

# Hardware-In-The-Loop Simulation für Lenkflugkörper



Universität der Bundeswehr München  
21.01.2014

*Paul Obermeier, MBDA Deutschland*  
*paul.obermeier@mbda-systems.de*

**MBDA**  
MISSILE SYSTEMS

## Einführung und Anwendungsbeispiele

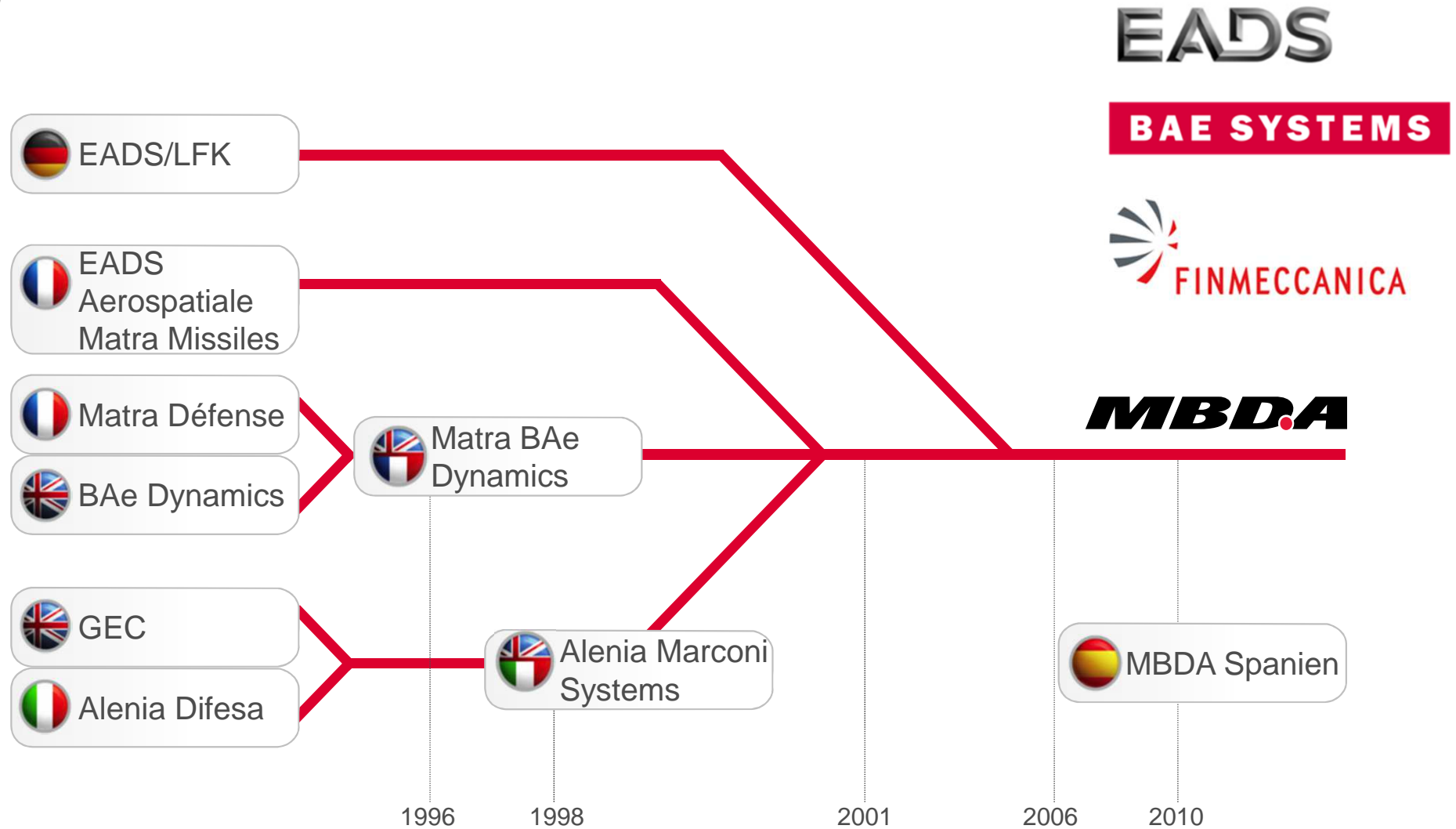
Rolle im Entwicklungs- und Nachweisprozess

