



# Führungssysteme für unbemannte Luftfahrzeuge

H. Dörgeloh, D.-R. Schmitt, D. Altenkirch  
DLR - Braunschweig



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

# Übersicht

- Einführung
- UAV-Integration in den Luftverkehr
- DLR Versuchseinrichtungen
- Projekte zur UAV-Thematik
  - LDDL
  - UAV-Demonstrator WASLA-HALE
  - USICO



Optisch

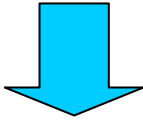


Infrarot

# Level of Certification:



no FAR-UAV exists!



parts of FAR-23/25 are used

- restricted national areas
- without/low population
- over oceans
- time limited
- in combat areas



no operation in civil controlled airspace!

# Notwendige Schritte

- **Erarbeitung von Kriterien, Richtlinien und Verfahren**
  - nationale Zulassung
  - internationale Zulassung
- **Demonstration und Nachweiserbringung**
  - Integration im zivilen Luftraum
  - Sichere UAV-Führung
  - Zuverlässiger, störresistenter Datenlink
- **WASLA-HALE UAV-Demonstrator-Programm**

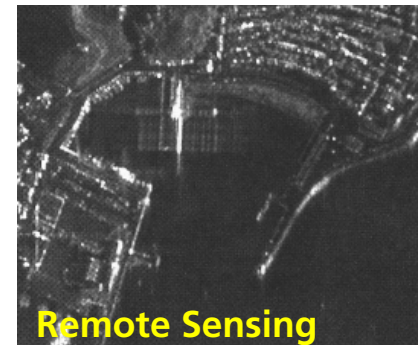
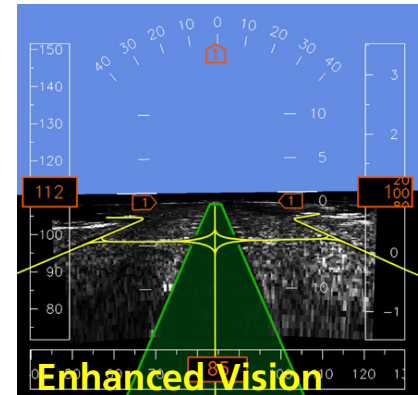
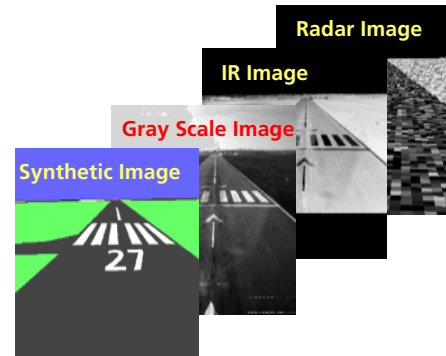


