



# Geodaten in der Flugsimulation

Franz Viertler, Lehrstuhl für Hubschraubertechnologie, TU München

02.04.2014



# Überblick

- **Einführung: Flugsimulation in Training, Forschung und Entwicklung**
- **Virtuelle Außensicht der Landschaft mit DGM und DOPs**
- **3D-Objekte und „Daten zur tatsächlichen Nutzung“**
- **Umsetzung am Hubschraubersimulator der TU München**
- **Beispiele aus Forschungsthemen zur Pilotenassistenz**

## Unterscheidung: Trainings- und Forschungssimulatoren

### Training



*Der Mensch muss an das  
Fluggerät angepasst werden*

- Training für ein bereits existierendes Fluggerät
- Präzise Nachbildung
- Eine feste Konfiguration



### Forschung & Entwicklung



*Das Fluggerät muss an den  
Menschen angepasst werden*

- Definition neuer Fluggeräte
- Flexibel, modular, anpassbar
- Schnell rekonfigurierbar



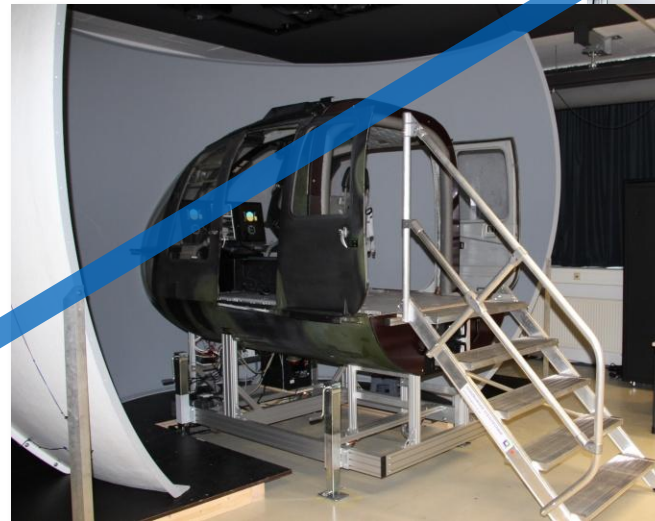
# Vielfältigkeit von Flugsimulatoren

## Full Flight Simulator (FFS)



AVES – Air Vehicle Simulator  
[www.dlr.de](http://www.dlr.de)

## Flight Training Device (FTD)



ROSIE – Rotorcraft Simulation Environment  
LS f. Hubschraubertechnologie

## Basic Instrument Training Device (BITD) / Flight & Navigation Procedure Trainer (FNPT)



AVT - Avionik Trainer  
LS f. Hubschraubertechnologie

## Virtuelle Abbildung der realen Welt mit DGM und DOP

- Nutzung von „Open Source“ 3D Grafik Werkzeugen basierend auf *C++* & *OpenGL*
- Beispiel: „OpenSceneGraph“ und „Virtual Planet Builder“
- Alternativen: „3D Landschaftsvisualisierung“, LS f. Computer Grafik & Visualisierung, Prof. Westermann



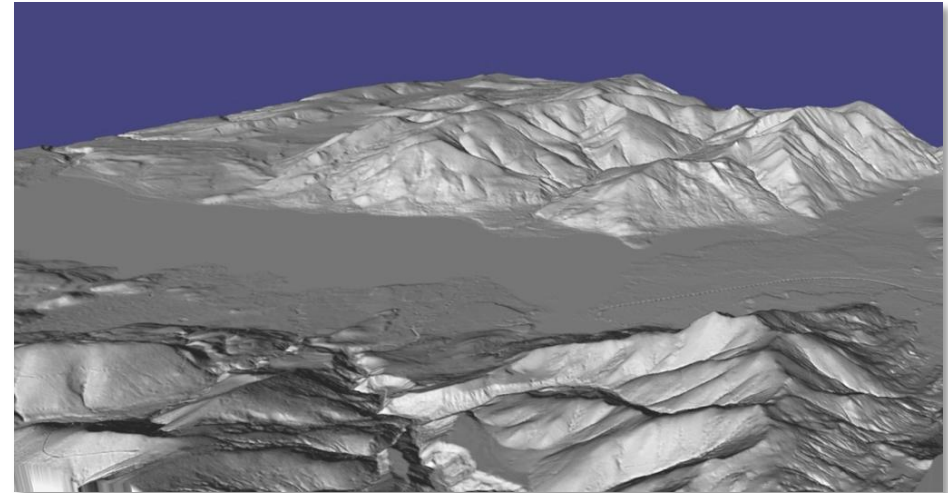
[www.osgvisual.org](http://www.osgvisual.org)