HIL Simulation für TAURUS KEPD 350

Zusammenfassung



# MBDA Konzernstruktur





# MBDA Deutschland - Produktsegmente

## Luftverteidigungs- und Flugabwehrsysteme



### Luftwaffe

MEADS  
PATRIOT  
STINGER  
MISTRAL

## Flugzeugbewaffnung



### Luftwaffe

TAURUS  
KEPD 350  
METEOR  
BRIMSTONE

## Battlefield Engagement



### Heer

PARS 3 LR  
MILAN  
HOT

## Marineanwendungen



### Marine

RAM  
ESSM  
MARTE

# Anwendungsbeispiele: HIL@MBDA Deutschland

## POLYPHEM Hardware-In-The-Loop (< 2000)

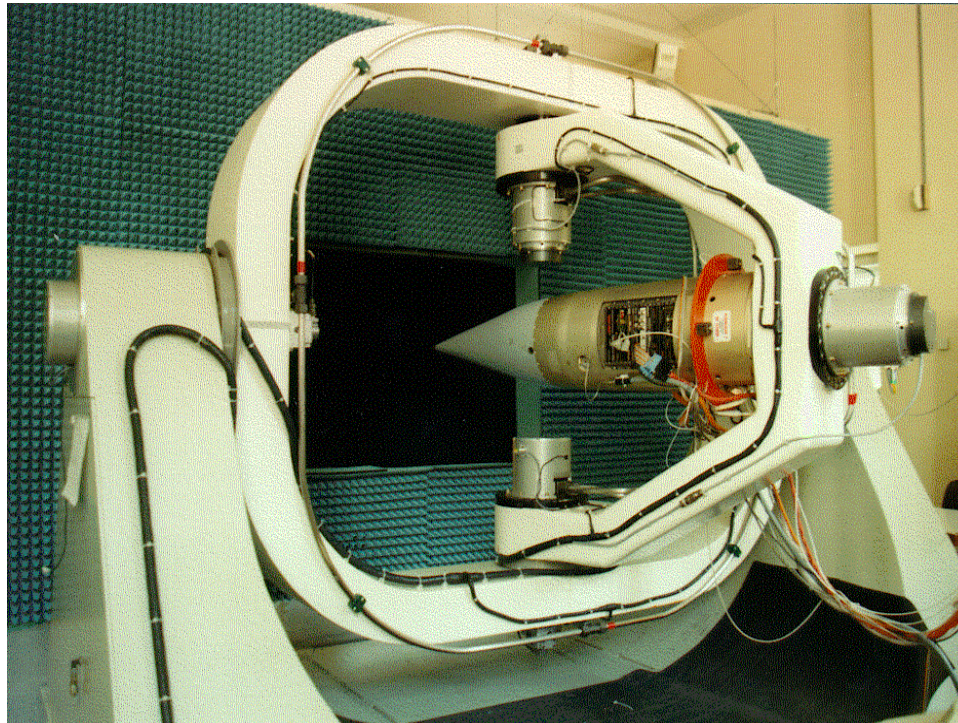


- Flight Motion Simulator (3 Achsen)
- Target Motion Simulator (2 Achsen)
- Point Spot IR Source



# Anwendungsbeispiele: HIL@MBDA Deutschland

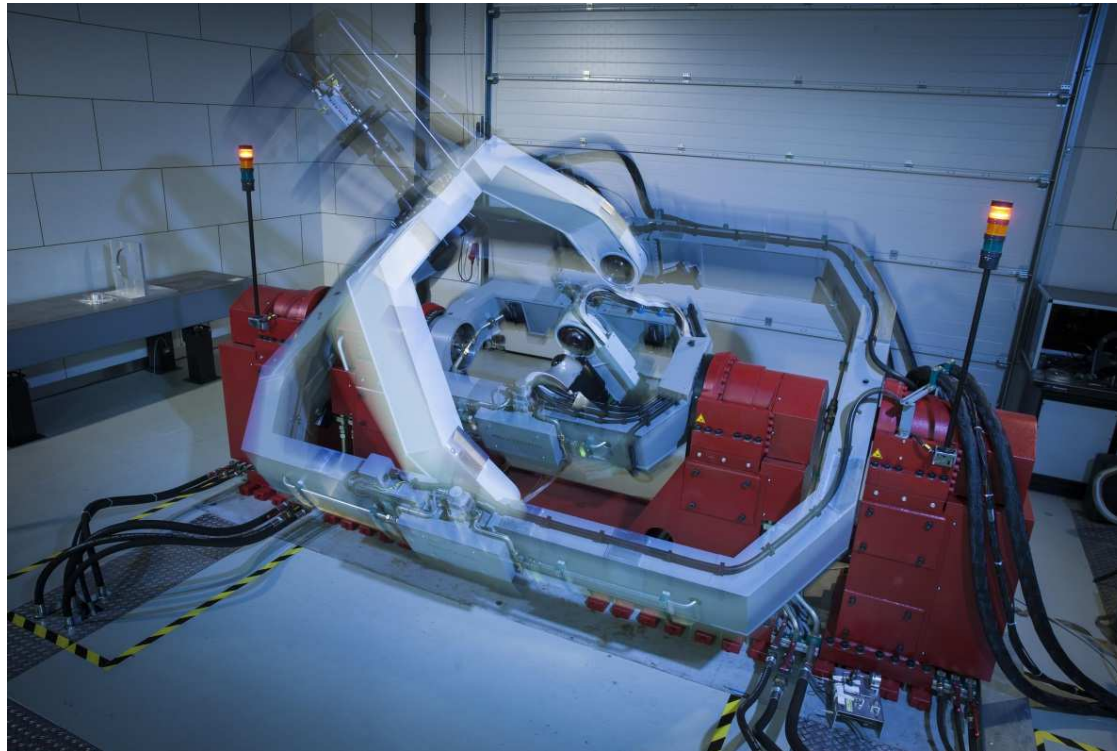
## KORMORAN 2 Hardware-In-The-Loop (< 2000)



- Flight Motion Simulator (3 Achsen)
- Target Motion Simulator (2 x 1 Achse)
- RF Simulation mit ECM

# Anwendungsbeispiele: HIL@MBDA Deutschland

## TAURUS KEPD 350 Hardware-In-The-Loop ( $\geq 2000$ )



- Flight und Target Motion Simulator (5 Achsen)
- SBIR Mirage IR Projektor
- EMIT IR Bildgenerierung

