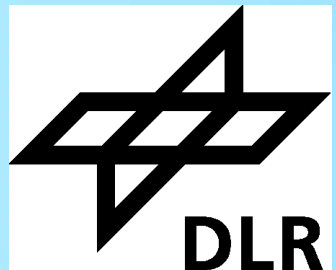


MIMO AIR

**Demonstrator eines Luftraumüberwachungssystems mit
kognitiven MIMO-Radarsensoren
für fliegende Plattformen**



Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages



IV. Quartalstreffen Luftfahrt 10.12.2024

Projekt MIMO Air



Wer bin ich?



Ingo Jessen

Ausbildung Funkelektroniker LTG 62 Wunstorf

Studium Elektrotechnik / Hochfrequenztechnik

Hochschule Hannover

Seit 1998 im Institut für Flugführung

Entwicklungsingenieur

Musterprüfingenieur

Versuchsingenieur

A320, DO228, BO105, EC 135 und DR400

Anlagenverantwortlicher



- **Projekt Mimo Air**
- **Entwicklung**
- **Versuchsträger**
- **Die Drohnen**
- **Bodenversuche EDBC**
- **Flugversuche EDBC**

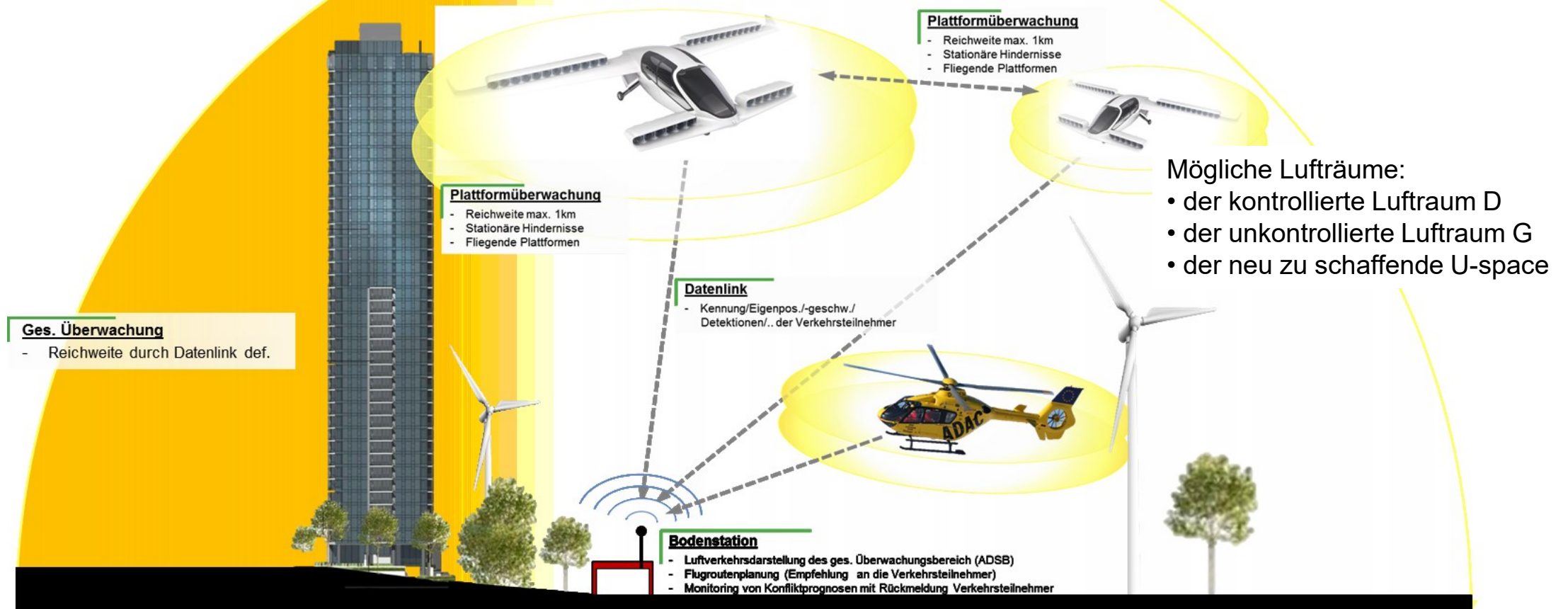
Was ist MIMO Air?





In dem LuFo Projekt MIMO-Air wurde ein Demonstrator eines „**Air Traffic Monitoring and Management System**“ (ATMMS) für fliegende Plattformen (z.B. Rettungs- und Transporthubschrauber, Lufttaxis, Drohnen etc.) entwickelt.

Demonstrator eines Luftraumüberwachungssystems mit kognitiven MIMO-Radarsensoren für fliegende Plattformen



Projektleitung

Hensoldt Sensors GmbH (IND)

Partner

~~OFFIS e.V.~~ DLR-SE Institut für Systems Engineering für zukünftige Mobilität
Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung der angewandten Wissenschaft e.V.,

Unterauftragnehmer

DLR-Institut für Flugführung

Humatects GmbH

Deutsche Flugsicherung GmbH DFS

Das Verbundvorhaben MIMO-Air wurde durch das Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK) im Rahmen des Luftfahrtforschungsprogramms VI (LuFo VI-1) gefördert.

Aufgabe I: Integration des MIMO-Air Systems in den Flugversuchsträger BO 105:

- Für die Erprobung des MIMO-Air Systems soll es in eine Transportkiste integriert werden und als Außenlast mit einem Helikopter in Flugversuchen eingesetzt werden. Das DLR wird hier bei der Erstellung der Systemanforderungen und Systemqualifikationsanforderungen unterstützen.

Aufgabe II: Vorbereitung und Durchführung von Flugversuchen (vorbehaltlich der Bereitstellung des Systems und der Verfügbarkeit des Flugversuchsträgers BO 105)

- In dieser Aufgabe wird das entwickelte MIMO-Air System erprobt. Dazu werden Flugversuche vorbereitet, durchgeführt und nachbereitet. Zu jedem Flugversuch wird ein Bericht erstellt. Bei der Vorbereitung wird das DLR bei der Systemqualifikation und bei der Planung der Flugversuche unterstützen. Darüber hinaus wird das DLR einen Helikopter für die Flugversuche (MIMO-Air System als Außenlast), sowie einen kooperativen Luftraumnutzer (z.B. Multikopter mit ADS-B Transceiver) bereitstellen.

Aufgabe III: Mitarbeit bei der Bewertung des MIMO-Air Systems

- Hier soll das MIMO-Air System nach den Flugversuchen bewertet werden. Dabei werden die vom Auftraggeber bereitgestellten Daten ausgewertet.

Aufgabe IV: Integration und Betrieb eines Datenlinks

- Während der Flugversuche muss ein Bidirektionaler Datenlink den Datenaustausch zwischen Radar und Bodenstation gewährleisten.

Ich danke den Kolleginnen und Kollegen



Institut für Flugführung (FL)

Andreas Volkert

Joonas Lieb

Samiksha Nagrare

Leonie Doré

Rainer Schmidt

Yann Weber

Flugexperimente (FX)

Markus Bernhardt

Elizabeth Buron

Uwe Göhmann

Sebastian Soffner

Nationales Erprobungszentrum für Unbemannte Luftfahrtsysteme (UX)

Nadine Dörge,

Marlen Luther

Yvonne Minnich

Florian Rullert

Daniel Runge

Jürgen Kubicki

Frank Rost

Tim Henkel

Michael Rommel

Stephan Koch

René Zeckert

Institut für Flugsystemtechnik (FT)

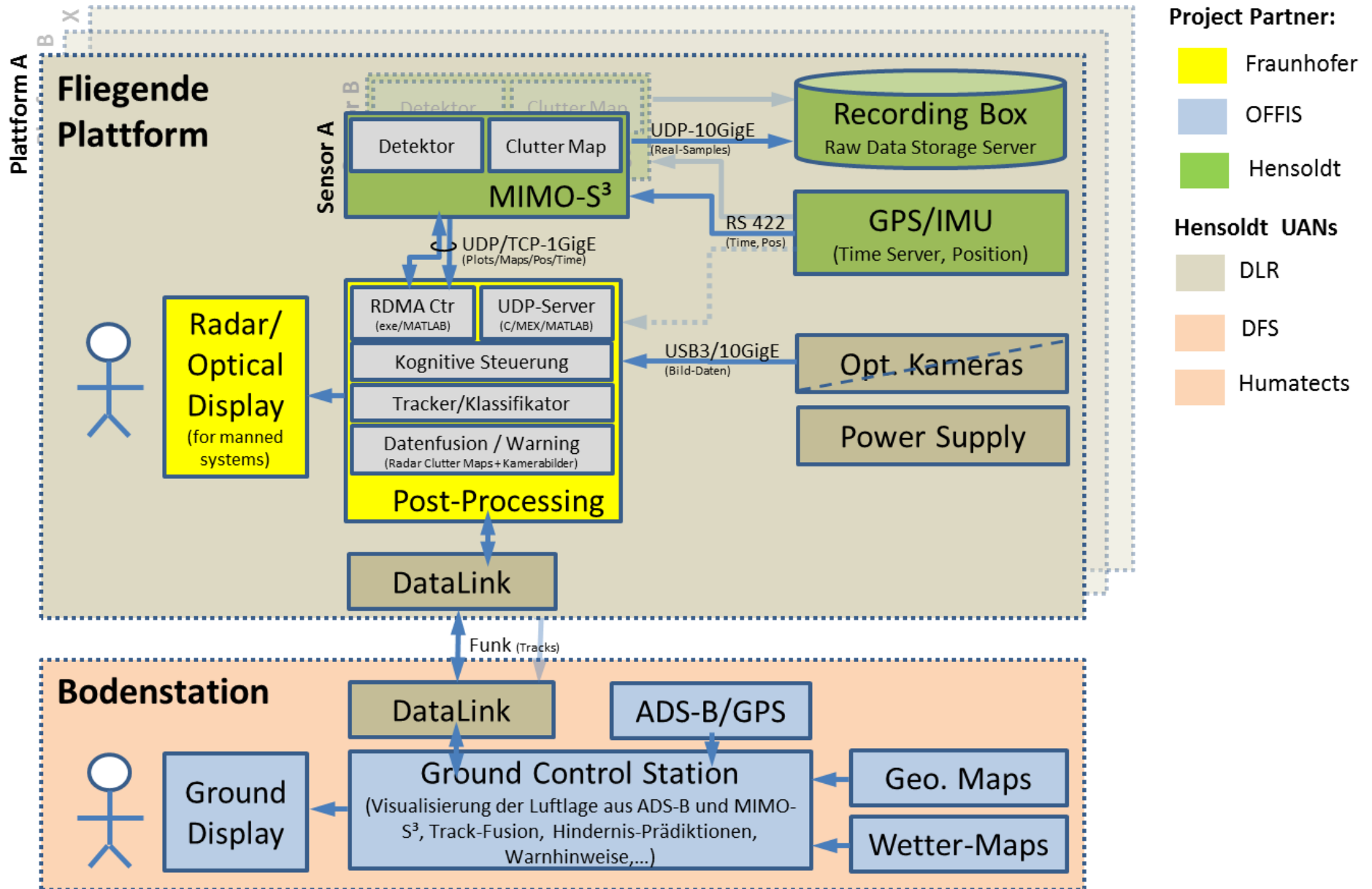
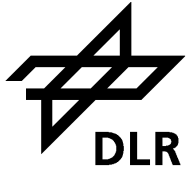
Maximilian Schubert-Zhang

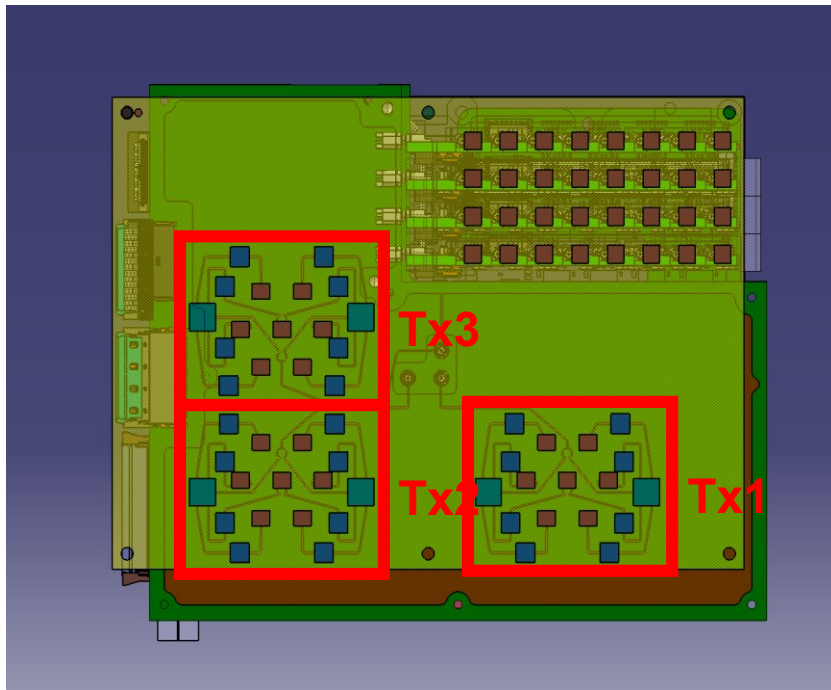
Sophie Scholz

Wie funktioniert MIMO Air?