# Verarbeitung der Rohdaten: DGM und DOP

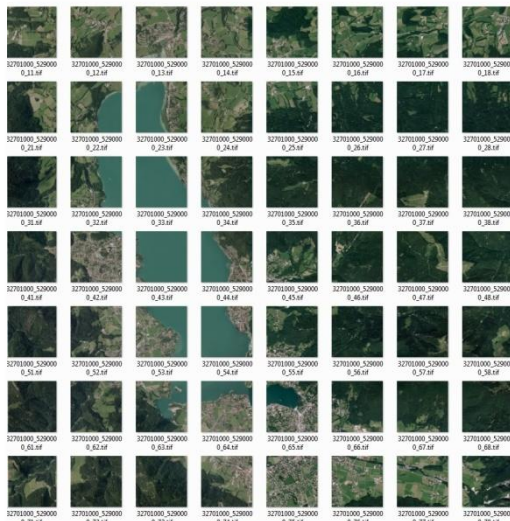
Bsp.: DGM1 & DOP20

4477_5280.g01dgm			
1	4477175	5280999	1251.47
2	4477176	5280999	1251.99
3	4477177	5280999	1252.55
4	4477178	5280999	1253.05
5	4477179	5280999	1253.54
6	4477180	5280999	1254.05
7	4477181	5280999	1254.62
8	4477182	5280999	1255.24
9	4477183	5280999	1255.87
10	4477184	5280999	1256.29
11	4477185	5280999	1256.49
12	4477186	5280999	1256.70

.geotiff  
→  
.tif



+



=  
→



## Hohe Anforderungen an die Auflösung für den bodennahen Flug

0,2 m



1,0 m



## Statische 3D-Objekte

- Für Streckenflüge in ausreichender Höhe gut verwendbar
  - Bei Flug in Bodennähe wirken Objekte wie unerkennbare Artefakte durch die stark verzerrte Darstellung
  - Selbst bei sehr hoher Auflösung: Texturproblematik
- > **Gebäudemodelle notwendig**



Digital Surface Model (DSM) mit 5 m Auflösung und 1 m Luftbildauflösung



LoD2 Gebäude im Simulator



## LoD1 und LoD2 Gebäudedaten

- LoD 1 (Level-of-Detail)  
Gebäude: Deutliche  
Verbesserung der  
Orientierung in Bodennähe
- LoD 2 Gebäude geben dem  
Piloten zusätzliche  
Informationen durch  
genauere Nachbildung der  
Architektur
- Zukünftige  
Erweiterungsmöglichkeit:  
Fassaden und Dächer mit  
Texturen belegen



## Daten zur tatsächlichen Nutzung

- Realistische Wasserdarstellung
  - Dynamische Darstellung von Wasseroberflächen mit Hilfe externer Grafikbibliotheken
  - Wellen, Reflexionen an der Wasseroberfläche u.a. möglich
- Hochauflösende Texturen für Verkehrswege
  - Luftbildtexturen wirken bei naher Betrachtung stets unscharf
  - Luftbilddaten können durch vektorbasierte Verkehrswege ersetzt werden
- Vegetation generisch pflanzen
  - Dreidimensionale Vegetationsnachbildung vervollständigt das Landschaftsbild
  - Felder und Wälder können vektorbasiert platziert werden