Einführung und Anwendungsbeispiele

**Rolle im Entwicklungs- und Nachweisprozess**

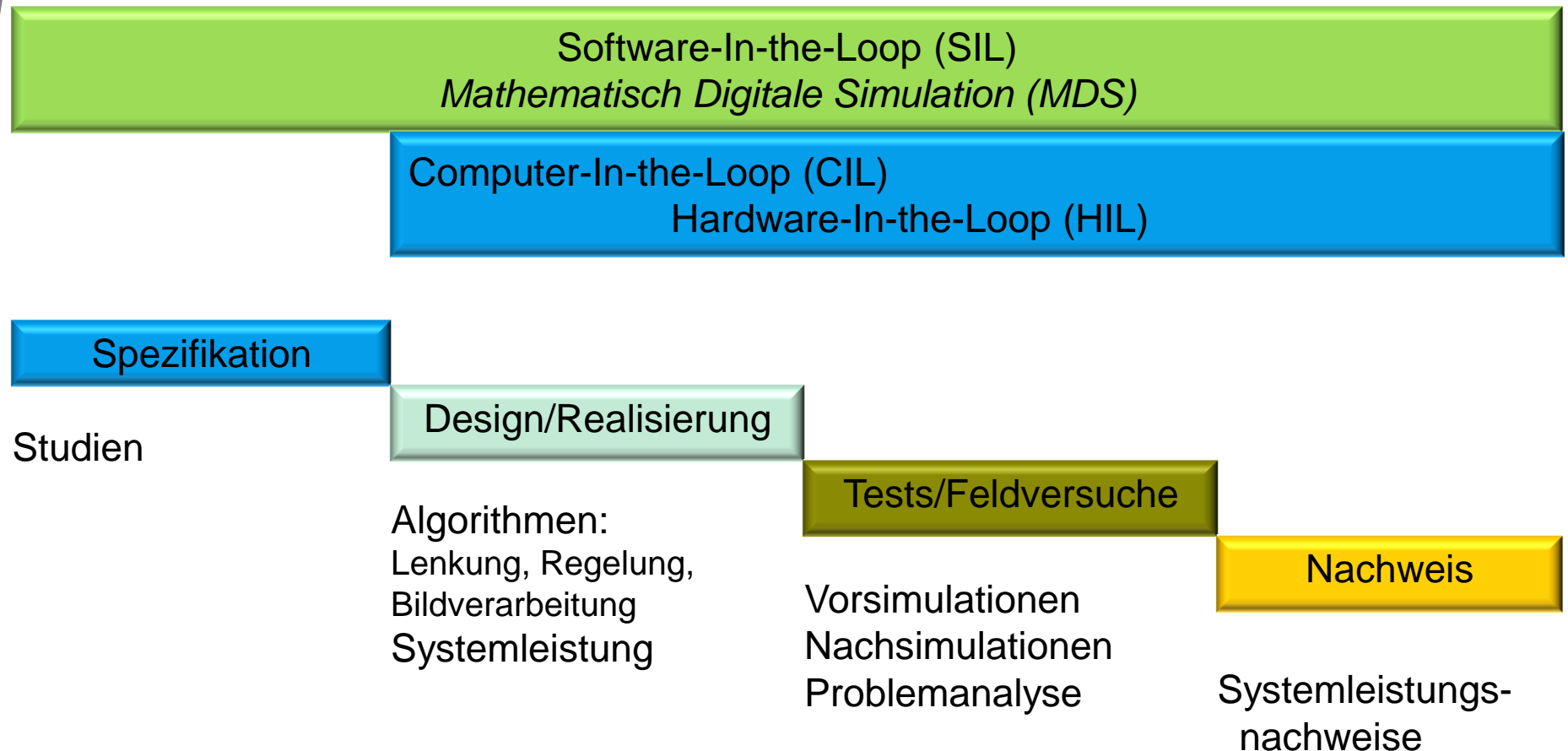
HIL Simulation für TAURUS KEPD 350

Zusammenfassung



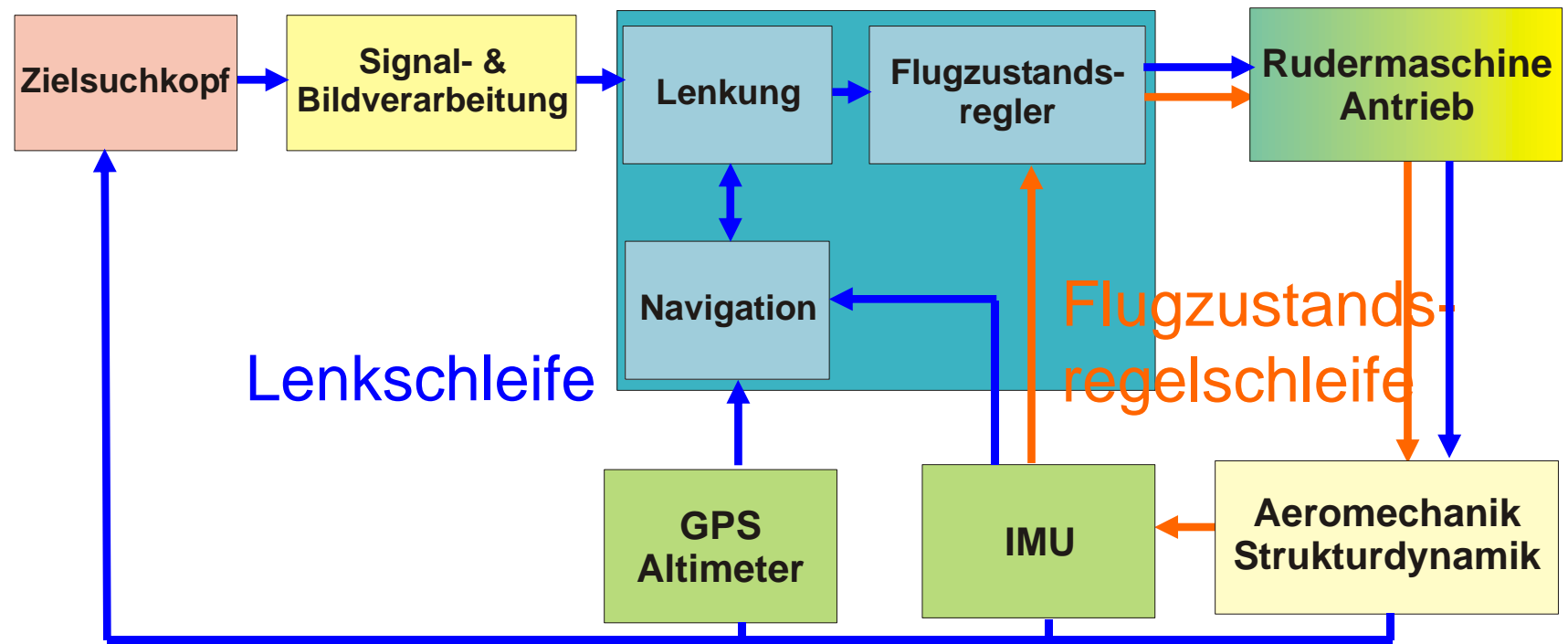
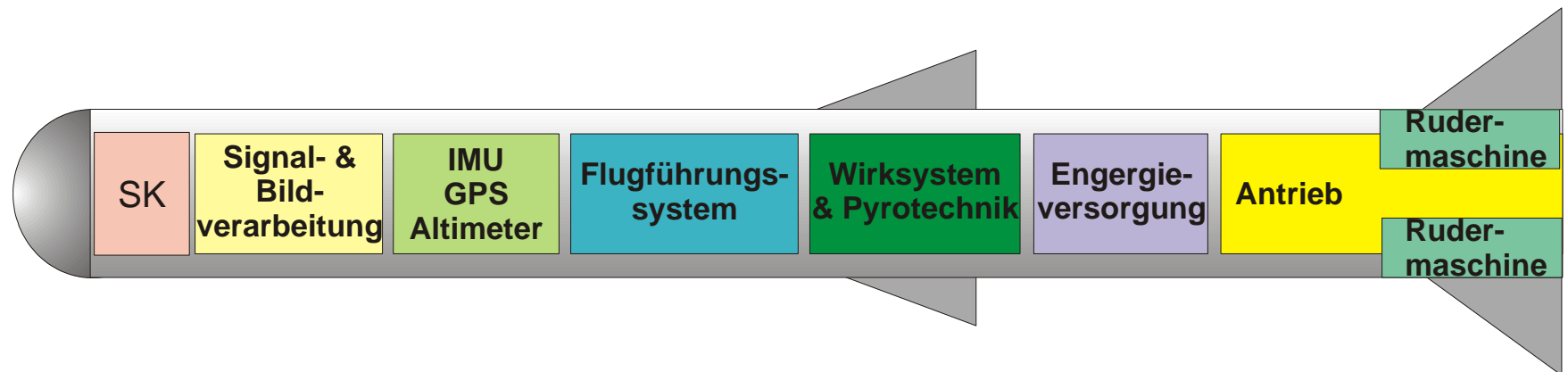


# Simulation im Entwicklungsprozess: Stufenkonzept



Simulation von Bedingungen, die in Feldversuchen nur schwer oder überhaupt nicht realisierbar sind.

# Grundlagen: Simulation eines Lenkflugkörpers



Einführung und Anwendungsbeispiele

Rolle im Entwicklungs- und Nachweisprozess

**HIL Simulation für TAURUS KEPD 350**

Zusammenfassung



# HIL Simulation für TAURUS KEPD 350

- **TAURUS KEPD 350 – MODULARES ABSTANDSLENKFLUGKÖRPERSYSTEM**
- Wirksame Bekämpfung hochwertiger stationärer und halbstationärer Ziele
- Hohe Präzision zur Punktzielbekämpfung
- Hohe Überlebensfähigkeit
- Große Reichweite > 350 km
- Fire-and-Forget“-Flugkörper
- Dreifach gestützte Navigation
- IR-Suchkopf für Navigation und „End-game“
- Integriertes Missionsplanungssystem
- Hochwirksamer Gefechtskopf mit intelligentem Zündsystem