# DLR - Institut für Flugführung

## Flugführung, Assistenzsysteme, Cockpit-Technologien

### Airborne:

UAV-Simulation  
Pilot Assistance  
Sensor Evaluation



### Ground:

System Control  
UAV Guidance  
Image Processing  
Sensor Simulation

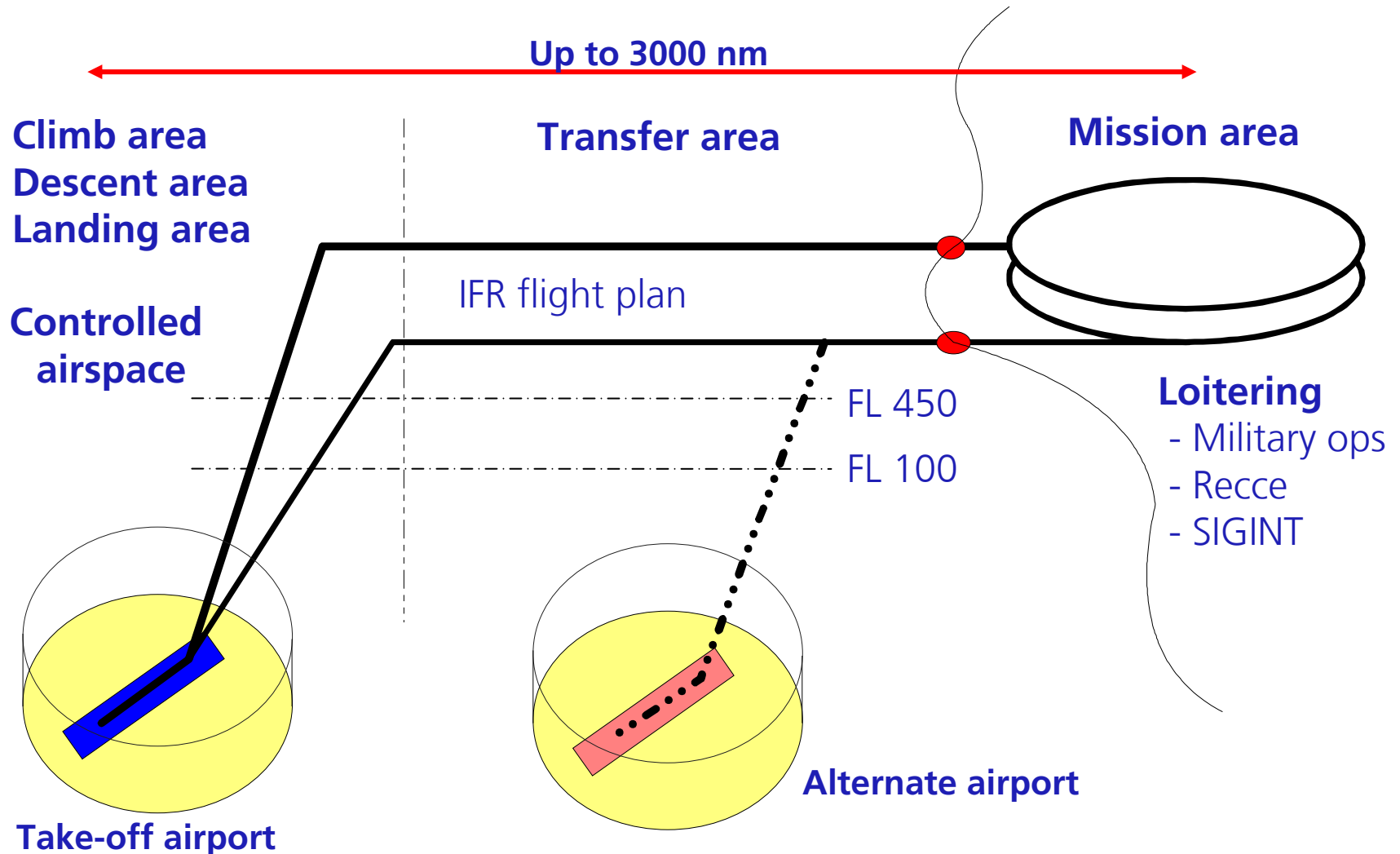


# ATTAS Advanced Technology Testing Aircraft System

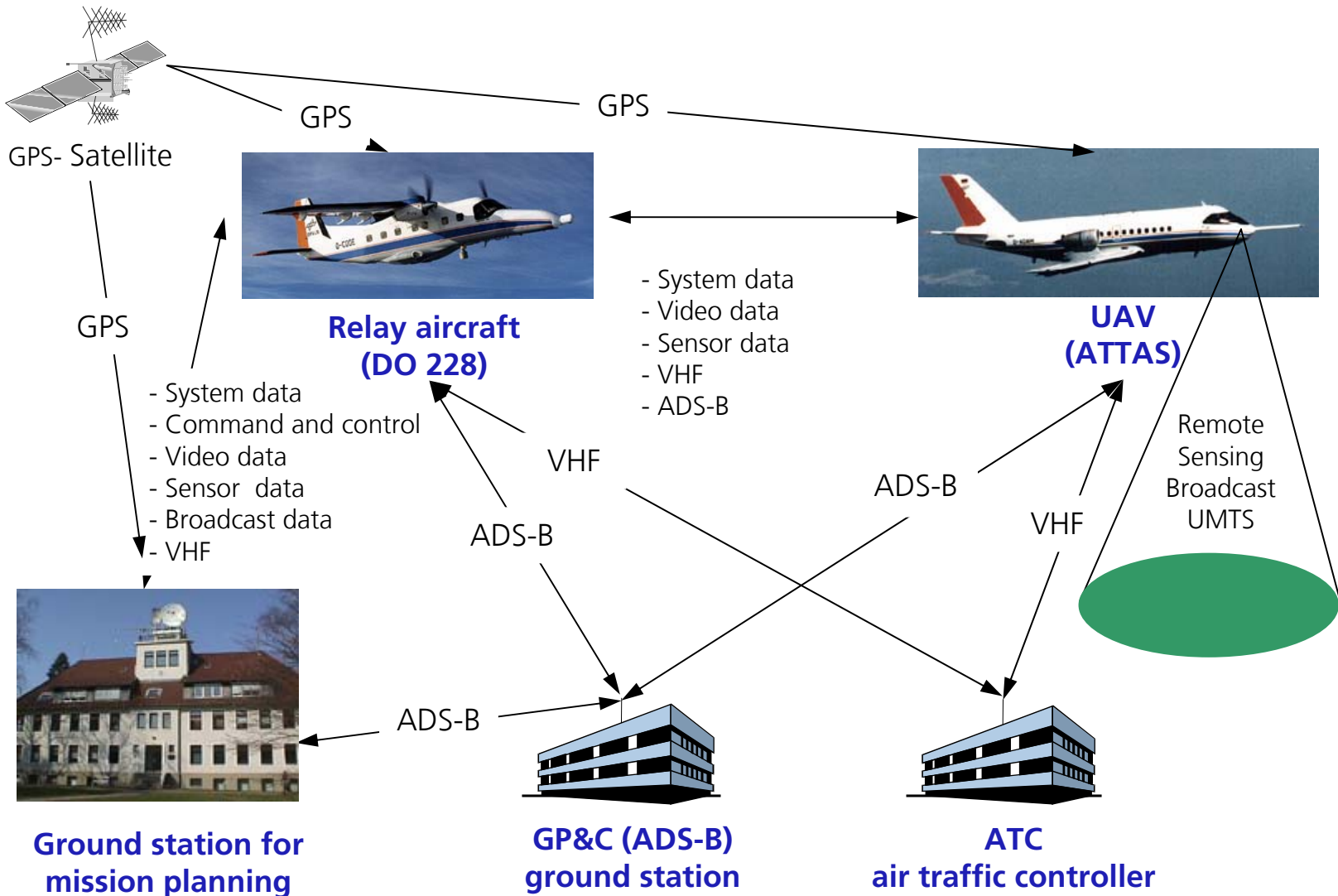


- Experimental UAV airborne system with safety pilot
- Advanced Flight Management System AFMS
- Advanced Flight Control System AFCS
- Auto-Land
- Mission Management System MMS

# WASLA-HALE Mission Scenario



# Airborne network system for remote guiding of UAVs



# Communication Concept

Satellite, relay aircraft

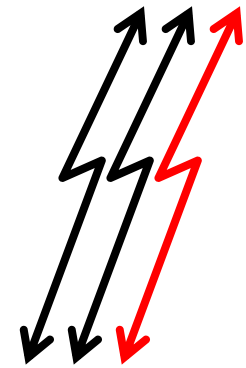


ASAS / VDL mode 2  
TCAS II / mode S



ATC — GCS  
UAV — User

Payload data  
and command

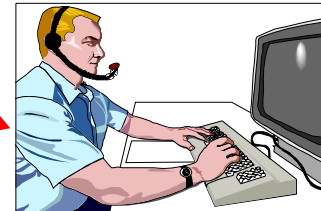


2 x comms + TM/TC

Short distance  
link

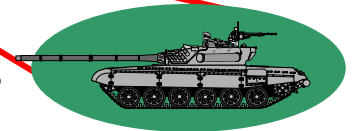


Ground control  
station



Data user

2 x comms  
XPdr



ATC



# Dedicated Data Link Verification Aircraft DO 228 D-CODE



- Aircraft system to simulate UAV payload operations
- Relay data link system



# DLR - Institut für Flugführung

## Cockpit Technologien

### ➤ Forschungsziele:

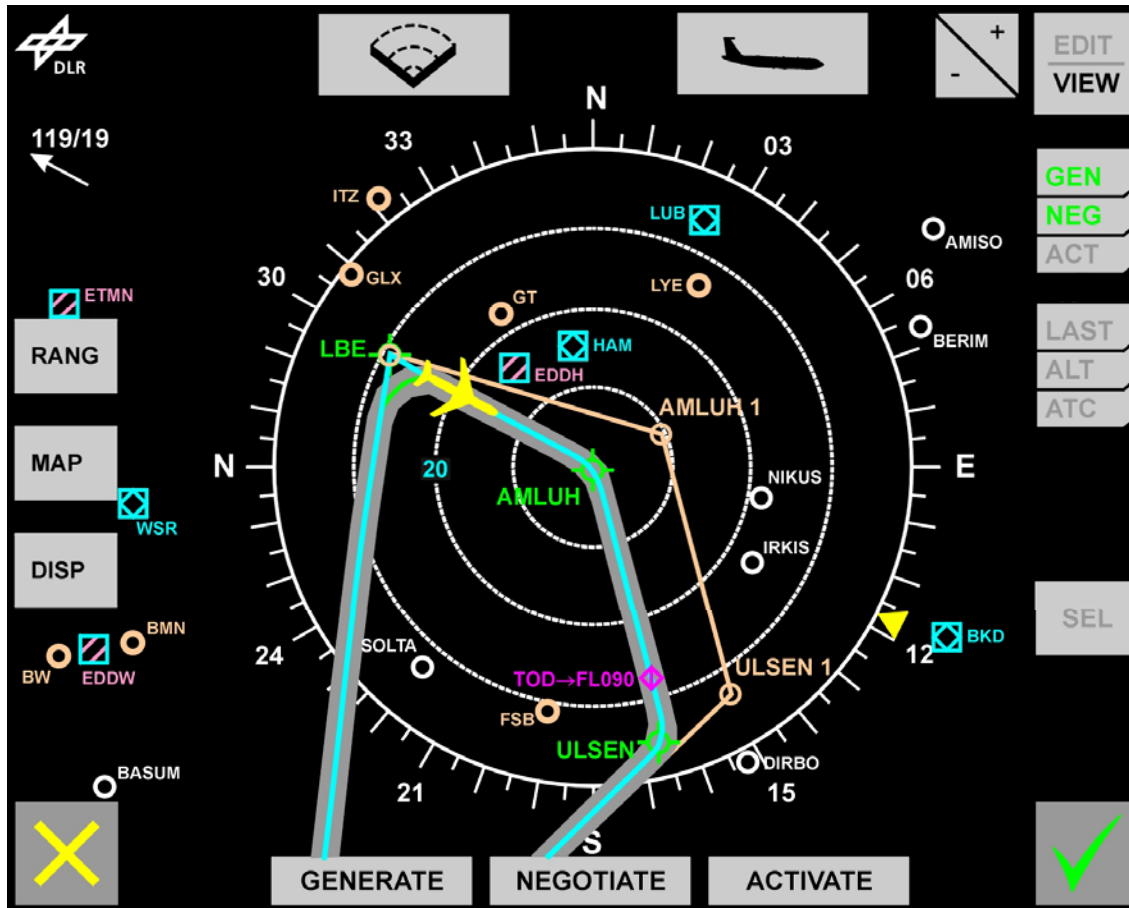
- ▶ Neue Technologien für Führung und Pilotenassistenz
- ▶ Fernerkundung
- ▶ Technologien für UAVs

### ➤ Technologien:

- ▶ Autonome Führung, Pilotenassistenz
- ▶ Fernführung
- ▶ Sensordaten-Fusion
- ▶ Enhanced vision