„Triton Ocean SDK“ von Sundog



Daten zur tatsächlichen Nutzung -  
Verkehr



Baumdarstellung – Google SketchUp

# Forschungssimulator am Lehrstuhl für Hubschraubertechnologie (Rotorcraft Simulation Environment – ROSIE)

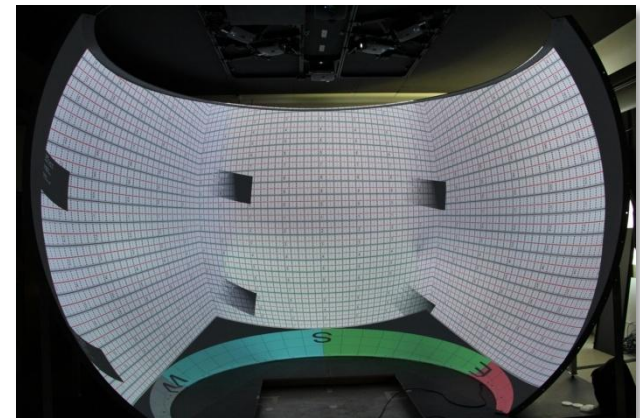
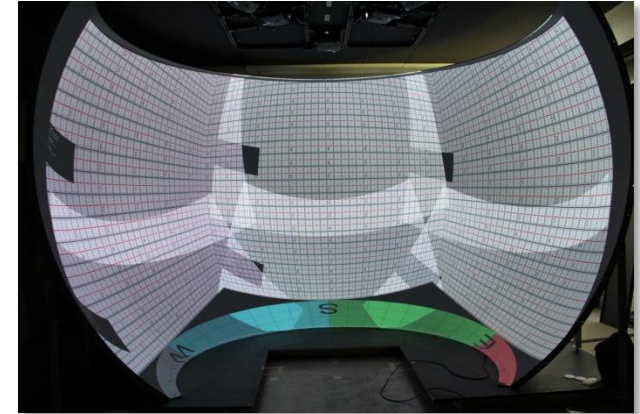


## Hauptmerkmale:

- Originalcockpit Bo105 VBH
- Wide-Field-of-View Sichtsystem
- Generische Cockpitinstrumentierung
- Flugphysikmodell GenSim (Airbus Helicopters)
- Matlab / Simulink Entwicklungsumgebung
- Image Generator mit OpenSceneGraph