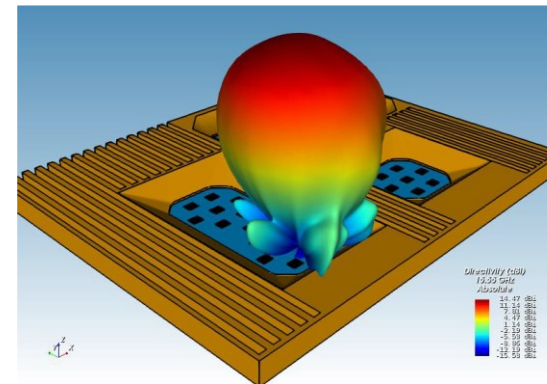
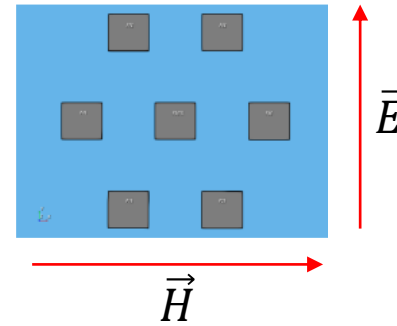


Architektur des ATMMS

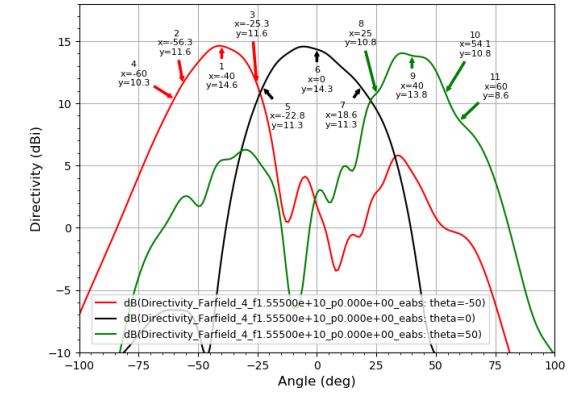




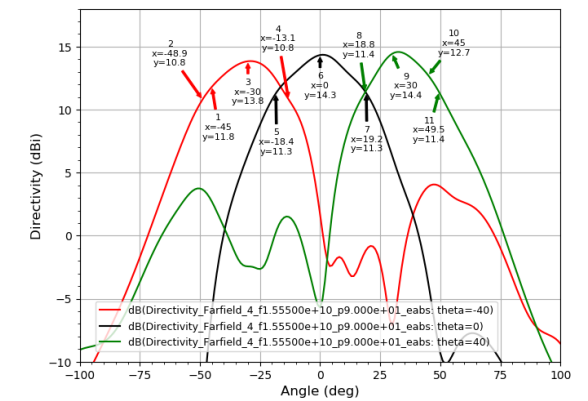
Hexagonal antennas



Tx 2 |E plane



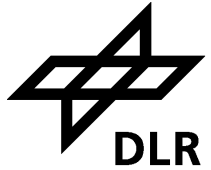
Tx 2 |H plane



Characteristics for each patch:

- Phase control
 - Amplitude control
- } AESA

Specifications



Development Goal	TRL6
Dimensions (LxWxD)	211 mm x 170 mm x 151 mm (Without external cooling) 217 mm x 170 mm x 209 mm (With external cooling)
Weight	<7.5 kg
Distance	2.5 km @ 1m ²
Unique Speed	±46m/sec.
Field of view (FOV)	Azimuth: 120° Elevation: 90°
Frequency	15.4 GHz – 15.7 GHz
Max. Transmit Power	45 dBm (EIRP)
Update Time Plot	< 50 ms
Update time FOV	< 500 ms
Technology	FMCW
Max. Power Consumption	165 W (without external cooling) 205 W (with external cooling)
Cognitive Settings	<ul style="list-style-type: none"> • TDM/OFDM/CONVENTIONAL DBF • Distance resolution (2m to 20m) • Max. Distance range (250m to 2500 m) • Send Signal Swivel Angle • Transmit Power
Other	<ul style="list-style-type: none"> • Fusion of radar data with INS data • Control via external interface • Plot Information (Distance, Speed, Angle, ...)

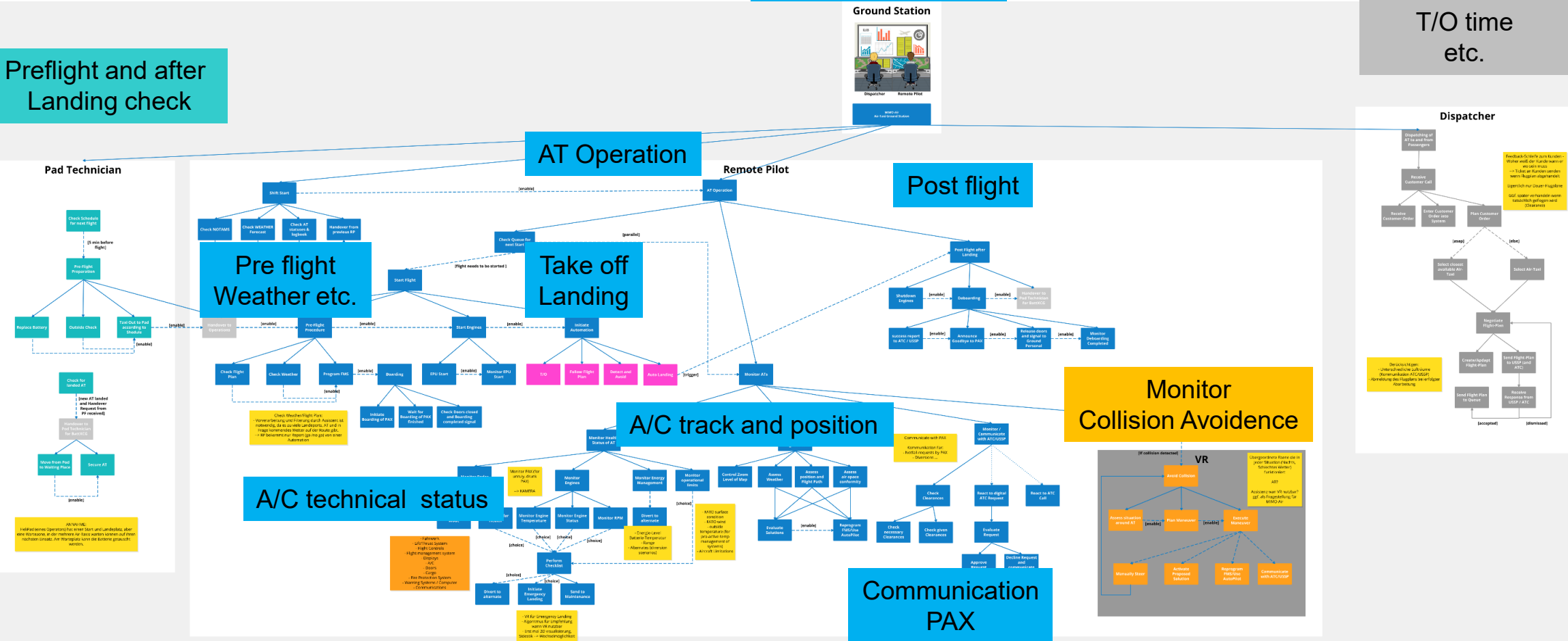
MIMO-Air Bodenstation Task model



Pilot and Dispatcher

Preflight and after Landing check

PAX information
T/O time
etc.



MIMO-Air Bodenstation



MIMO-Air Bodenstation

2 km Birkenwerder
Simulation Time: 2024-08-18 12:13:57 Temp: 21°C

FP Programming > Boarding > Start Engines > TO

Selected Flight Plan: **SpandauPotsdam**

Planned Departure Time:

WP	Restrictions
Spandau	N/A
PotsdamHBF1	N/A
SpandauPotsdam1	N/A
SpandauPotsdam2	N/A
Potsdam	N/A

Estimated Time for Travel: Not calculated

Flight Plan Check: XXXXXXXXXX

Calculate Check Transmit to AT

Swap Battery

Start Boarding

Close

Close

Close

Close

Sel ALT: 0m 9km Sel ALT: 450m 21km Sel ALT: 0m 24km Sel ALT: 0m 28km Sel ALT: 300m 35km Sel ALT: 0m 12km

Tracks: 5000

Zoom-Level: 11

FP Programming > Boarding > Start Engines > TO

Play Welcome MSG Not Played

Lock Doors Doors UN-LOCK...

Start Engines

Activate Flight

Status: OFF
Loc: Köpeni

Warum fliegt eine Box?



Integration des MIMO-Air Systems in den Flugversuchsträger



Warum keine Integration in den Hubschrauber?

- Ein Integration in den Hubschrauber benötigt eine Modifikation entsprechend den Luftfahrtregeln.
- Kosten ab 200T€
- Zeitraum ca. 1-2 Jahre

Warum eine Box am Band (Außenlast)

- Zulassungstechnisch endet der Hubschrauber am Haken des Außenlastgeschirrs
- Die Verantwortung was an dem Haken gehangen wird liegt beim Piloten
- Der Pilot wird von seiner Crew beraten
- Rechtlich gesehen, darf es keine Einflüsse auf das Luftfahrzeug geben, die die Flugeigenschaften negativ nennenswert beeinflussen.

Doch ein bisschen Zulassung (?)



Um einen negativen Einfluss ausschließen zu können, wird mit den Piloten eine Risikoanalyse durchgeführt.