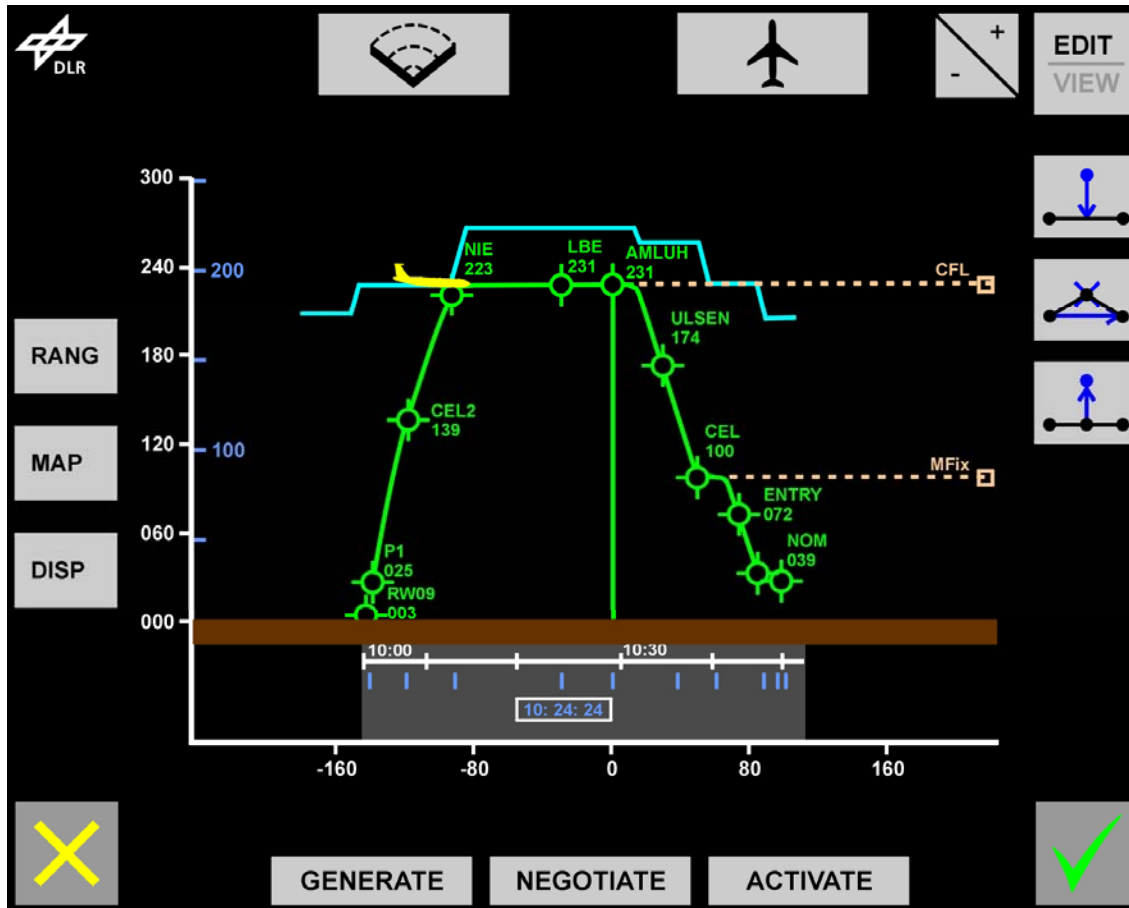


# Advanced Flight Management System AFMS Horizontal Display - Planning Mode



- Planning or monitor mode
- Planned flight routes
- ATC information
- Flight trajectory editing

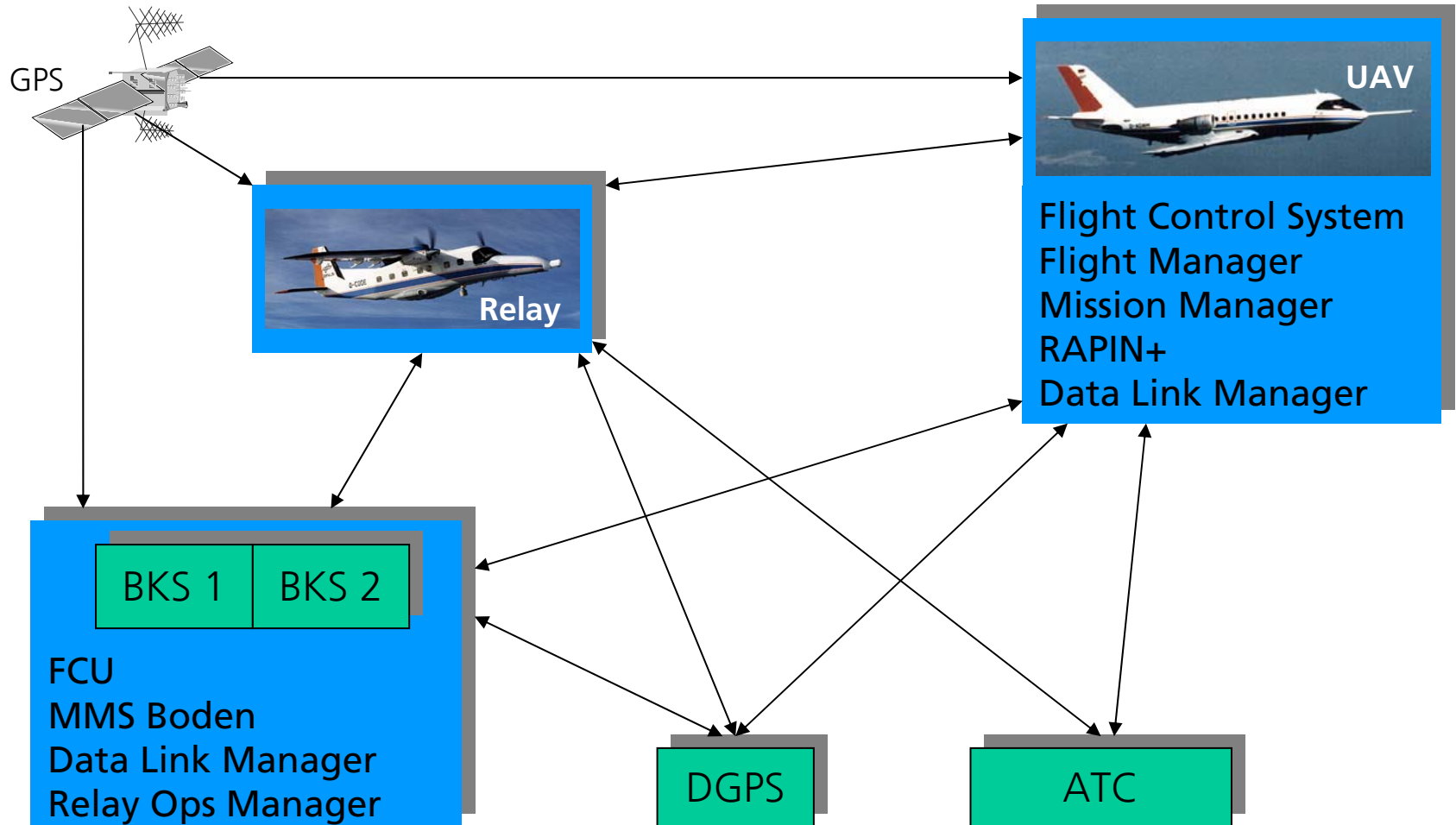
# AFMS Vertical Display - Planning Mode



- Planning or monitor mode
- Height profile
- Flight level constraints
- Editing of constraints