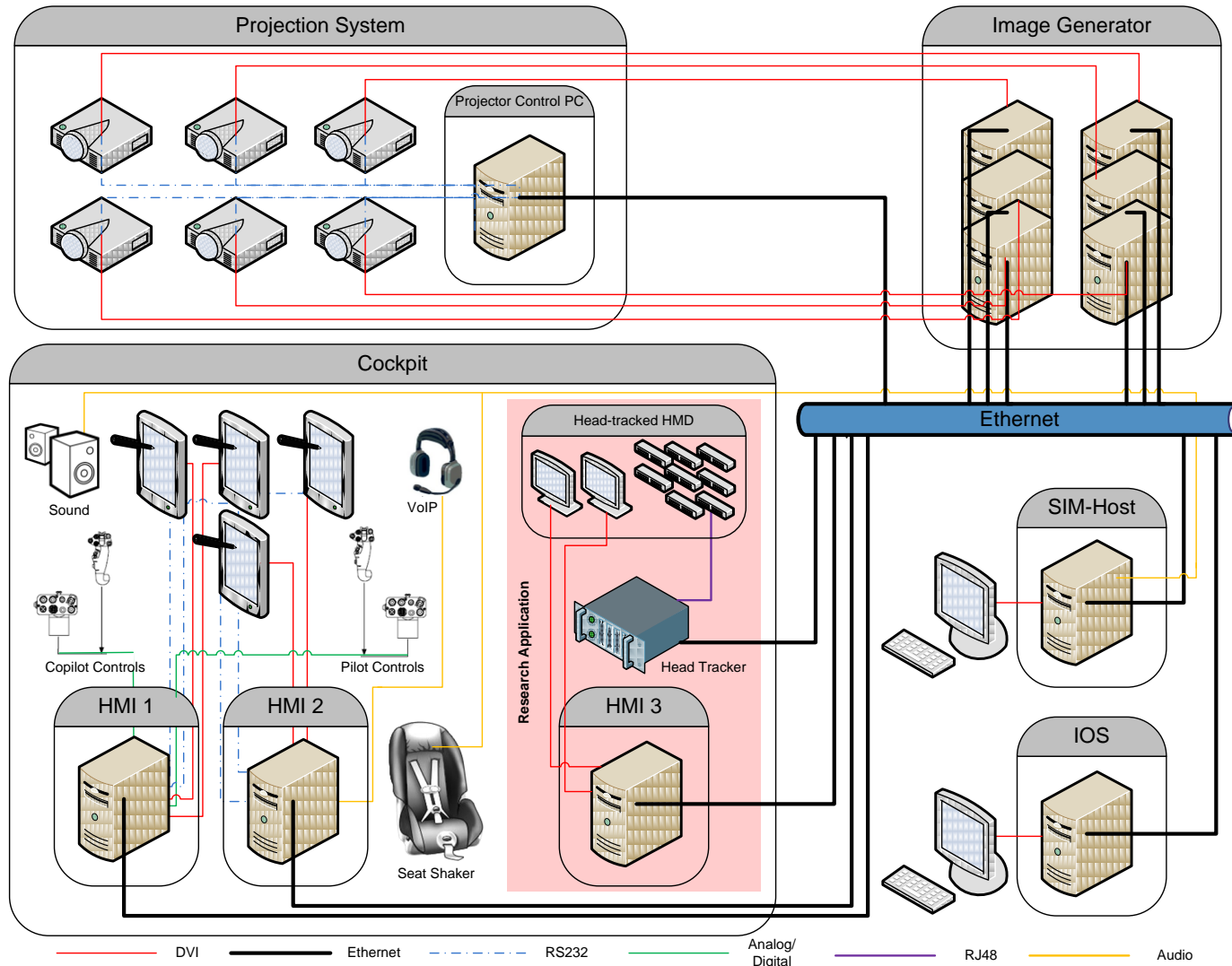


## Sichtsystem ROSIE für Außensicht mit großem Sichtbereich



- 6 Kanäle mit jeweils 1920 x 1200 Pixel
- Horizontaler Field-of-View  $>200^\circ$  / Vertikaler Field-of-View  $-50^\circ / +30^\circ$
- Autokalibration für Warping & Blending