Folgende Punkte werden hierbei zum Beispiel betrachtet

- Gewicht
- Schwerpunkt
- Aerodynamik
- Verarbeitung
- Energiequellen
- EMV



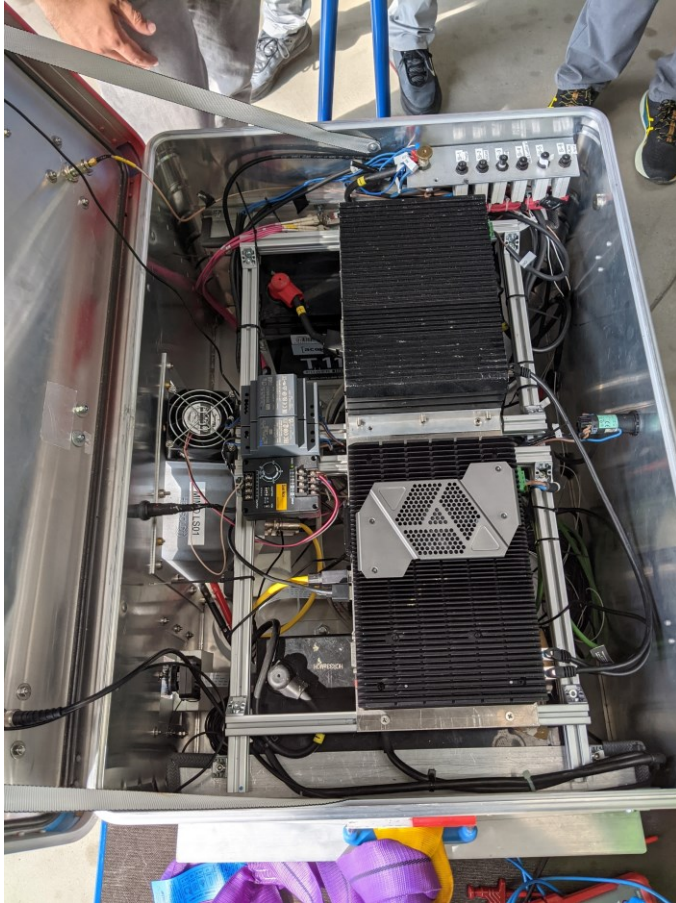
Nachteile:

- Aerodynamisch nicht optimal
- Klein und geringe Energiequelle
- Keine Kontrolle des DUT während des Fluges
- Umfangreiche Auswertung
- Geschwindigkeit
- Im Notfall Abwurf

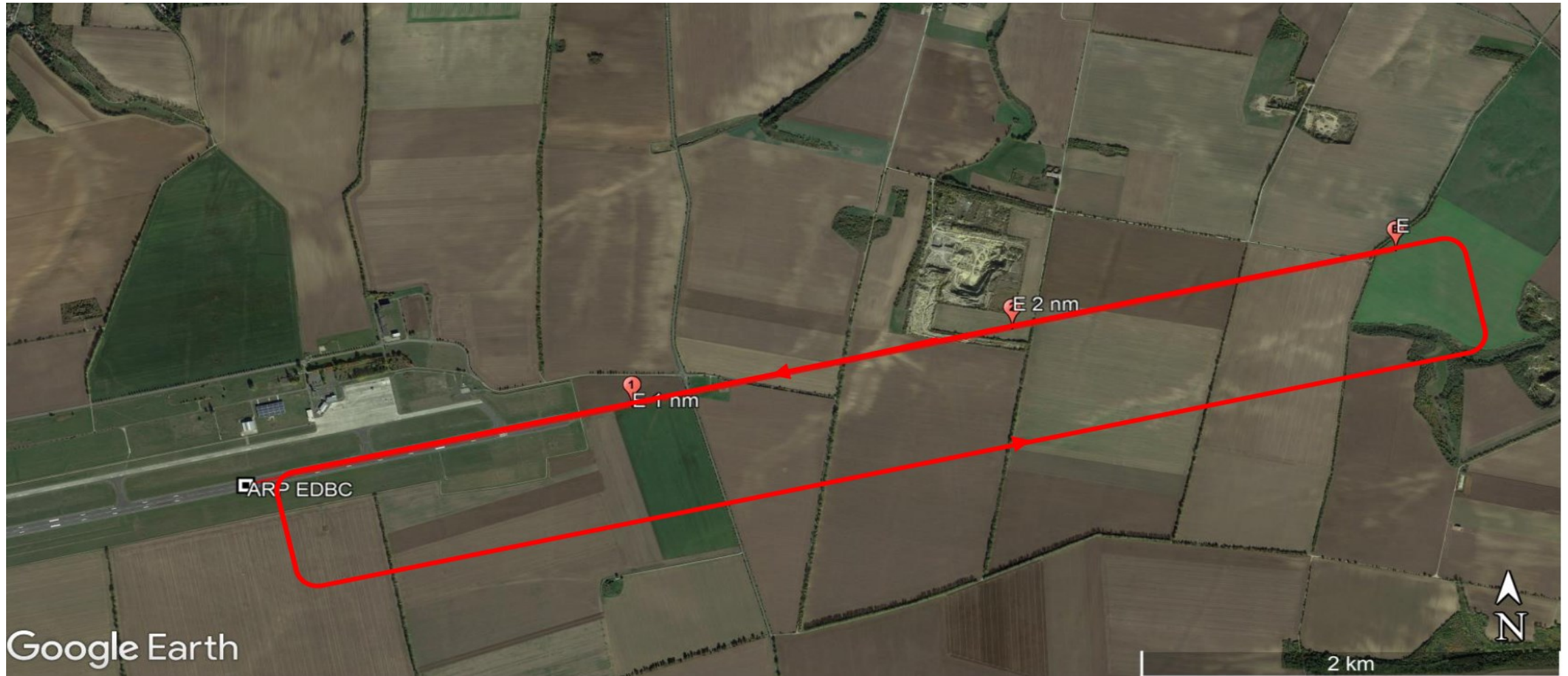
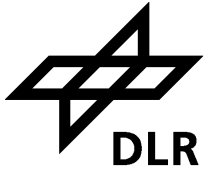
Vorteile:

- Gerade Konstruktionsflächen
- Antennencharakteristik basiert auf eine ebene Fläche
- Keine Zulassung

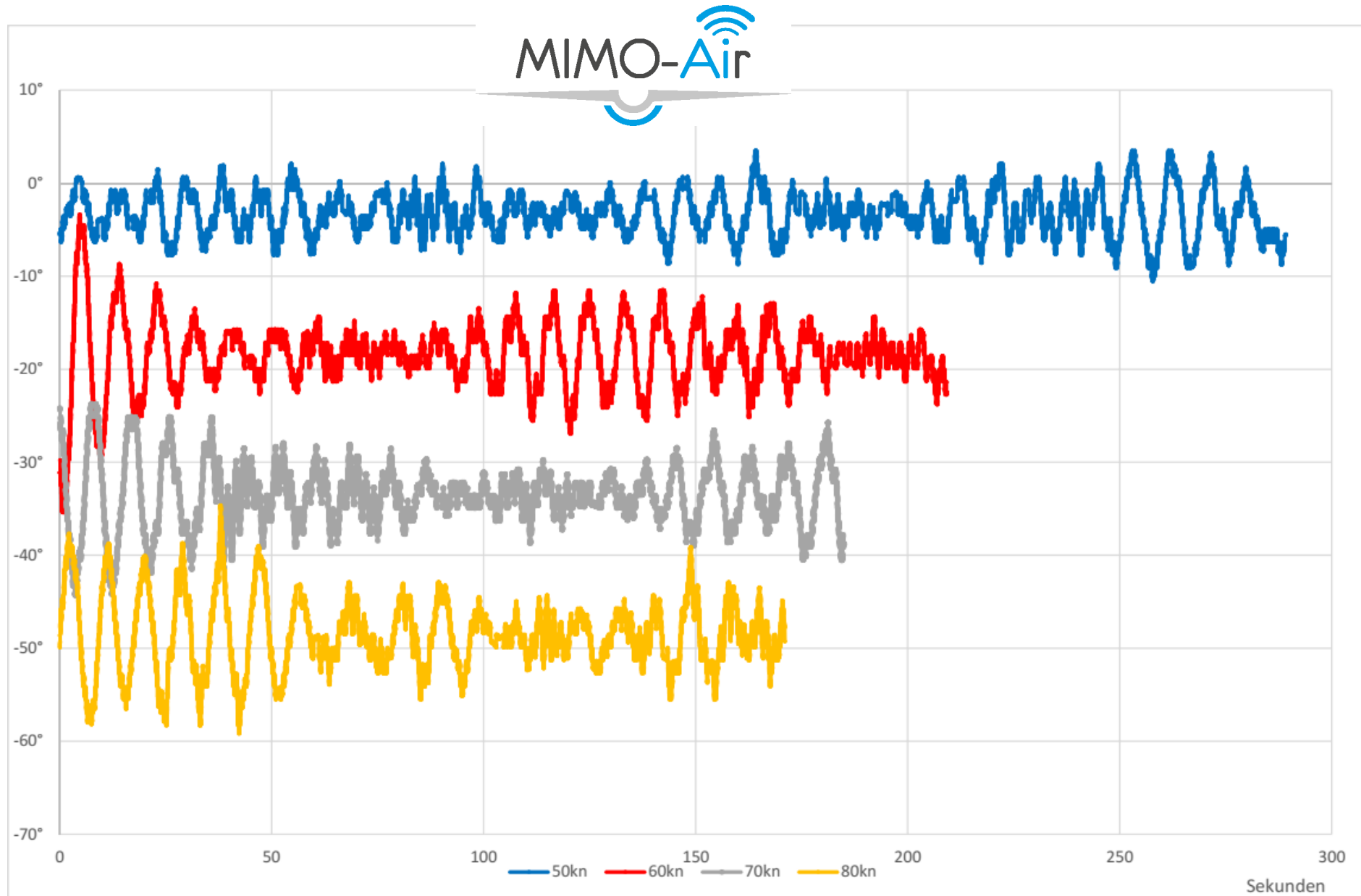
Die Box



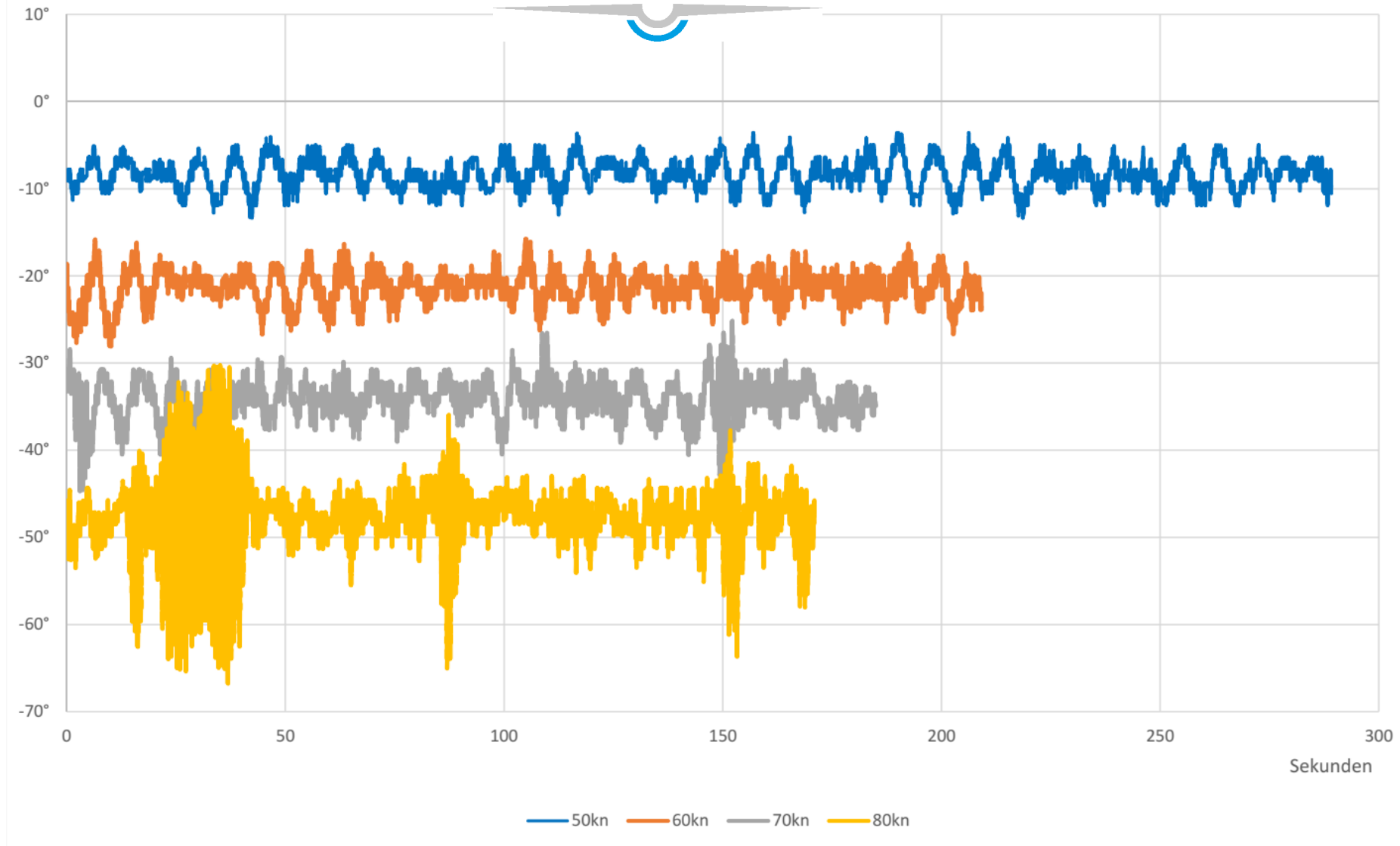
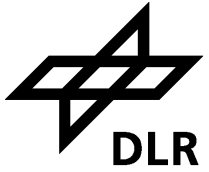
Anflüge auf EDBC Runway 25