# WASLA-HALE – Demonstrator

## Führungskonzept



# Komponenten des UAV-Experimentalsystems



**Onboard System (ATTAS)**



**ATTAS**

**Data-Link Tower**



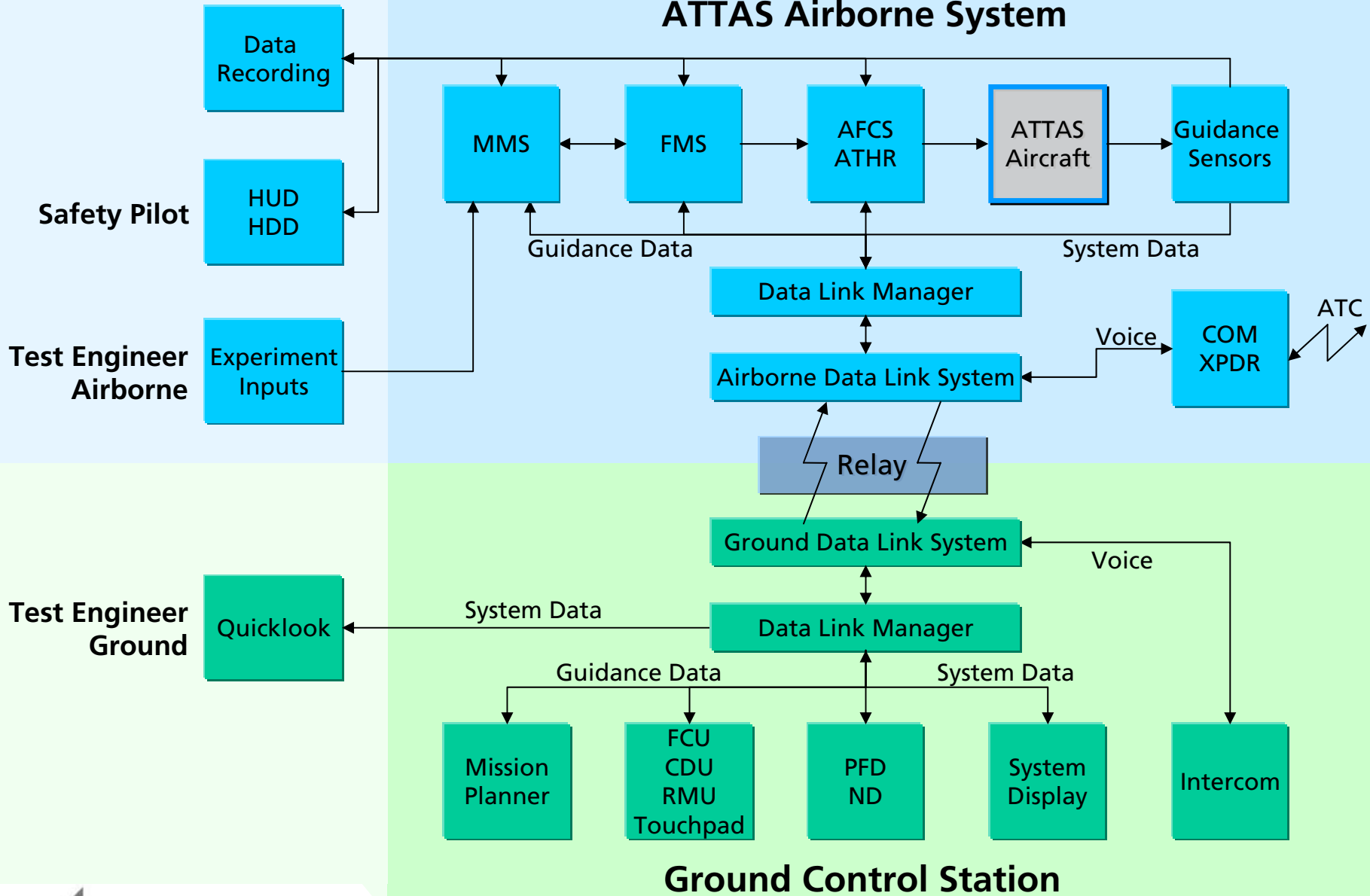
**Bodenkontrollstation Braunschweig**



**Bodenkontrollstation Manching**



# ATTAS Airborne System



# ATC Simulator ATMOS

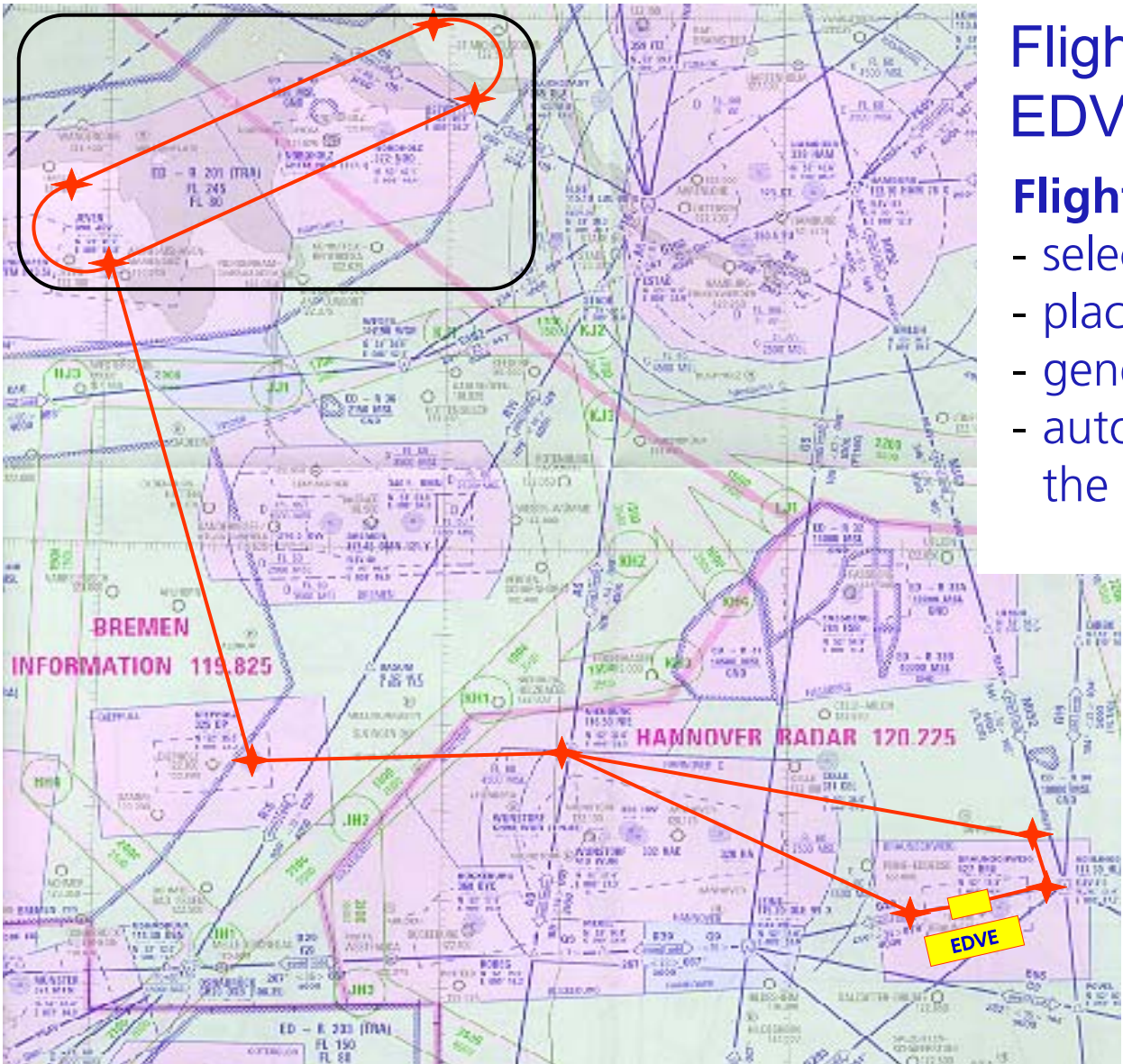


- Air traffic control simulation
- Evaluation of procedures for UAVs in civil airspace