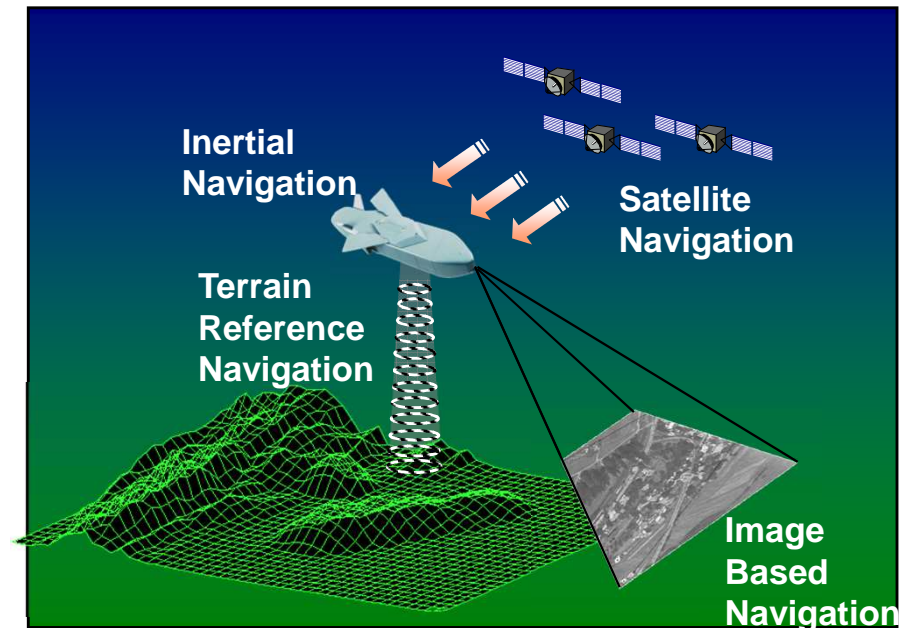
# HIL Simulation für TAURUS KEPD 350

## Ziel der HIL Simulation

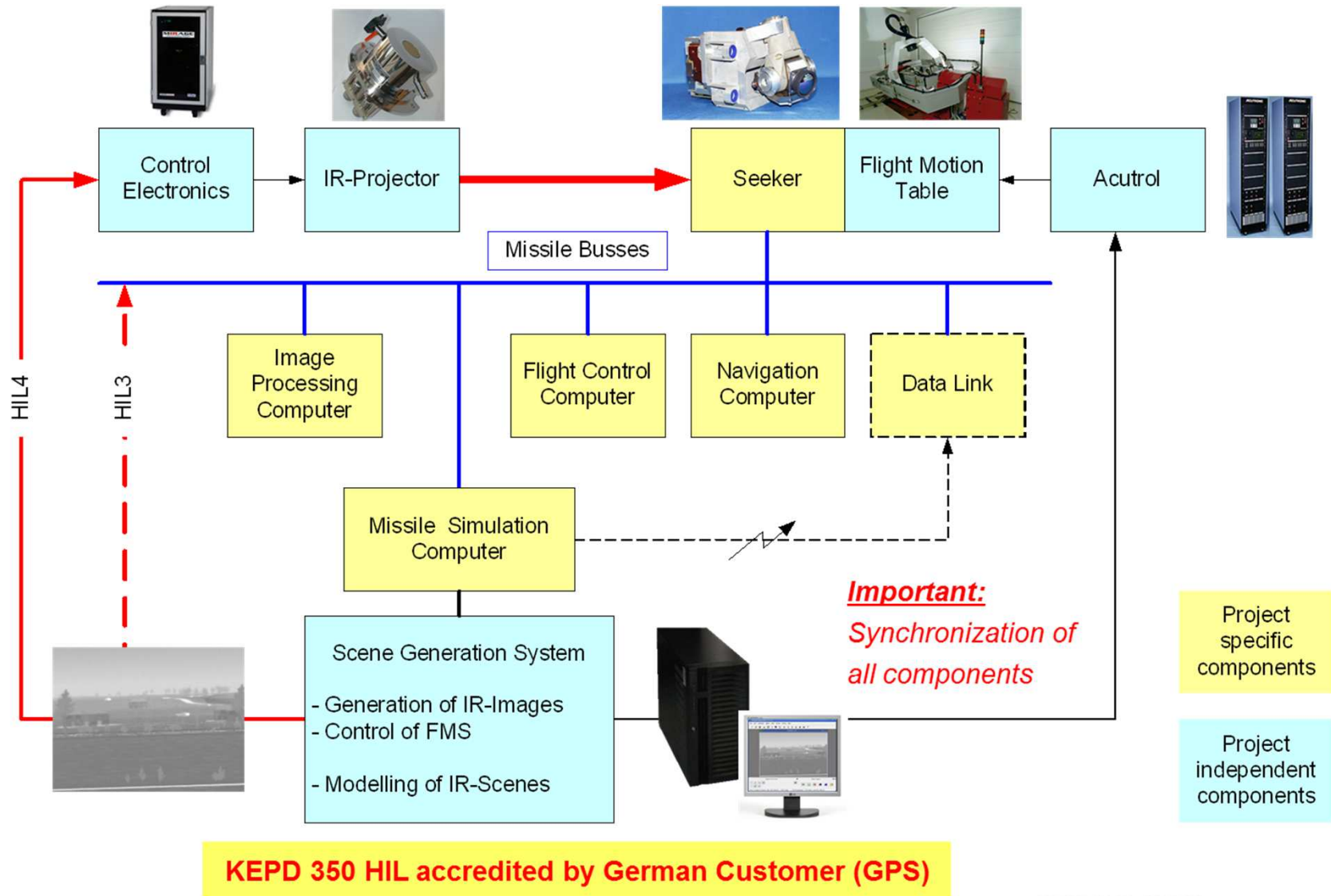
- Realitätsnahe Simulation des dynamischen Verhaltens auf Systemebene.
- Berücksichtigung von HW-Effekten (Verzögerungen, Signalstörungen) durch Benutzung der realen Komponenten anstelle von Modellen.