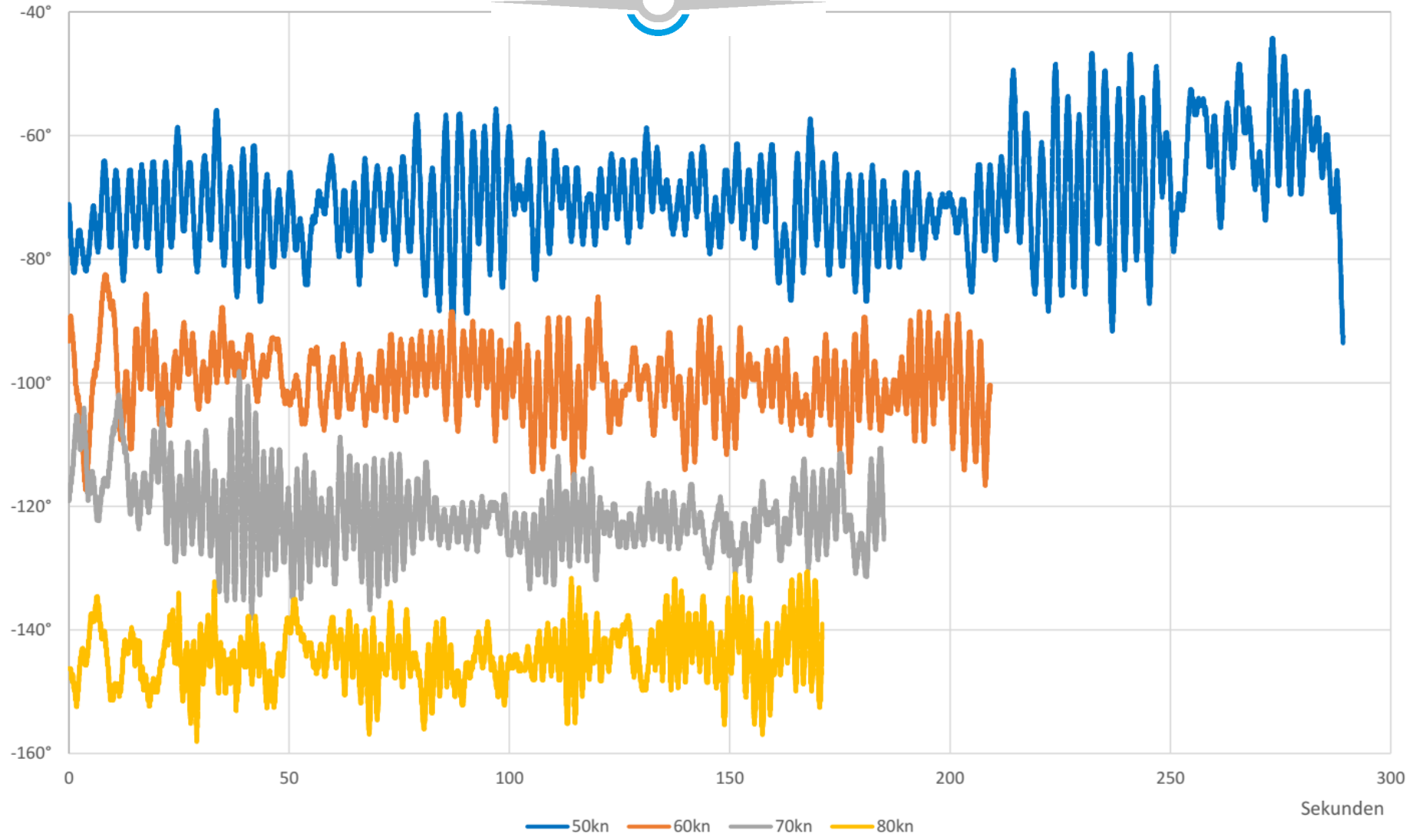
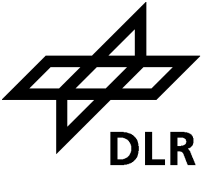
Roll



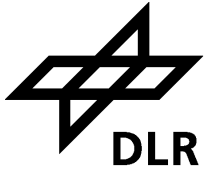
Pitch



Yaw



Die Box



120°

85°

20°



Wind:
280°-290° 19-21kn
Runway:
07/25
Magnetic:
255°

An aerial photograph of a rural landscape. The foreground shows a dark brown field on the left and a vibrant green field on the right, separated by a narrow path or fence. The middle ground features rolling green hills and a small cluster of buildings. The background is a vast, flat landscape under a bright blue sky filled with large, fluffy white clouds. The text "50 kn" is overlaid in the center of the image.

50 kn

Die Ziele im Luftraum

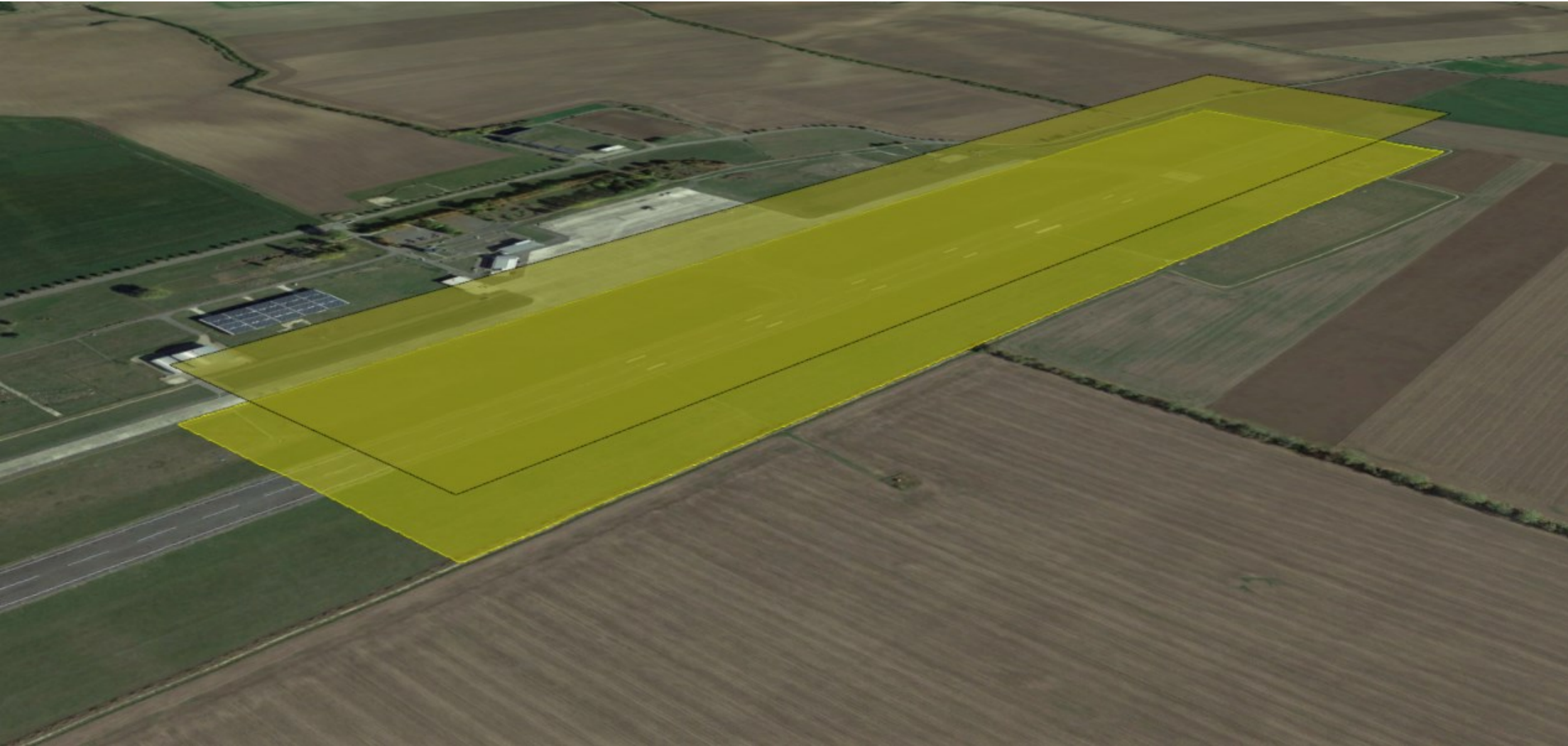


Die Drohnen

#	Drone	Diameter	Speed
1	Multikopter EVO-X8	130 cm	60 km/h
2	HD4-1100	110 cm	60 km/h
3	Multikopter EVO-X8 Heavy	170 cm	50 km/h