# Tower Simulator



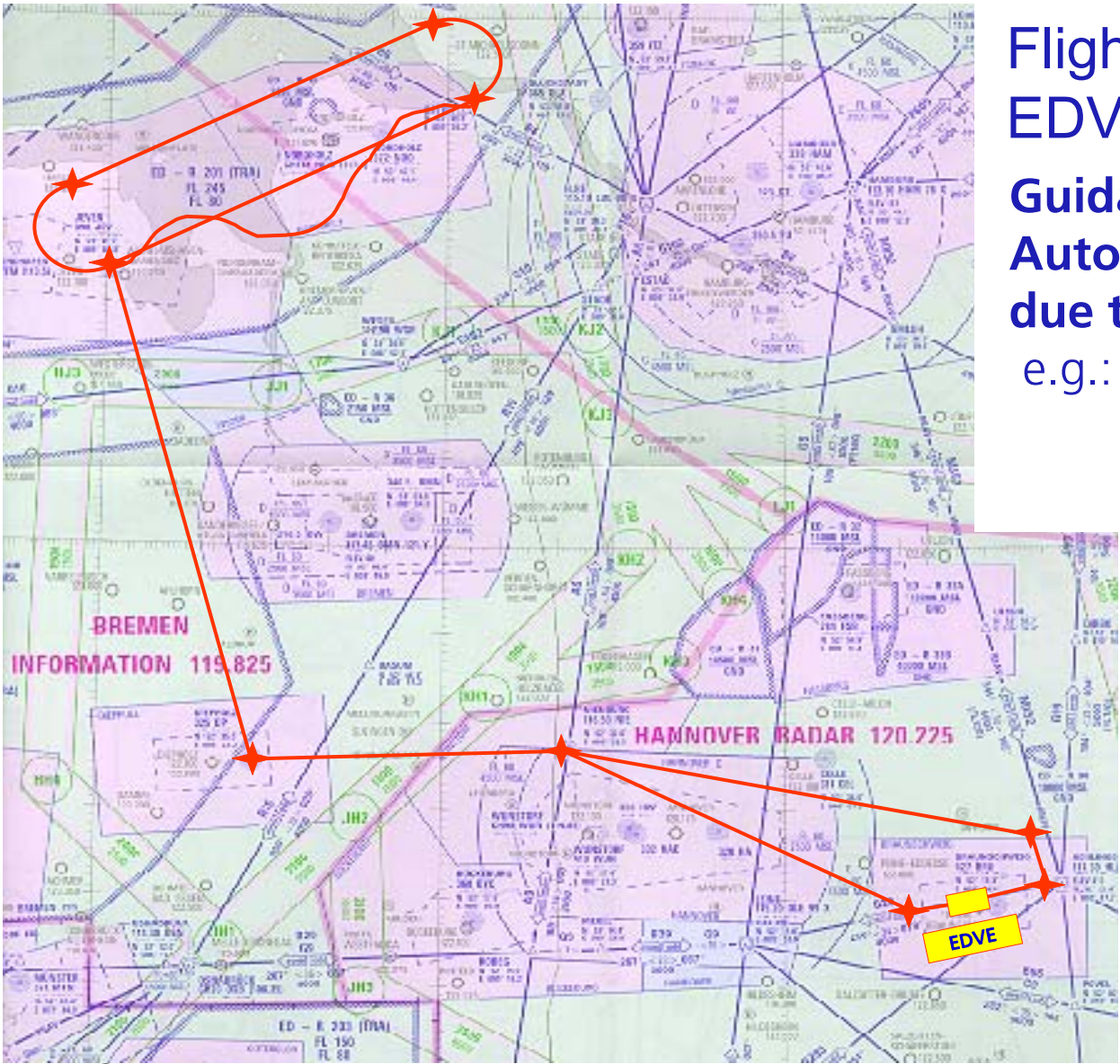
## ➤ Evaluation of UAV procedures



# Flight test route EDVE - TRA 201/202

## Flight planning with AFMS

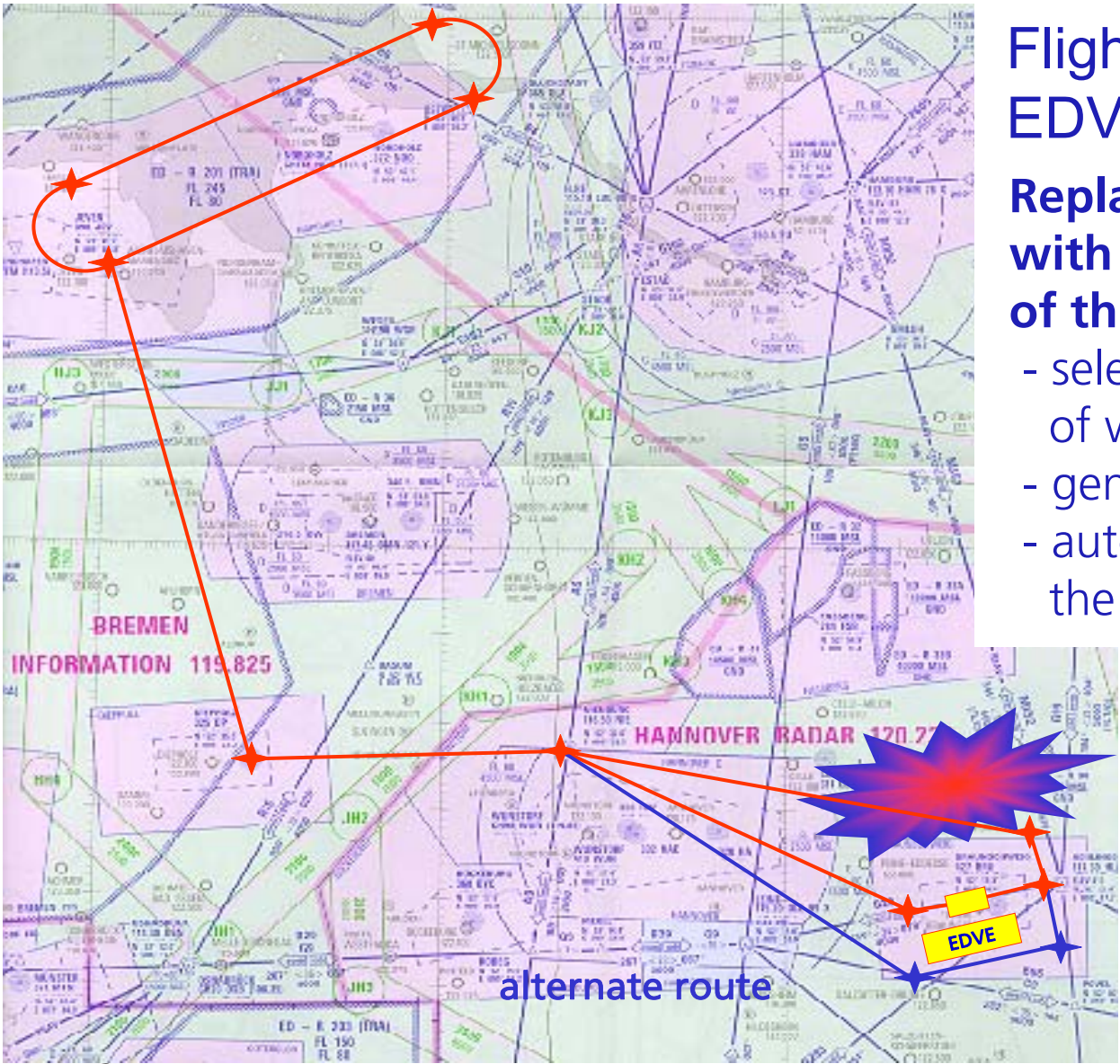
- selecting of operation area
- placing of waypoints
- generating the trajectory
- automatic flight along the trajectory



Flight test route  
EDVE - TRA 201/202

**Guidance and Control by  
Autopilot / Autothrottle  
due to instructions by ATC**

- e.g.: - Climb / Descent
- Heading-Change
- CAS-Change



Flight test route  
 EDVE - TRA 201/202

Replanning during flight  
 with AFMS (e.g. detouring  
 of thunderstorm)

- selecting / modification  
 of waypoints
- generating new trajectory
- automatic flight along  
 the modified trajectory