## Nutzung der HIL-Simulation

- Systementwicklung (inkl. Algorithmenentwicklung und Optimierung).
- Vorbereitung von Flugversuchen.
- Nachweis der Systemleistung.
- Validation von MDS-Modellen anhand der HW.



# HIL Simulation für TAURUS KEPD 350



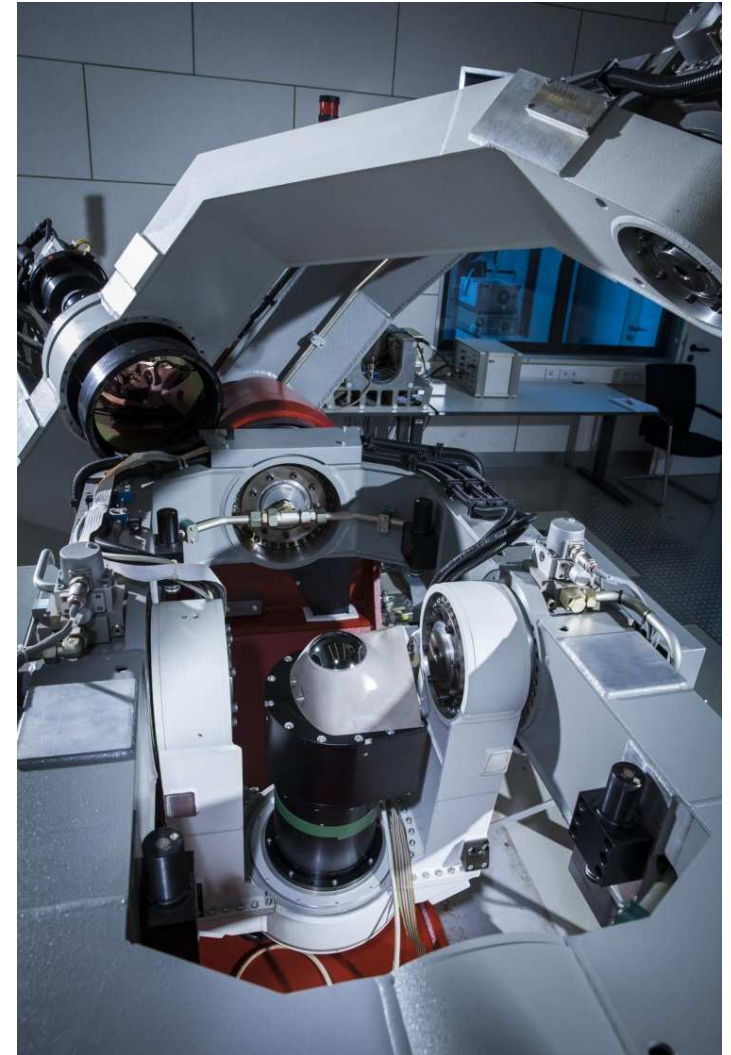
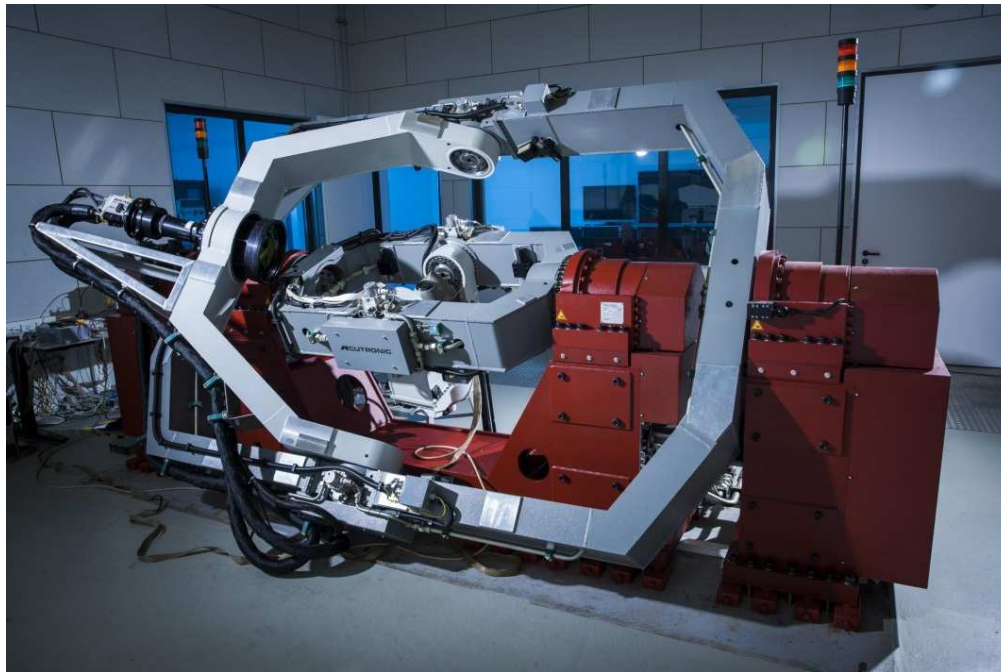


# HIL Komponente: 5-Achsen Drehtisch

Hersteller: Acutronic, Schweiz

Technische Daten:

- Siehe <http://www.acutronic.com/>



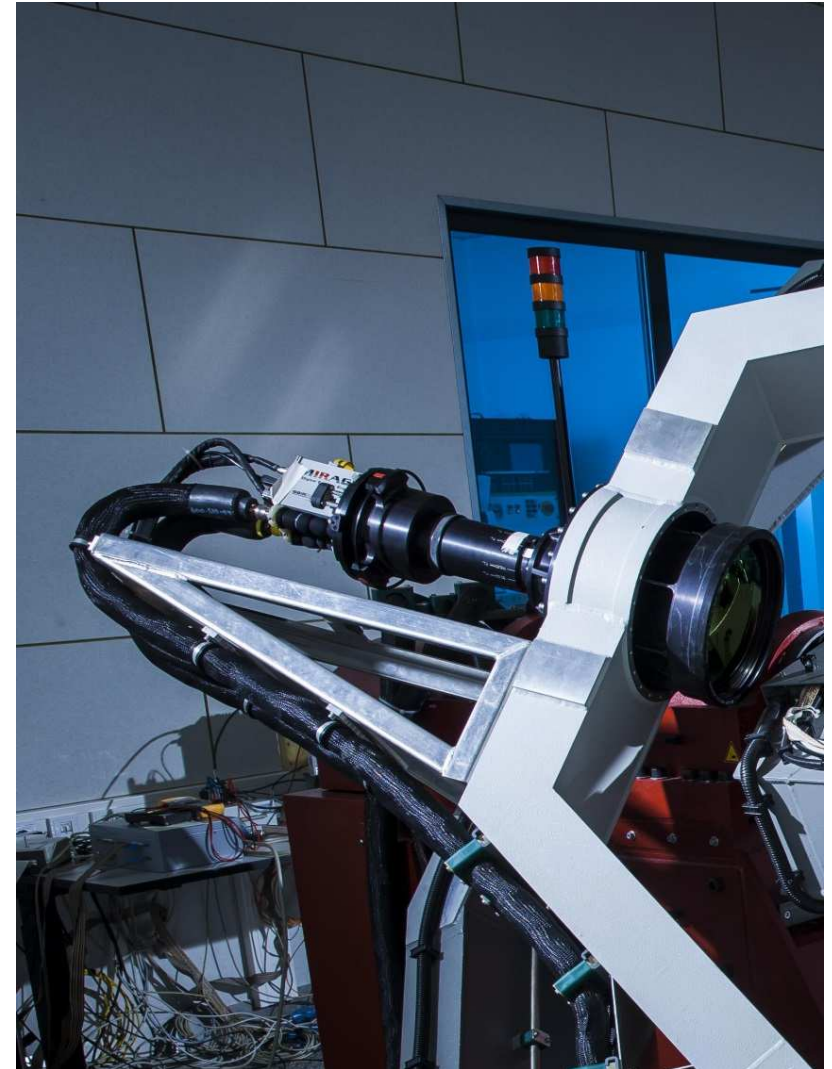


# HIL Komponente: IR Projektor SBIR Mirage

Hersteller: Santa Barbara Infrared, USA

Technische Daten:

- Siehe <http://www.sbir.com/>





# HIL Komponente: IR Bildgenerierung

## Amherst RISS System

Einsatz: 2000 - 2011

Auflösung: 1024 x 1024 pixel

Leistung: 50 – 100 Bilder/s

Bestand aus:

Compute Subsystem (SGI Origin 2000, 16 Processors)

Scene Rendering System (SRS, 160 Processors)

## MBDA-D EMIT Hardware

Einsatz: Seit 2011

Auflösung: 4000 x 4000 pixel

Leistung: > 100 Bilder/s

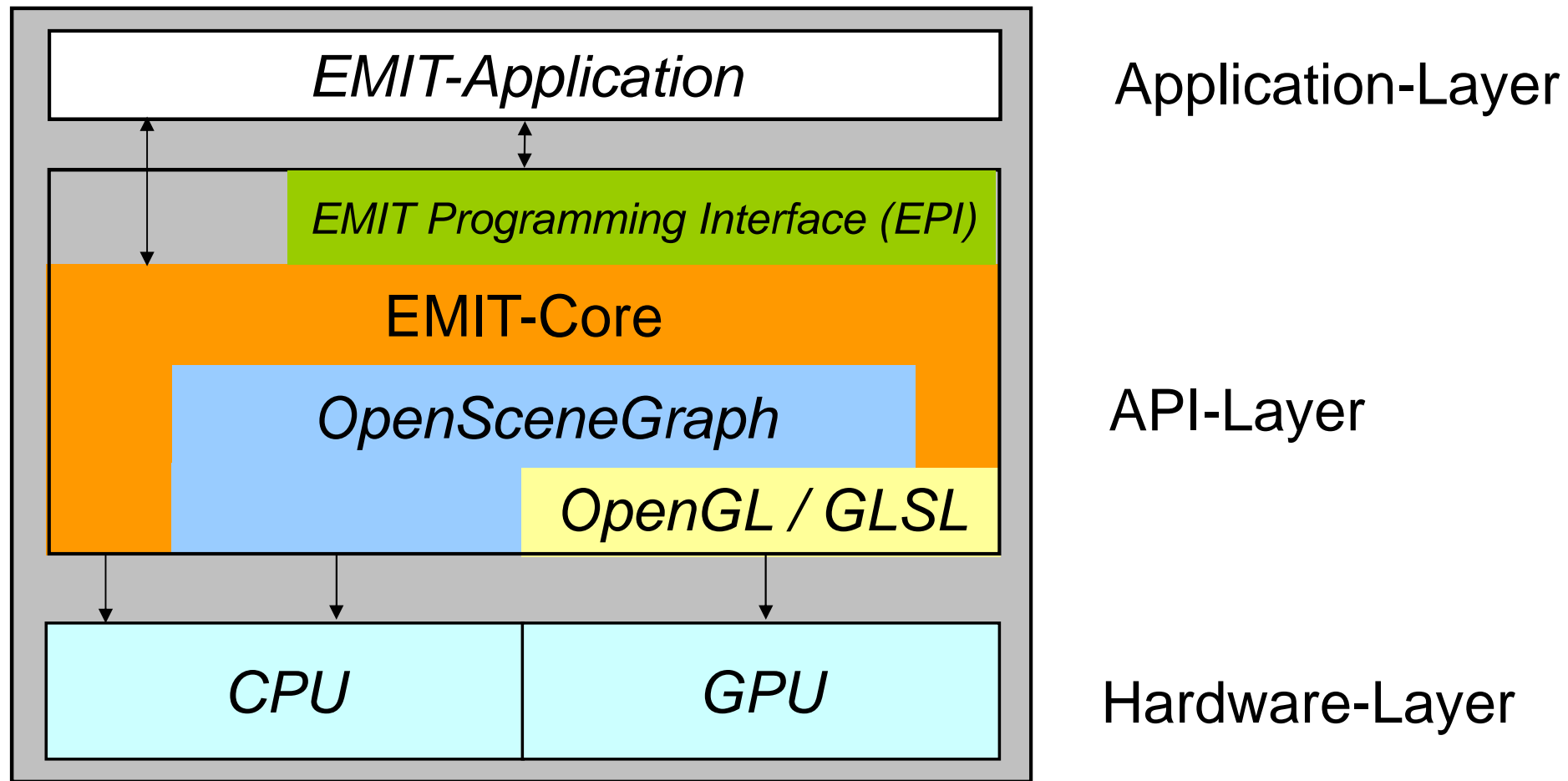
Besteht aus:

- PC mit HighEnd Graphikkarte



# HIL Komponente: IR Bildgenerierung

EMIT besteht aus einer portablen C++ Bibliothek (EMIT-Core), die auf den Graphik-Standards OpenSceneGraph und OpenGL/GLSL basiert.



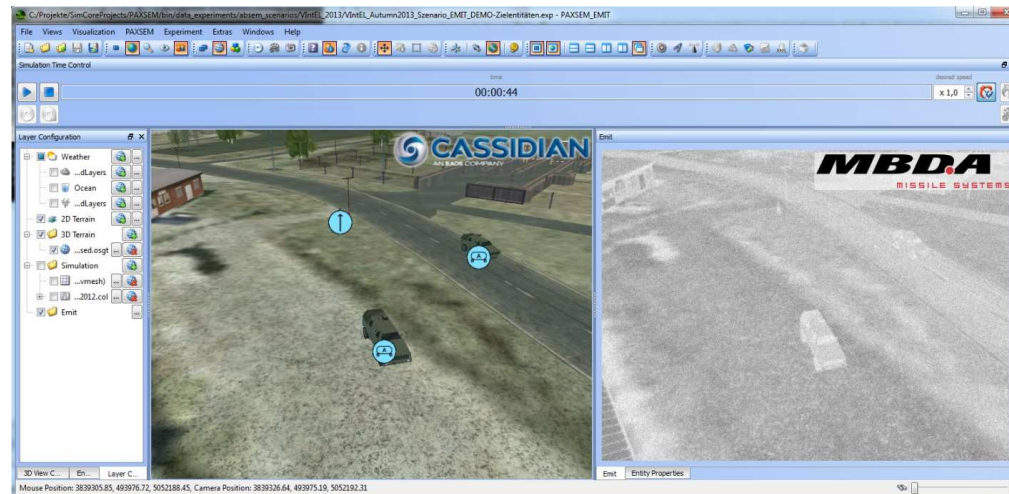


# HIL Komponente: IR Bildgenerierung

## Weitere EMIT Anwendungen:

Akkreditierte MDS2 Simulation für Pars 3 LR

Prototypische Integration in PAXSEM.





# Herausforderungen bei der Realisierung einer HIL

- **Flight Motion Simulator**
  - Aufstellung des FMS und der Ansteuerung (Motoren, Elektronik)
  - Anordnung UUT (Verkabelung, Kühlungszufuhr, Auf-/Abbau)
- **IR Projektion**
  - Auswahl des Emitters (Dynamik, Temperaturbereich)
  - Klimaanlage (Einfluß des optischen Pfades)
- **IR Bildgenerierung**
  - Echtzeitfähigkeit
  - Genauigkeit der atmosphärischen und termischen Modelle
- **Gesamtes HIL System**
  - Synchronisierung aller Komponenten
  - Langfristiger und stabiler Betrieb (hoher Automationsgrad)



Einführung und Anwendungsbeispiele

Rolle im Entwicklungs- und Nachweisprozess

HIL Simulation für TAURUS KEPD 350

**Zusammenfassung**

# Zusammenfassung

MDS, CIL und HIL ergänzen sich und sind für Systementwicklung und Systemnachweis unentbehrlich:

➤ **Minimierung des Freiflugrisikos**

➤  **$\Sigma$  Einzelteile  $\neq$  System**

MBDA Deutschland verfügt über langjährige Kompetenzen im Bereich HIL-Simulation:

➤ **Generische HIL Architektur**

