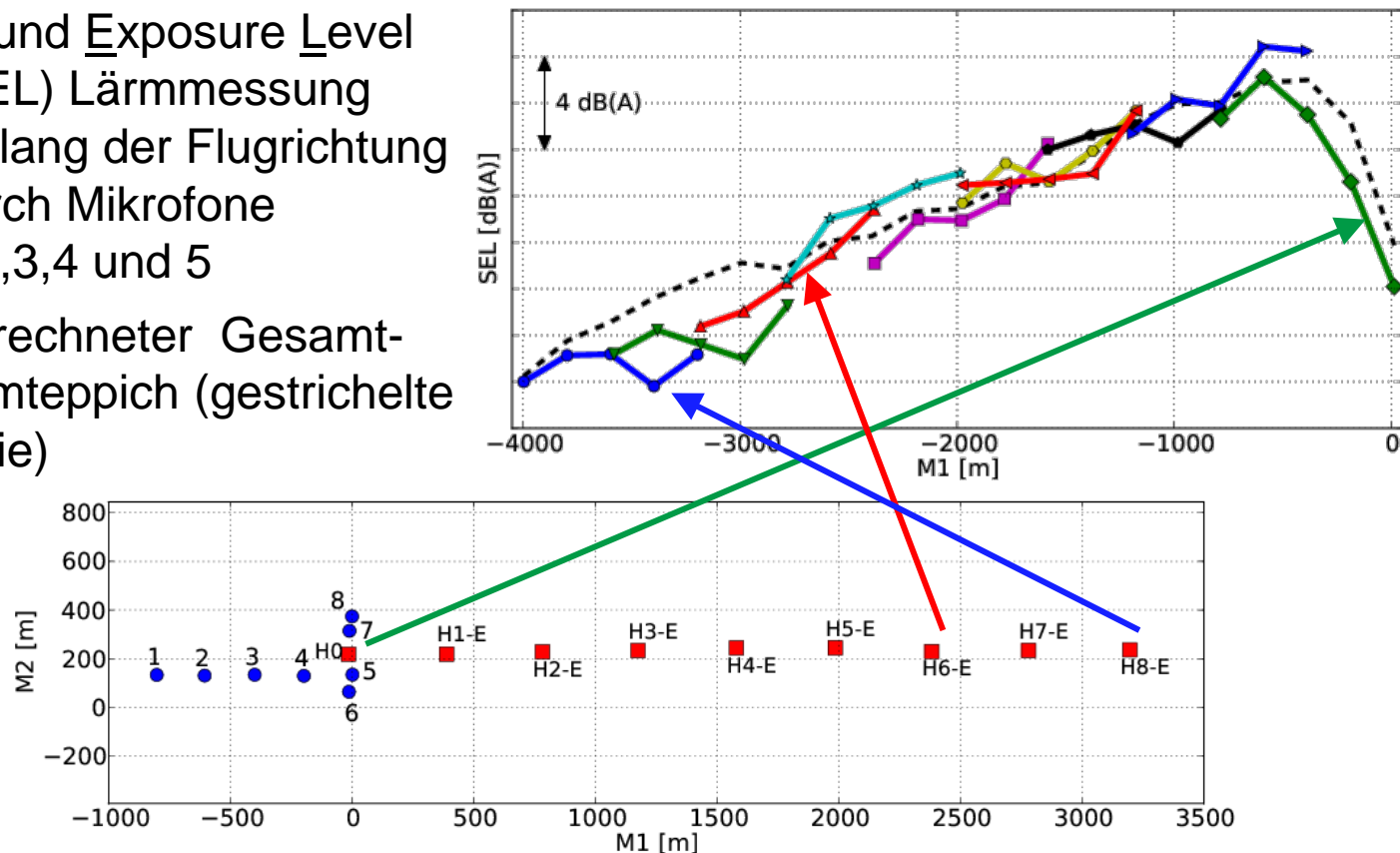


Flugbahn in senkrechte Ebene



Lärmreduzierung beim Landeanflug – berechneter Gesamtlärmteppich –

- Wiederholbarkeit der Sound Exposure Level (SEL) Lärmmessung entlang der Flugrichtung durch Mikrofone 1,2,3,4 und 5
- Berechneter Gesamtlärmteppich (gestrichelte Linie)



Lärmreduzierung beim Landeanflug – in 2014 geplante Aktivitäten –

- Messkampagne zur Lärmmessung neuer, optimierter Flugprozeduren.
- Erprobung einer “Tunnel in the Sky”-Symbolik im Helmet-Mounted-Display.
- Lärmarme Anflugverfahren:
Der Versuchspilot wird mit Hilfe eines Tunnel-displays (Head-Down und Helmet-Mounted) entlang einer berechneten lärmarmen Anflugtrajektorie geführt.
- Auswertung objektiver Daten (Performanzmessungen, wie z.B. Distanz zur Sollbahn) sowie subjektiver Daten (Fragebögen zum Situationsbewusstsein und Workload)