alternate route

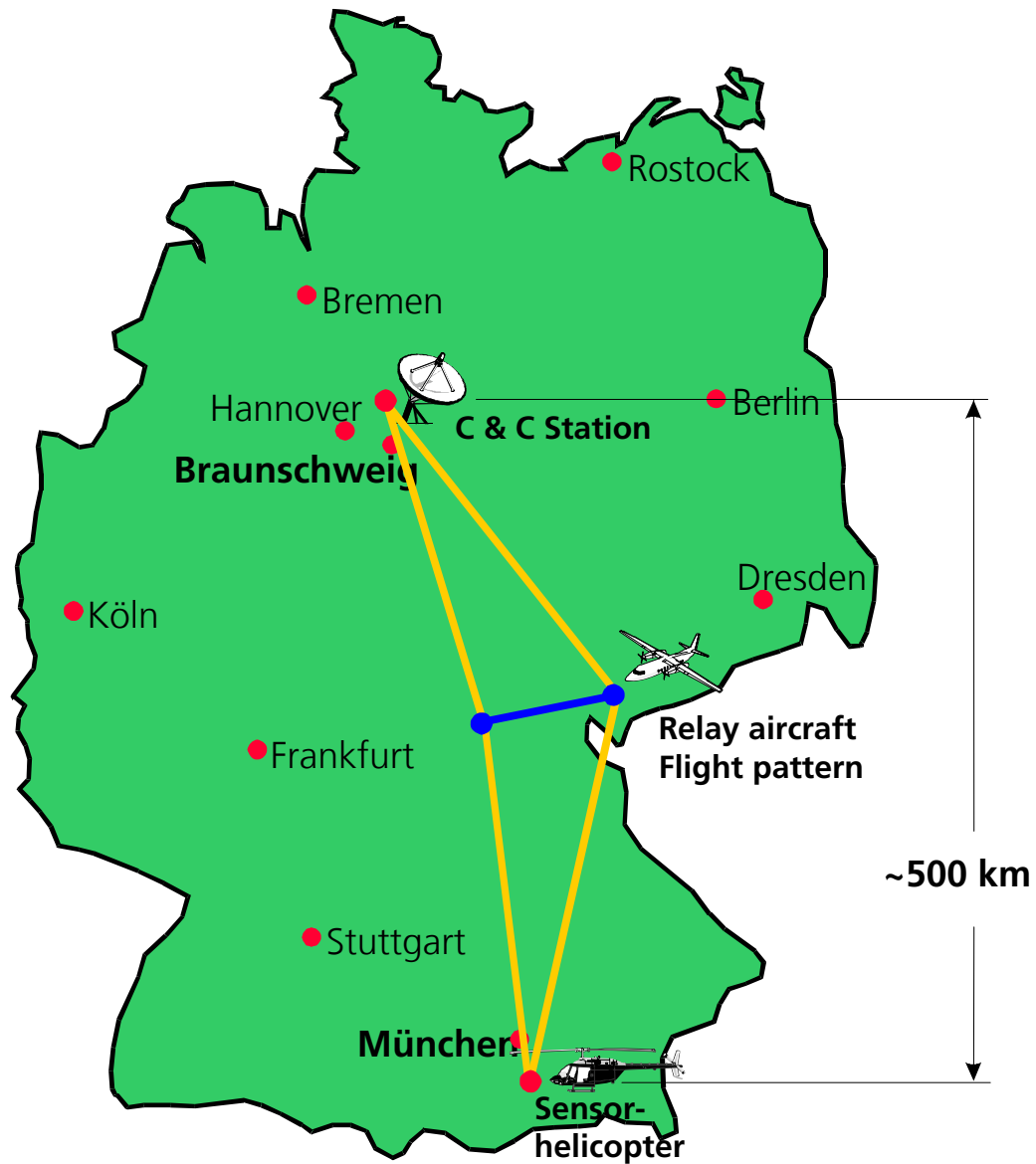


# Ergebnisse und Demonstrationen von Projekten zur UAV-Führung und UAV-Integration

- **LDDL – Long Distance Data Link**  
(Relaisgestützte Datenübertragung)  
(BWB; DLR, OHB; 1998-1999)
- **WASLA-HALE Demonstrator-Programm Phase 2 + 3**  
(ATTAS-UAV Studie)  
(BWB; DLR, WTD61, EADS, ESG, DFS; 2001–2007)
- **USICO - UAV Safety Issues for Civil Operations**  
(EU-FP5, DLR et. al.; 2002–2004)

# LDDL

## Long Distance Data Link



# Projekt WASLA-HALE Phase 2

## Meilensteine der Flugdemonstrationen

- I. Funktionstests und Nachweis von Standardverfahren in reservierten Lufträumen (TRA`s)
- II. Nachweis von Standard- und Notfallverfahren in TRA`s
- III. Abfliegen einer kompletten UAV-Mission im kontrollierten Luftraum



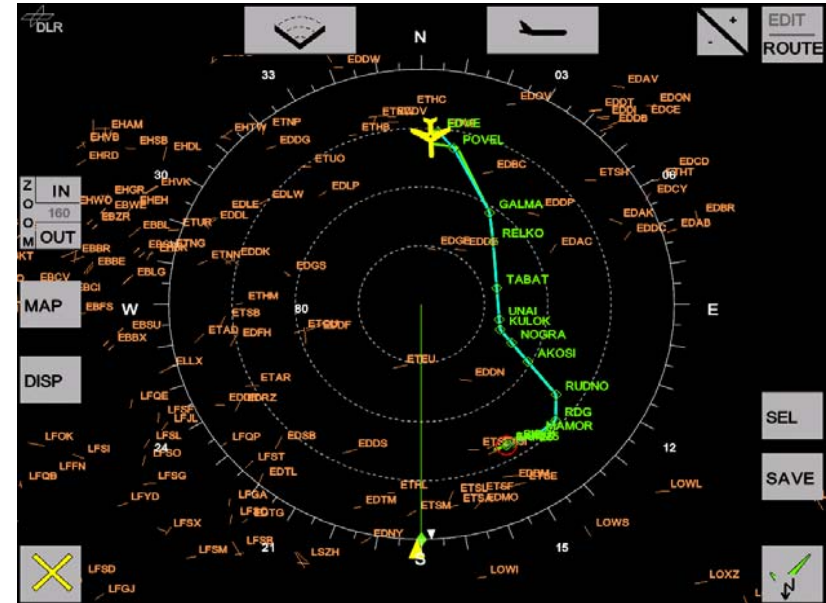


# Flugversuch-Nr. 428, 03.06.2004

Braunschweig - Manching, FL 220-240

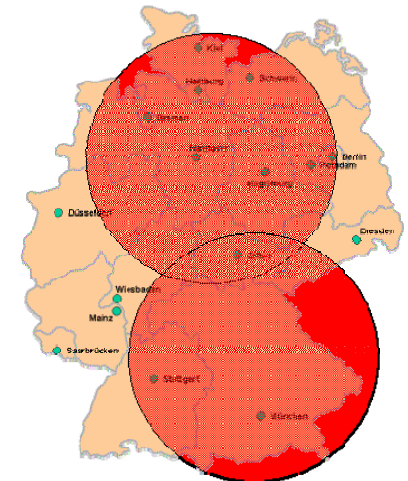
## Ziel

- UAV-Erprobung mit Fernführung
- Übergabe an BKS-Manching
- COM –Frequenzwechsel
- Umplanungen im Fluge



## Ergebnis

- sicherer Datenlink
- gute COM-Verbindung Fernführer ↔ ATC
- problemloser Wechsel zu unterschiedlichen ATC-Stellen
- autonomer Approach mit simuliertem ILS auf 25L bis 300ft
- kein Autoland wegen Fehler im SR-Versuchssystem



# Flugversuch-Nr. 429, 03.06.2004

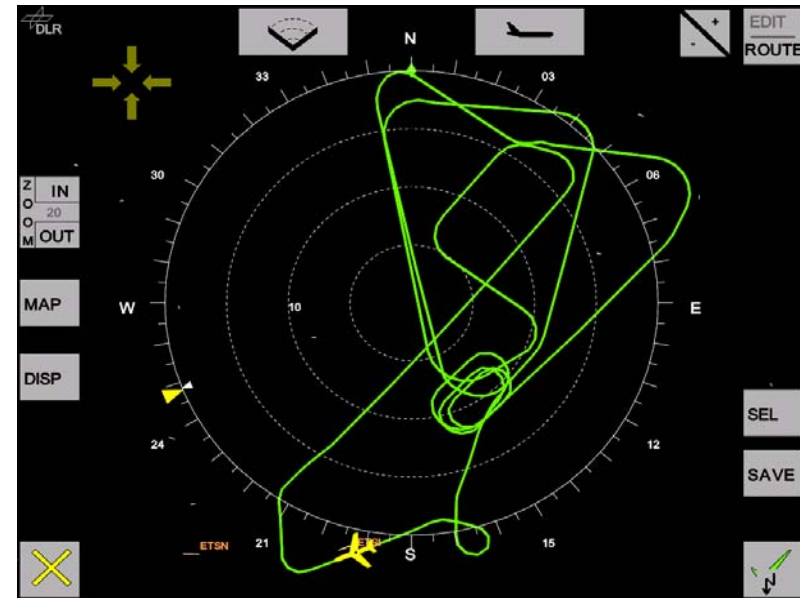
Manching - TRA 210 - Manching, max. FL 160

## Ziel

- UAV-Erprobung mit Fernführung
- Agieren auf Anweisungen von ATC
- Umplanungen wegen Verkehrskonflikt
- Umplanung infolge einer Wettersituation
- TCAS- Event
- Verhalten bei Ausfall Führungsdatenlink

## Ergebnis

- gute COM-Verbindung Fernführer ↔ ATC
- unmittelbare Befolgung von ATC-Anweisungen
- erfolgreiche Umplanungen bei realem Verkehrs-/Wetterkonflikt
- im Konfliktfall autonomes Ausweichen ohne Eingriff des Fernführers
- autonome Umplanung des Flugweges auf Notlandeplatz
- autonomer Approach mit simuliertem ILS auf 25L bis 300ft