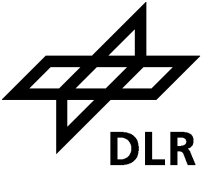
Die Drohnen



Nah dran an den Drohnen



Nationale Erprobungszentrum für unbemannte Luftfahrtsysteme des DLR



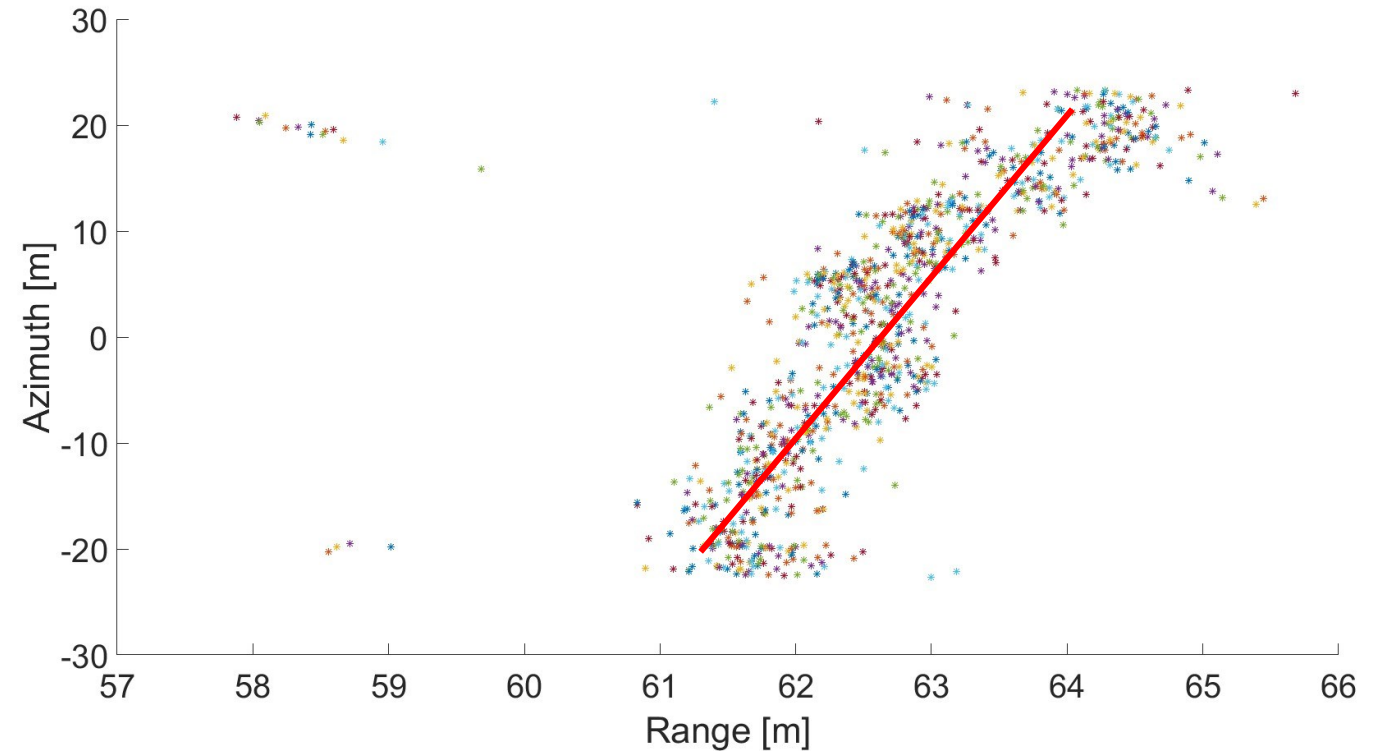
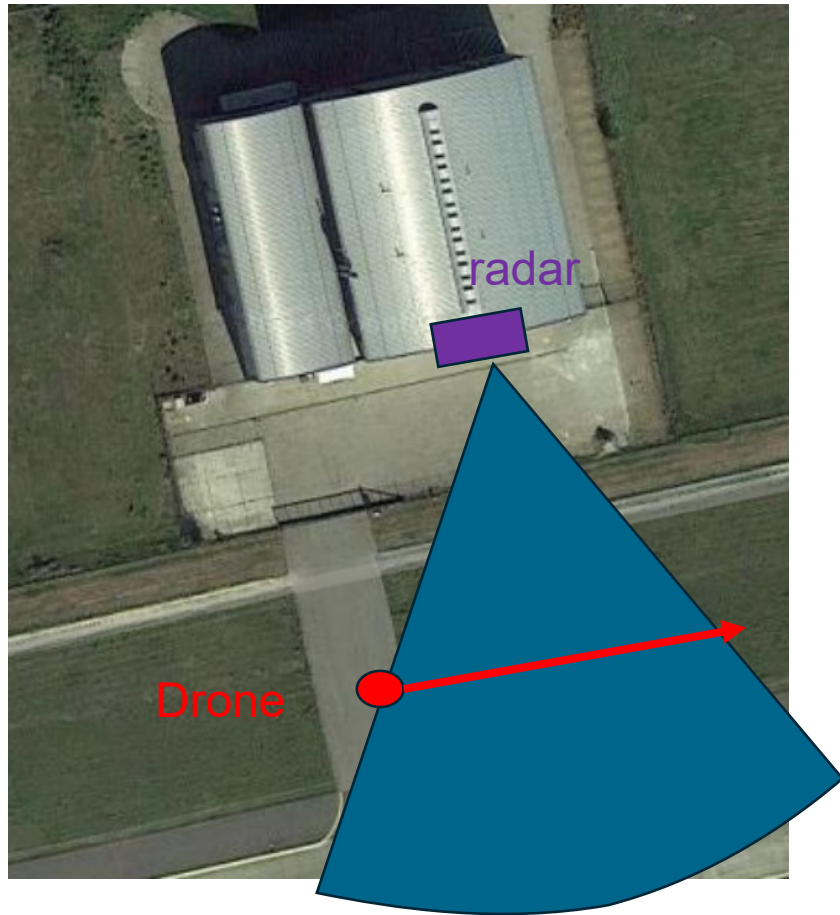
Bodenstation



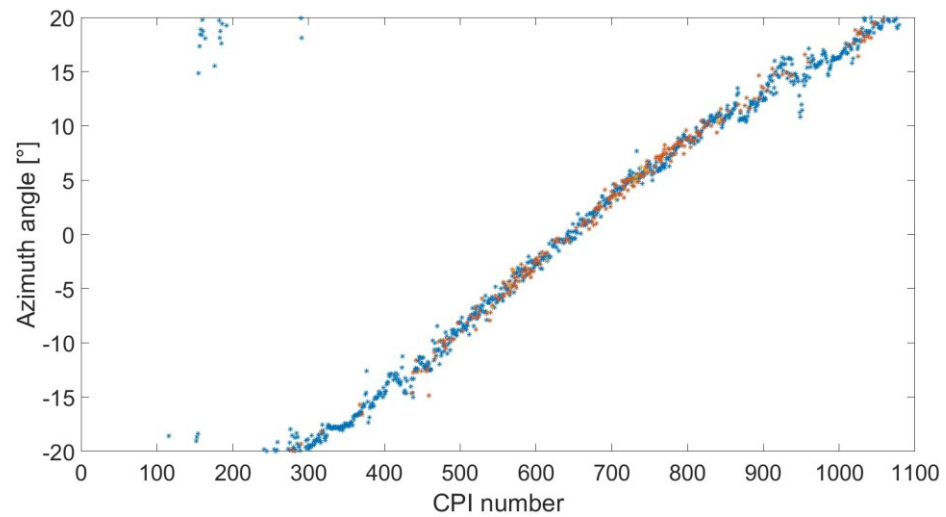
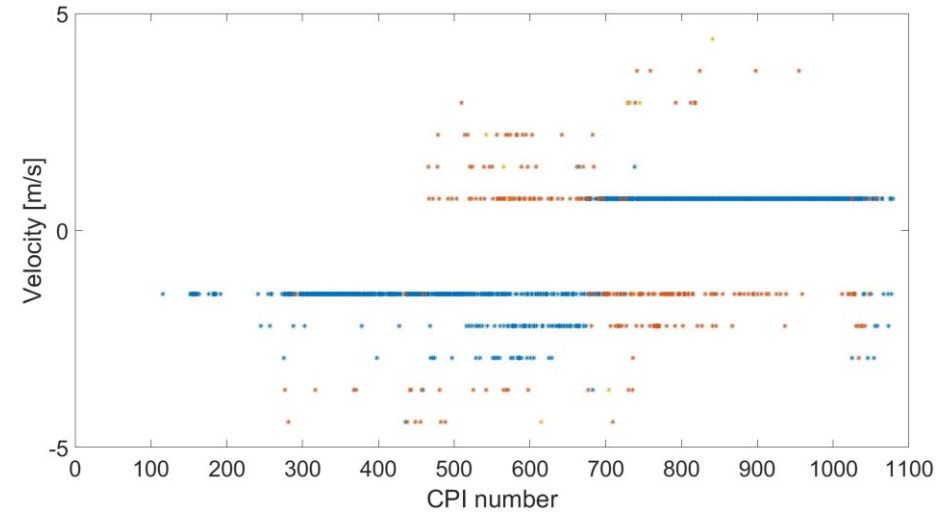
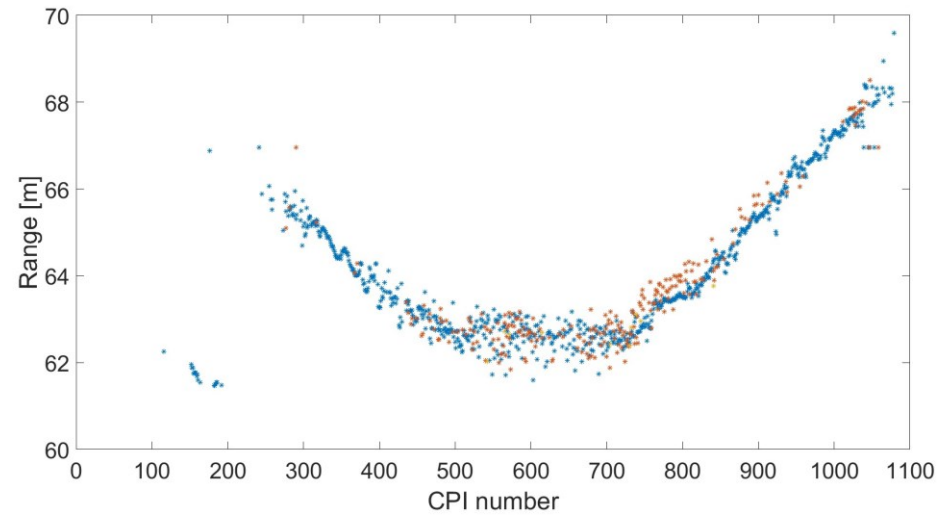
Bodenstation



Bodenversuche EDBC



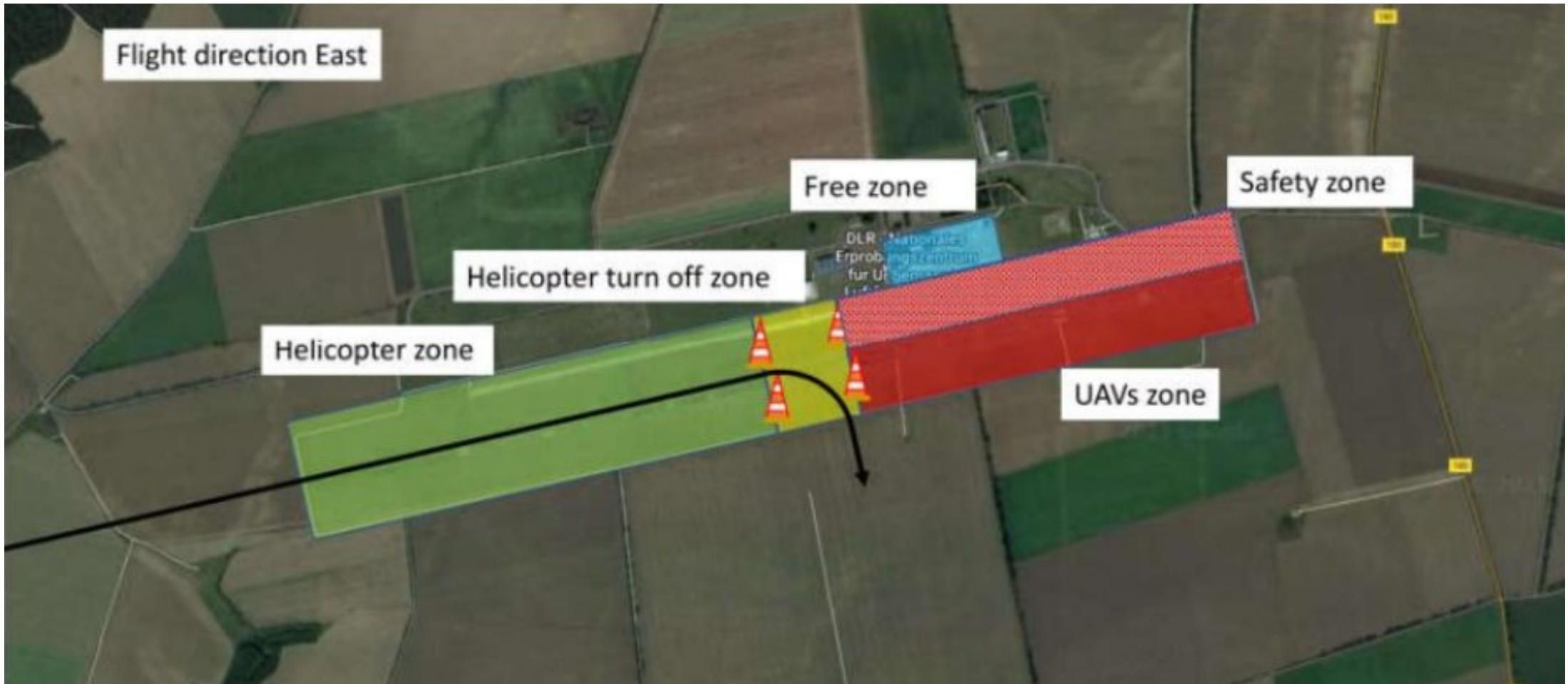
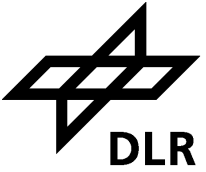
Bodenversuche EDBC



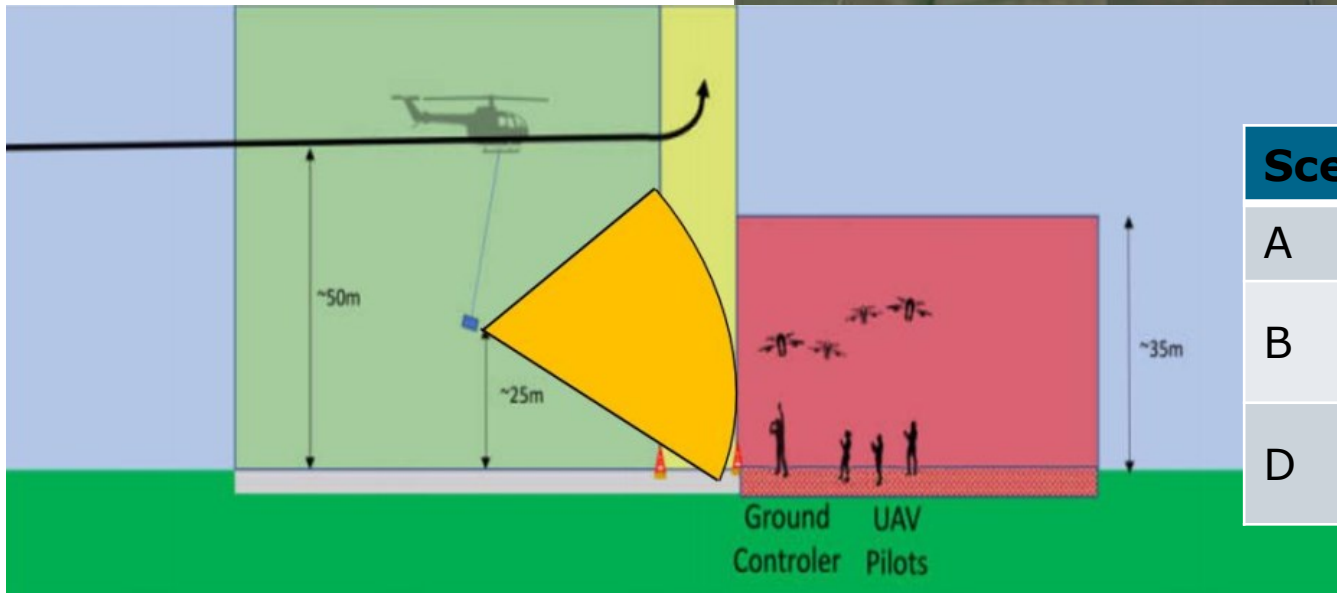
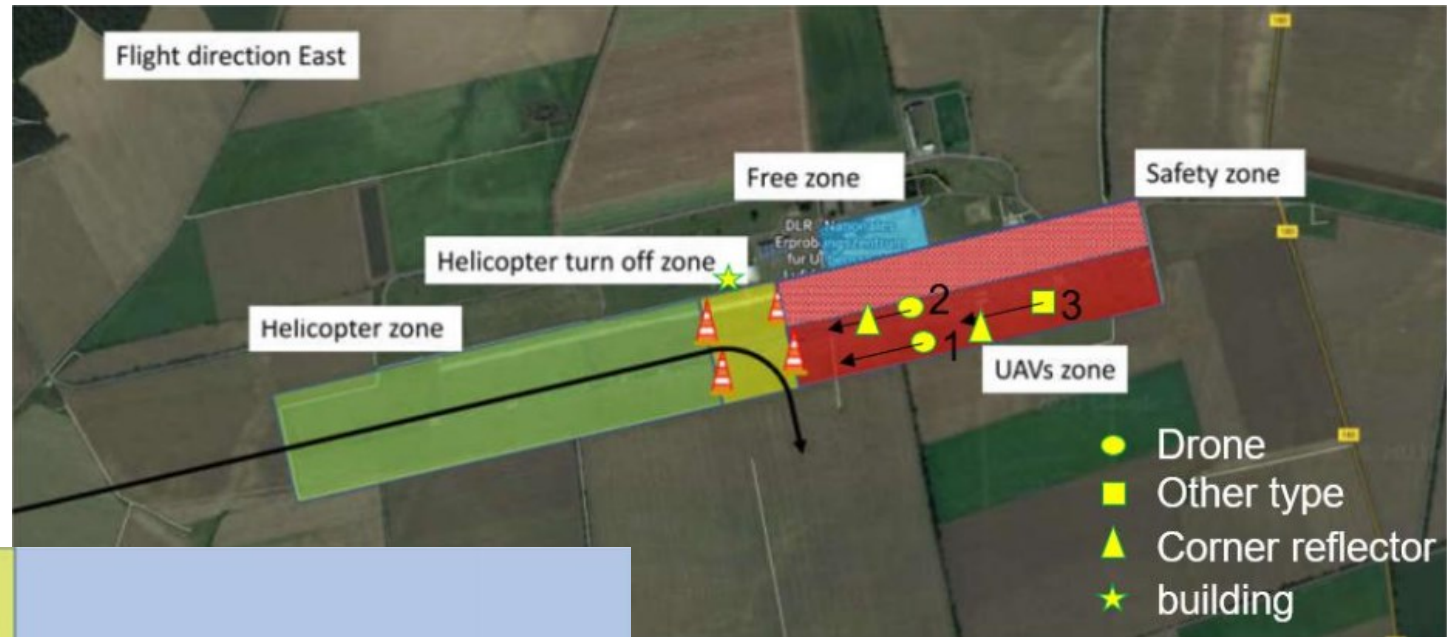
Jetzt geht's in die Luft



Flugversuchsplanung

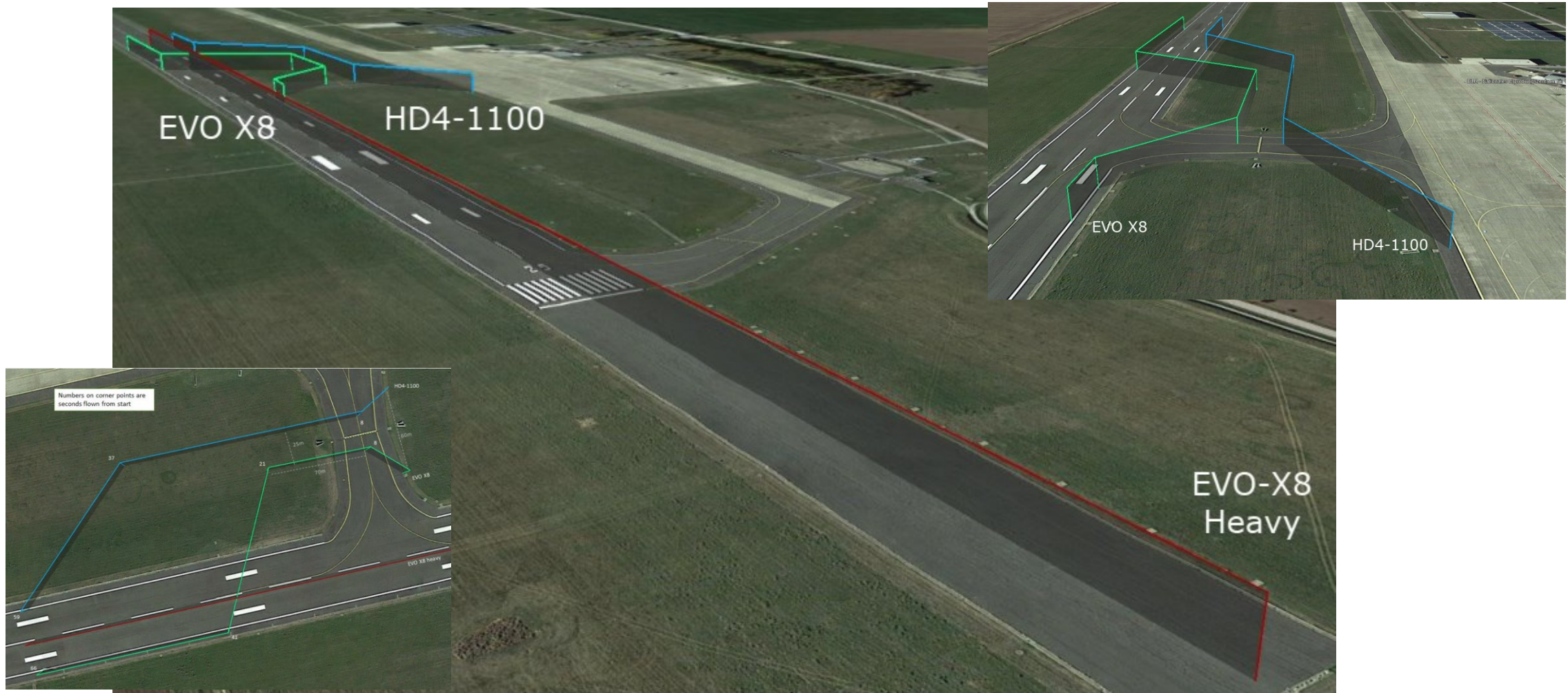


Scenario B: 2 or more targets are moving toward the helicopter

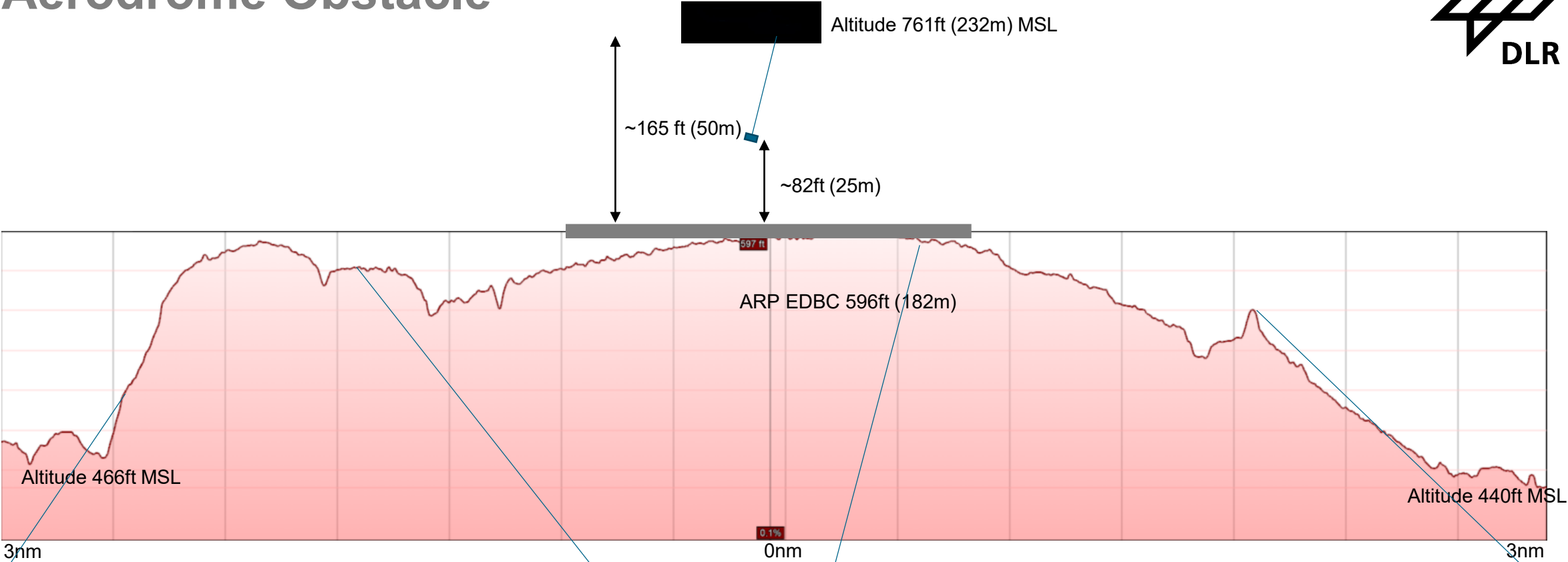


Scenario	Description of Scenario
A	No moving targets
B	Multitarget (3 targets) are moving toward the helicopter
D	Collision avoidance 1 Target and helicopter approach each other