# Demonstrierte Funktionalitäten/Verfahren (1)

- **Führung durch den Fernführer mittels Autopiloten-Funktionalitäten**
  - Heading Select/Hold
  - Altitude Select/Hold
  - CAS Select/Hold
  
- **Generieren und Abfliegen von Trajektorien**
  - Festlegen von Wegpunkten und Generierung von Trajektorien
  - Senden von generierten Trajektorien von der BKS an ATTAS
  
- **Verhalten bei Datenlink-Verlust**
  - Erkennen des Datenlink Ausfalls
  - Bewertung von Datensätzen, autonome Reaktionen
  - Wiederaufnahme des Datenlink
  - Fortsetzung der letzten aktuellen Trajektorie

## Demonstrierte Funktionalitäten/Verfahren (2)

### ➤ Weitere autonome Funktionalitäten

- autonome Umplanung bei Gewitterannäherung
- autonomes Ausweichen bei Annäherung (TCAS-event) ohne Eingreifen des Fernführers bei bestehendem Führungs-Datenlink
- Umplanung und Anfliegen eines Notlandeflugplatzes bei Fehlerfall an Bord ohne Führungs-Datenlink
- Autonomer Landeanflug bis 300 ft auf Ausweichflugplatz ohne ILS
- Autonome Landung auf Erprobungsflugplatz Parchim (Einzelerprobung)



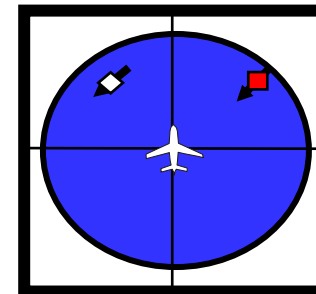
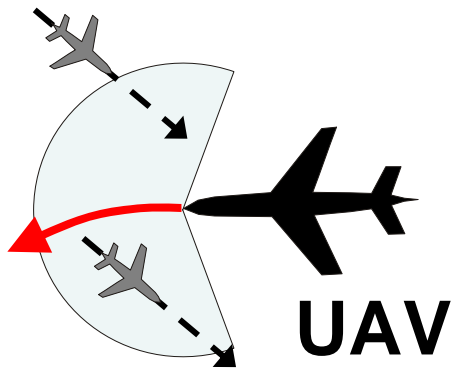
# Allgemeine ATC-Bewertung/Ergebnis

- ATTAS als UAV war jederzeit in Höhe, Richtung und Geschwindigkeit beeinflussbar
- relevante Zeitverzögerungen bei der Ausführung von ATC-Anweisungen waren im Normalfall nicht feststellbar
- geringe Zeitverzögerung bei der Ausführung von ATC-Anweisungen waren tolerierbar (Sonderfall Kurvenflug)
- auch außerhalb der TRA war eine präzise Fernführung ohne Beeinflussung anderer Luftverkehrsteilnehmer gewährleistet
- Standard ATC-Verfahren für den kontrollierten Luftraum können auf UAV`s übernommen werden
- Notverfahren stellten für ATC keine größeren Probleme dar, da sie in den TRA's stattfanden und die Verfahren sich an vergleichbaren Verfahren der bemannten Fliegerei orientierten.

# Flugtests für WASLA-HALE Phase 3

## zur Erprobung von

### See/Sense & Avoid Fähigkeiten



**GCS-Indication**

# Certification-Statements for Sense & Avoid

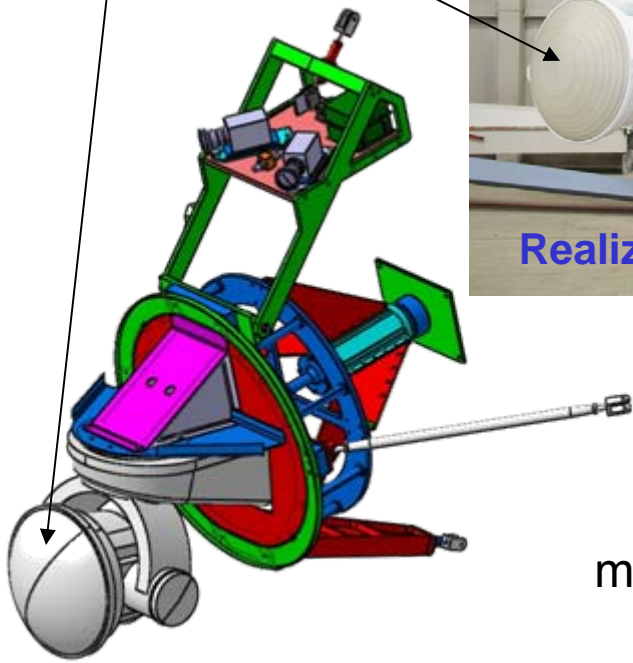
## FAA Order 7610.4

- **Provide “an equivalent level of safety, comparable to see-and-avoid requirements for manned aircraft.”**
- **Alternatives explicitly cited in the directive that would suffice:**
  - ✓ **Radar observation**
  - ✓ **Forward or side looking cameras**
  - ✓ **Electronic detection systems**
  - ✓ **Visual observation**
  - ✓ **Monitored by patrol or chase aircraft**
  - ✓ **Or a combination thereof**

# Installation of S&A Sensors on ATTAS

Radar-Sensor

Optical-Sensor

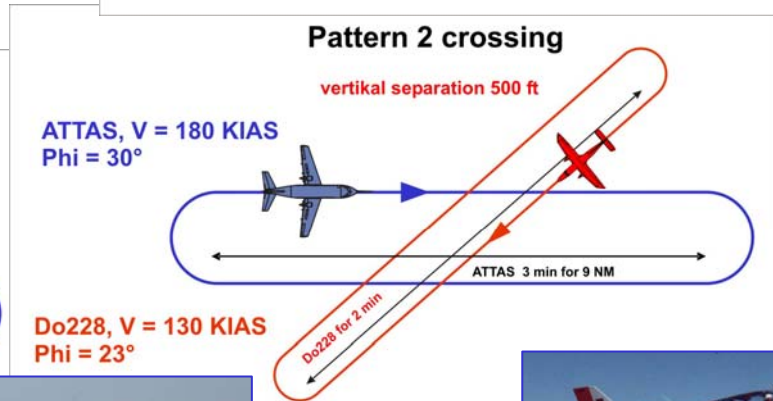
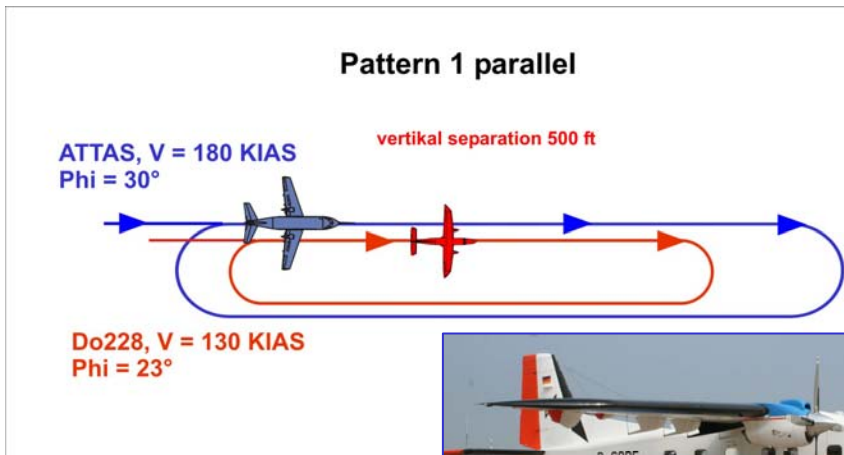
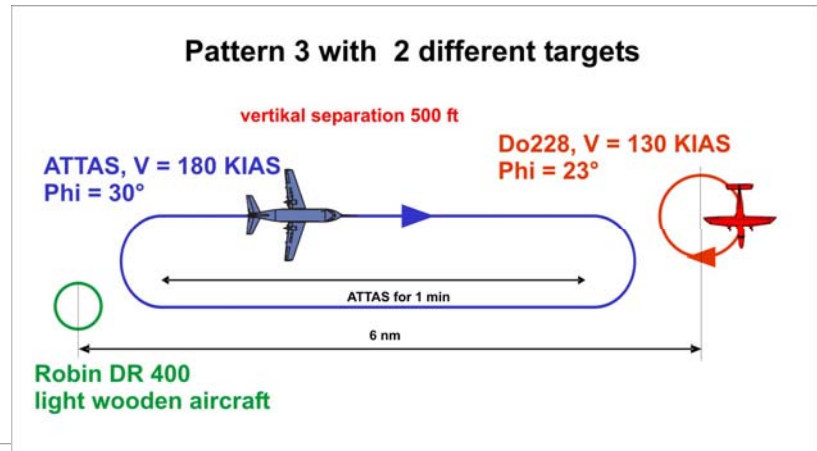


modified Radom

# Flight Patterns for S&A Sensor-Testing

different:

- range
- positions
- yaw / roll angle
- aircraft type / radar cross section
- weather conditions



< Targets >



## Ergebnisse

- Versuchsergebnisse sind realistisch
- Weitere Untersuchungen erforderlich:
  - Sensortechnologie
  - Sensordatenauswertung



# **Integration of UAV in ATC/ATM**

## **ATC Simulation Results**

**Bernd Keck,  
Dirk-Roger Schmitt  
Heinrich Dörgeloh**

**German Aerospace Center  
Braunschweig  
Germany**

## Objectives of ATC/ATM Real Time Simulations

Evaluation of the UAV integration concept:

- Normal operations
- Emergency Operations:
  - Standard emergency procedures:
    - Comm Loss
    - Thrust Loss
  - UAV specific emergency procedures
    - (additional emergency codes)

Investigation of UAV specifics:

- Communication delay for voice and data

## Simulated Centres

- Frankfurt Arrival (ARR) and Frankfurt Area Control Centre (ACC)
  - west-sector "Langen Radar"
  - radar approach controller "Frankfurt Arrival"

## Simulated Traffic

- Arrival traffic EDDF
- Departure traffic EDDF
- Overflights
- UAV Traffic
  - Fixed wing MALE departure from West or North from Frankfurt
  - Mission requires crossing of TMA Frankfurt

## Simulated MALE UAV

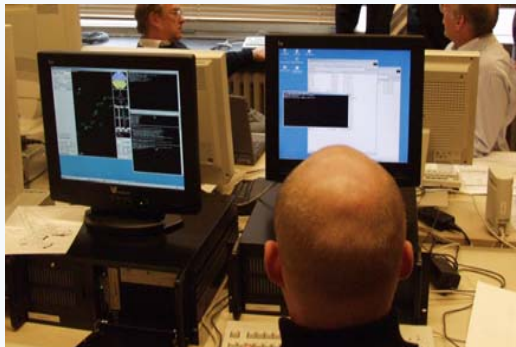
Wing span (m)	22.6
Length (m)	10.68
Normal cruise (kcas)	110
Max. ceiling (ft)	45000



## Simulation Setup



**Pseudo Pilots**



**UAV Pilot (FHS Sim)**



**Air Traffic Management and  
Operations Simulator  
ATMOS**

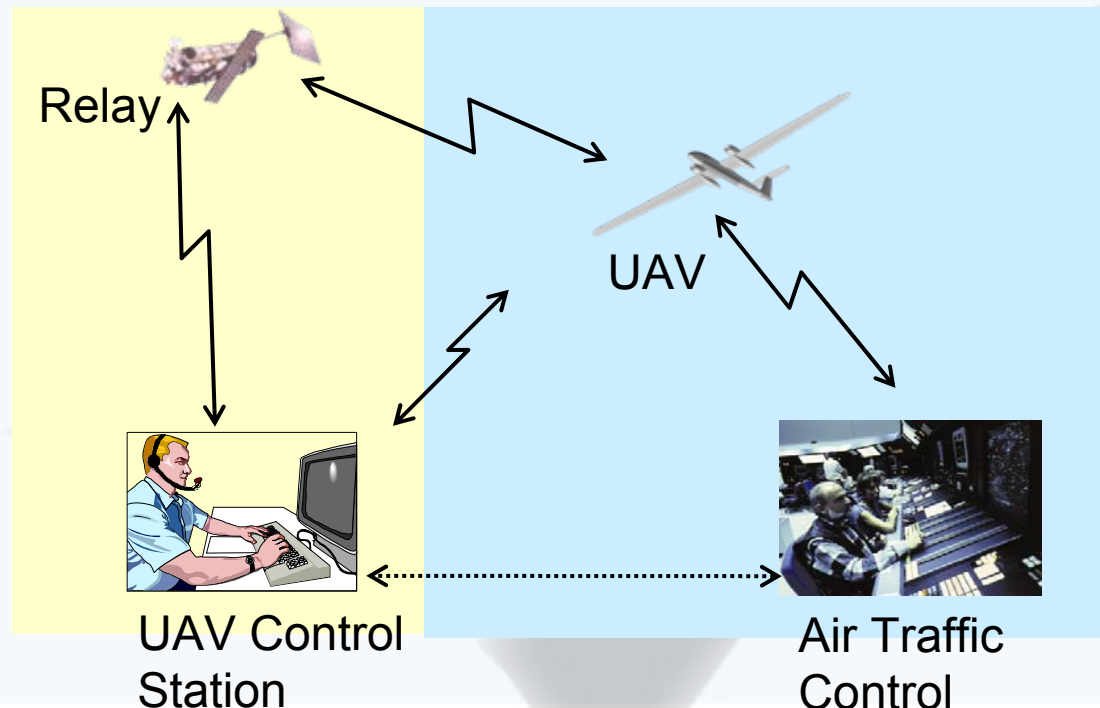
## First Results

based on controllers' comments

### General

No special problems with UAV in airspace

Integration concept allows treatment of UAV like normal aircraft



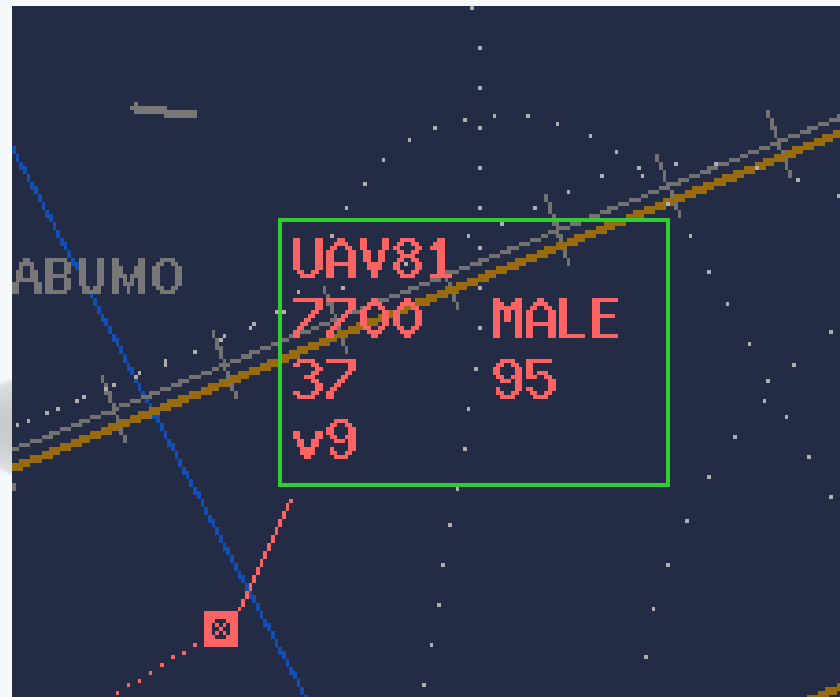
## First Results

based on controllers's comments (cont 1)

### Emergency Codes

7600 for data link loss and comm loss appropriate

7700 for unpredictable emergency behaviour only



## First Results

based on controllers's comments (cont 2)

Telephone comm between controller and UAV pilot is a benefit compared to manned aircraft



UAV Control Station



Air Traffic Control





TADUS

MABOB

MTR

GEDSI



DLH4173  
40 266

1783  
270

HNU

ABUMO

SBI871  
21 192  
v10

RADGO  
LEDKI

IBE4516  
40 361

DLH3693  
7 137  
v11

FPM

Fs

BOMBI

RILUX

SOLTA

DONIS

CHA



TADUS

MABOB

MTR

GEDSI



1783  
270

DLH4173  
40 266

HNU

ABUMO

SBI871  
21 192  
v10

RADGO  
LEDKI

IBE4516  
40 361

DLH3693  
7 137  
v11

FPM

Fs

BOMBI

RILUX

SOLTA

DONIS

CHA



**Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit**  
**Fragen ?**