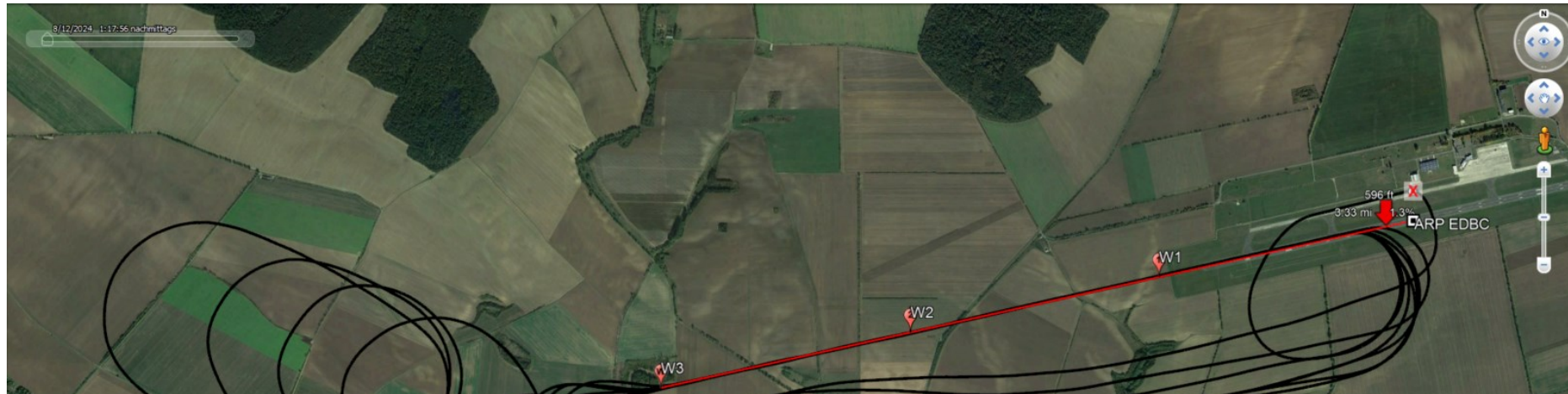
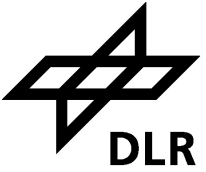
Scenario B: 2 or more targets are moving toward the helicopter



Aerodrome Obstacle



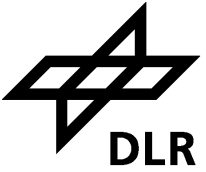
12.08.2024



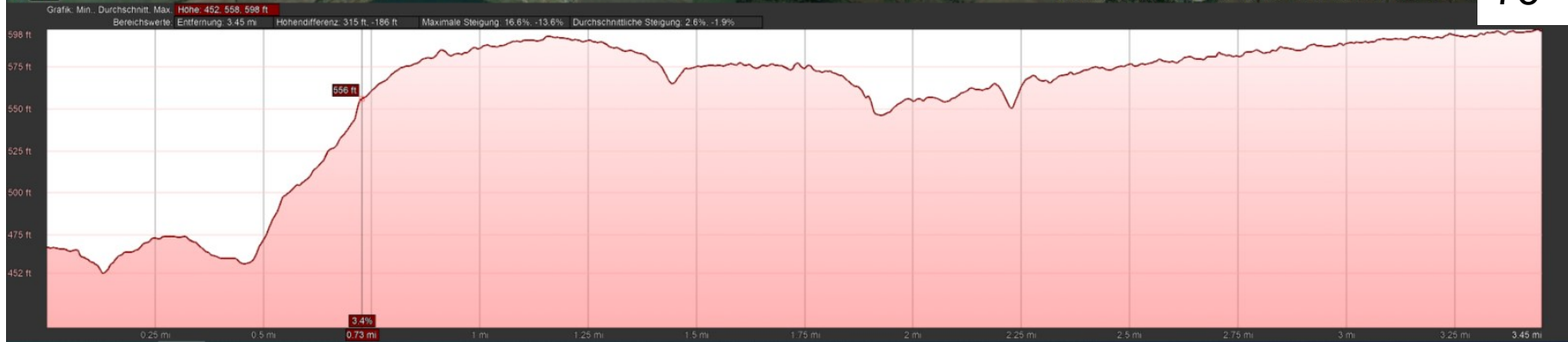
Wind:
100°- 130° 04 kn
Runway:
07/25
Magnetic:
75°



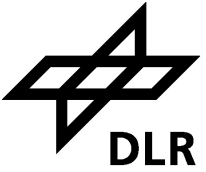
14.08.2024



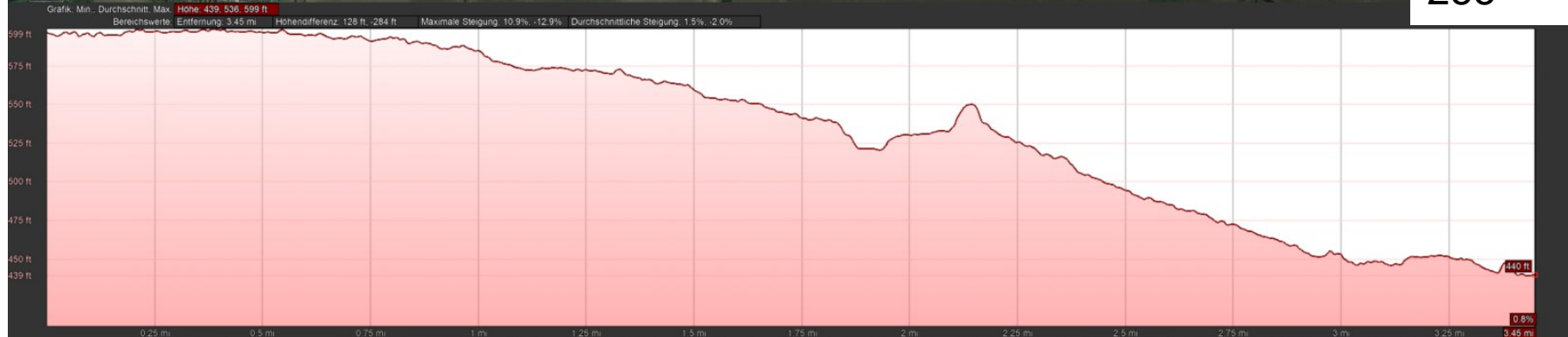
Wind:
300° - 360° 10 kn
Runway:
07/25
Magnetic:
75°



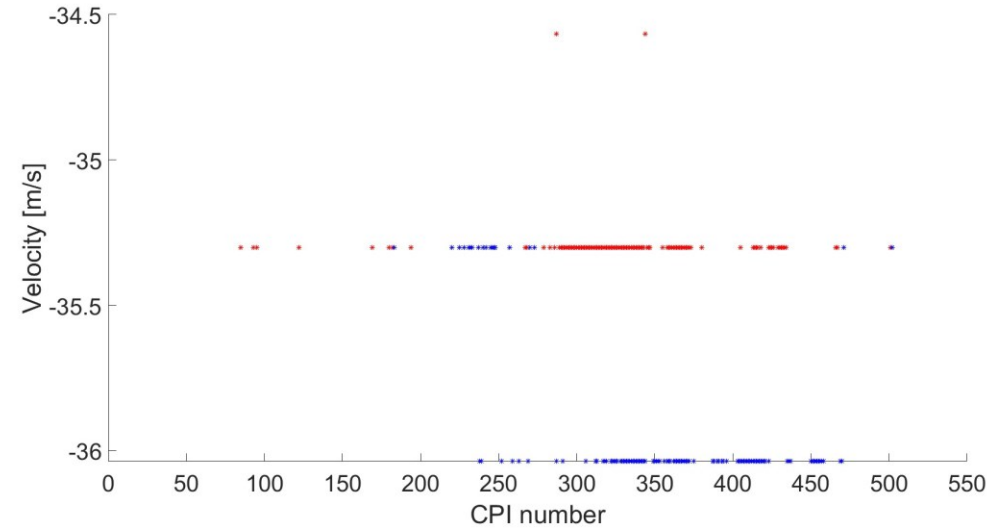
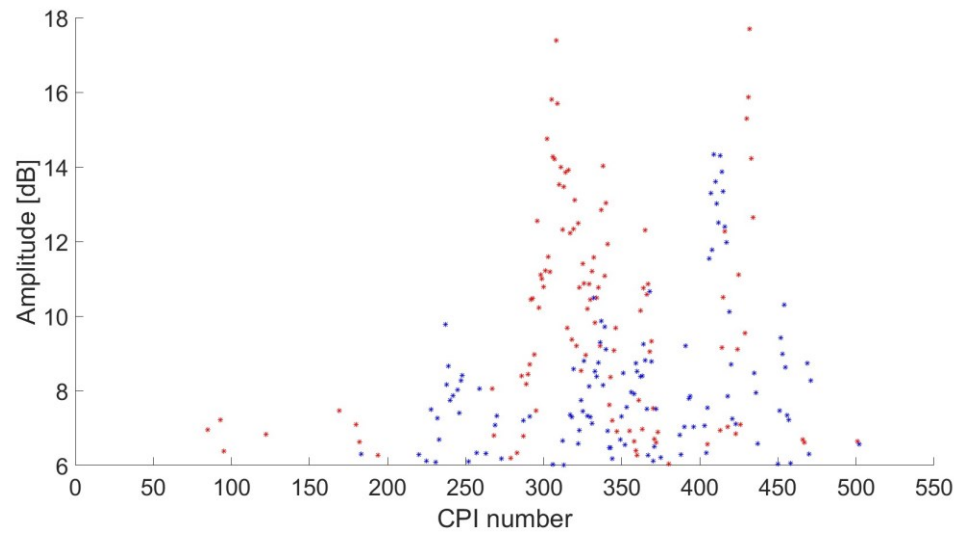
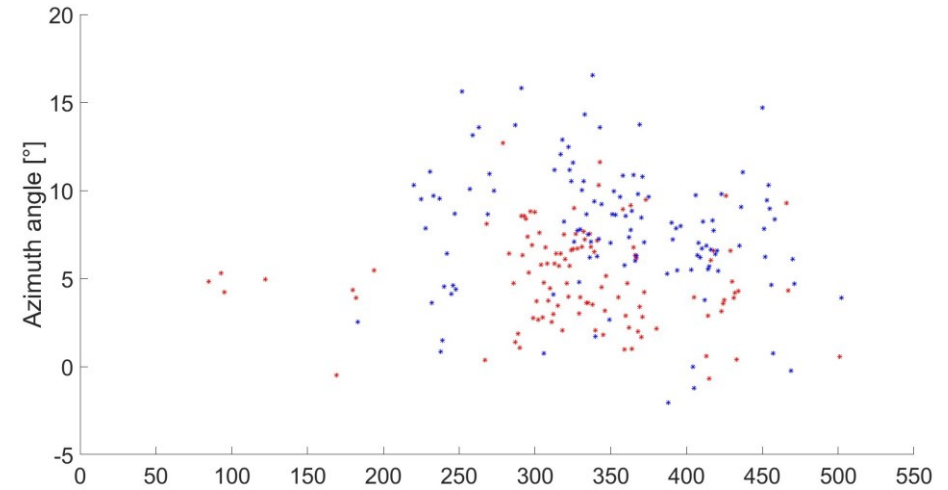
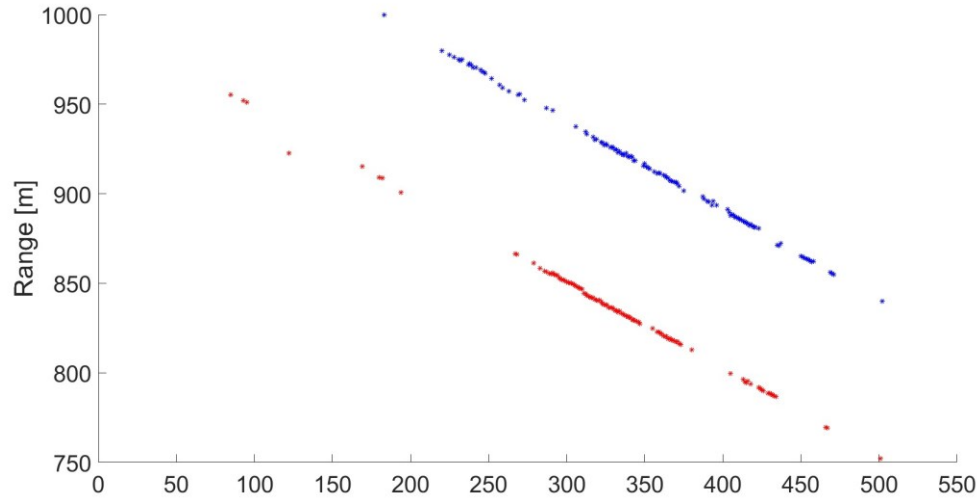
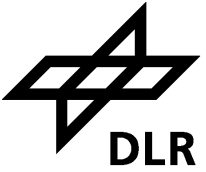
15.08.2024



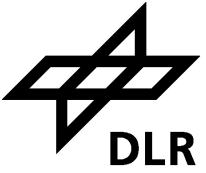
Wind:
250° - 270° 04 kn
Runway:
07/25
Magnetic:
255°



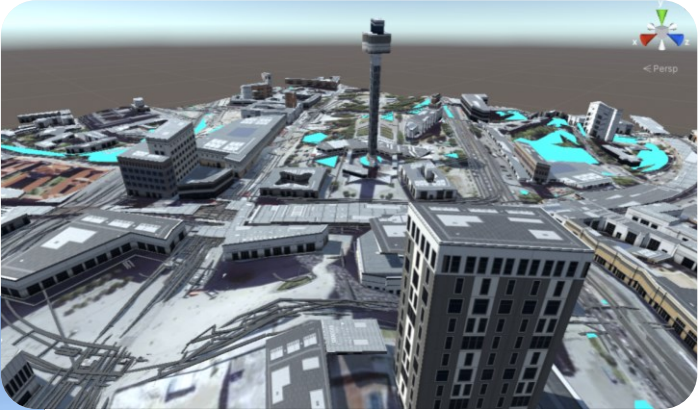
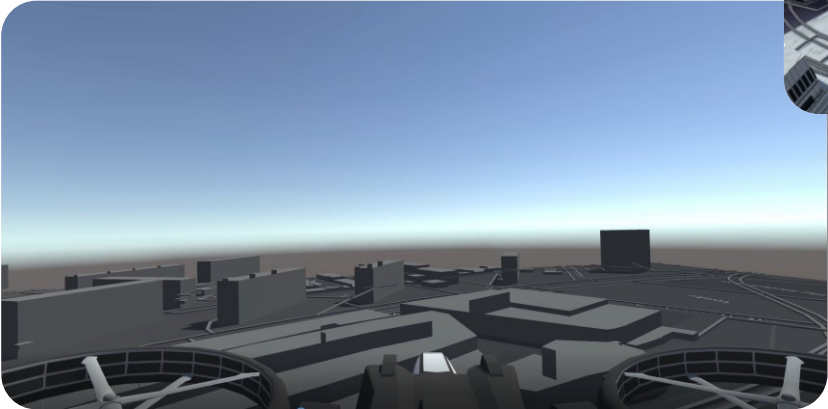
Scenario B: System capability + DAA



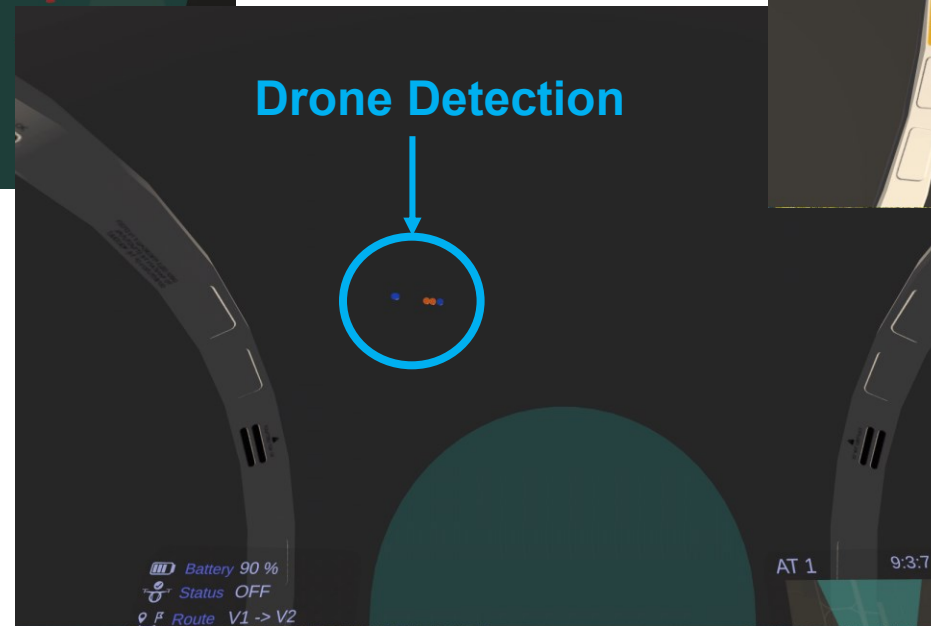
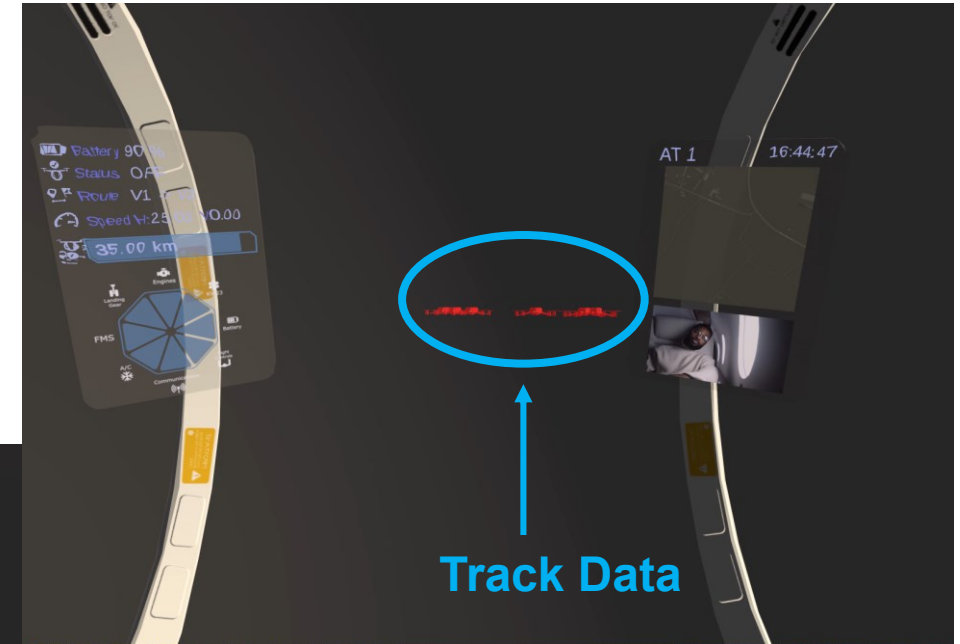
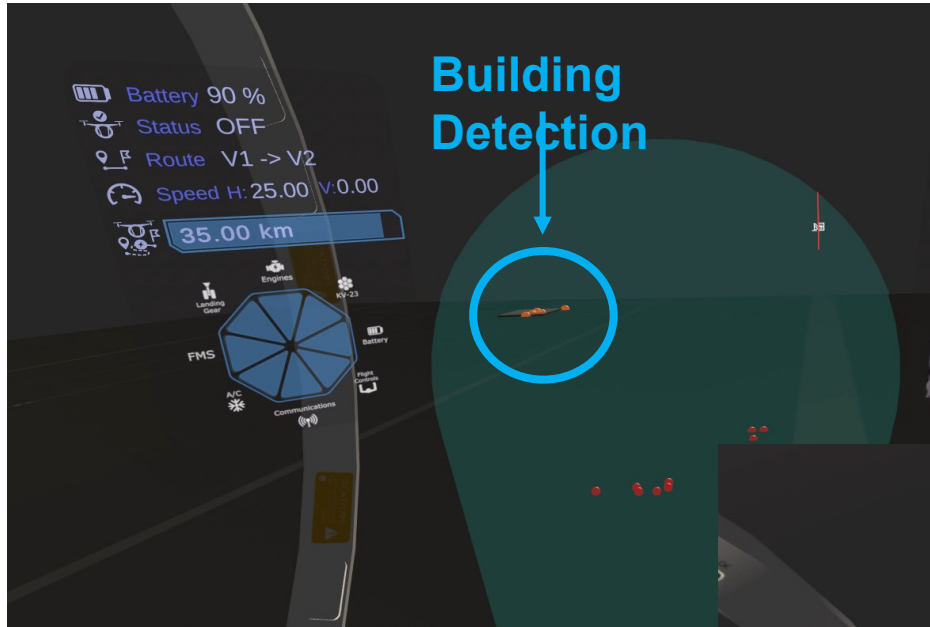
Scenario A: Navigation / Obstacle Avoidance / Landing Assistance



Monitoring System Using Virtual Reality



Measurement Campaign Results



Flugversuche



Eindrücke



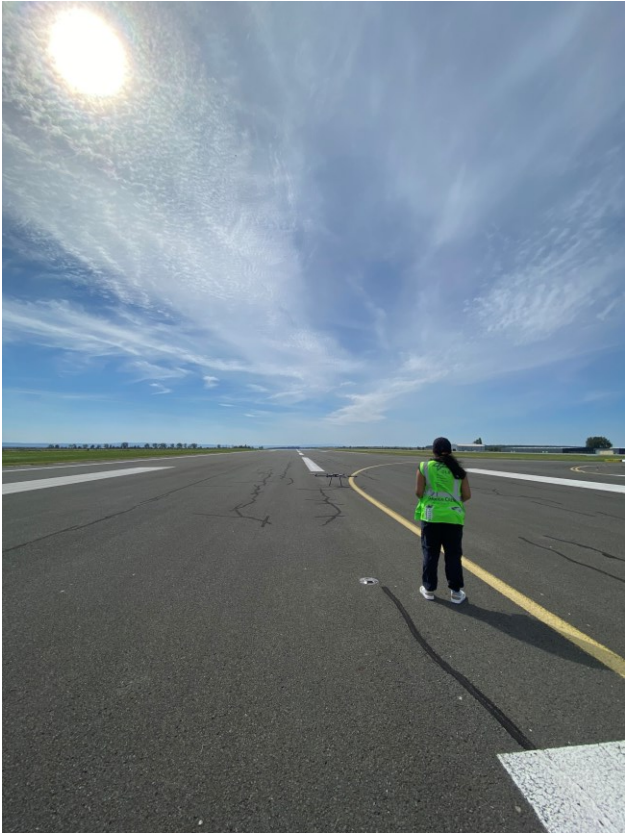
Die Drohnen



Die Drohnen



Eindrücke



Eindrücke



Thema: **MIMO Air**
Demonstrator eines Luftraumüberwachungssystems mit kognitiven MIMO-Radarsensoren für fliegende Plattformen

Datum: 20241204

Autor: Ingo Jessen

Institut: Institut für Flugführung

Bildquellen: CONOPS Projekt MIMO Air
HENSOLDT MIMO Air Final presentation
Humatects Unmanned Air Vehicle Monitoring System Using Virtual Reality