# Notwendige Rechenleistung



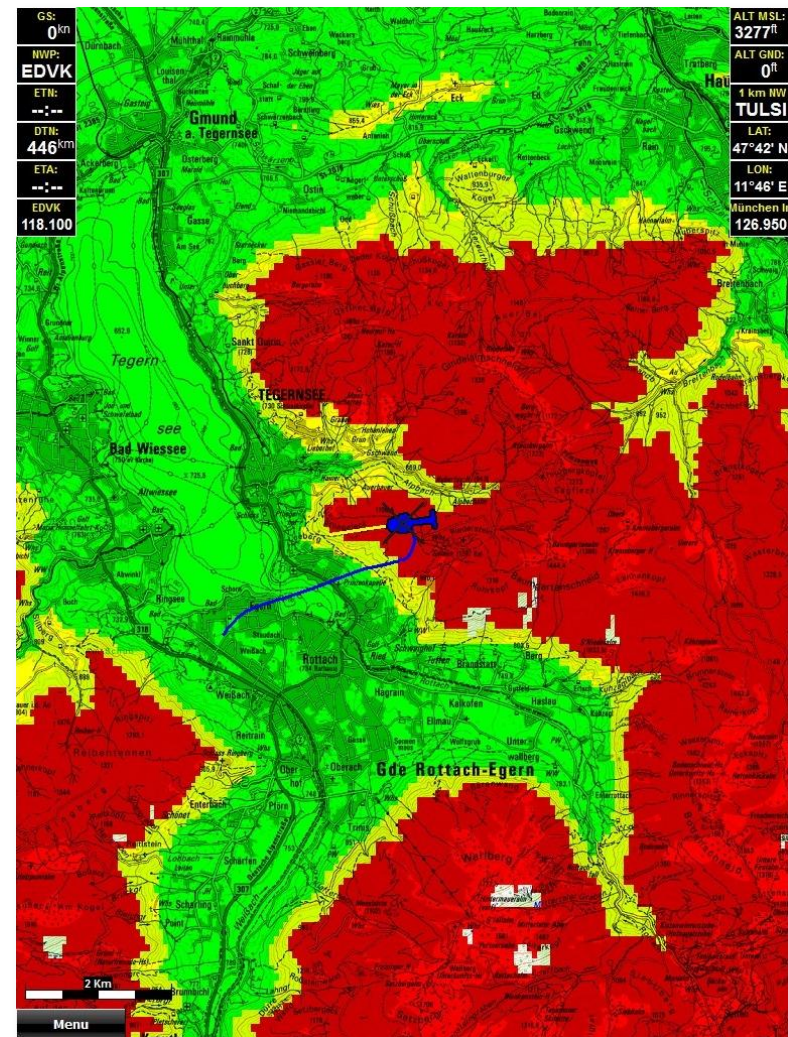
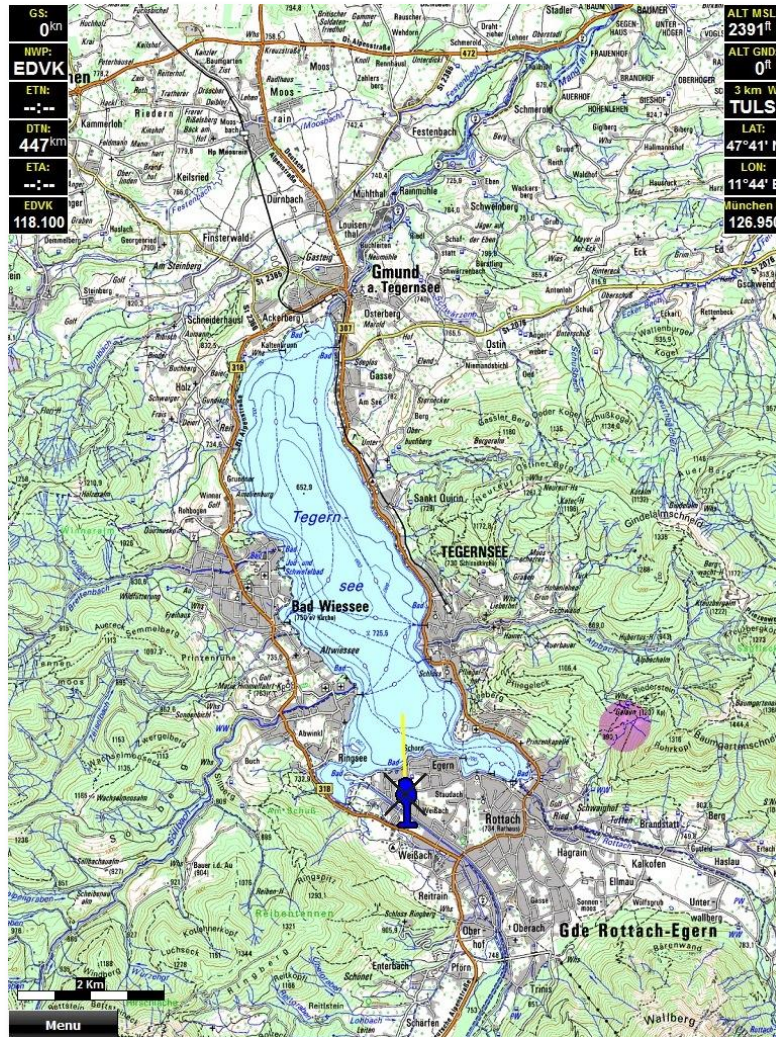
## Beispiele aus Forschungsthemen zur Pilotenassistenz



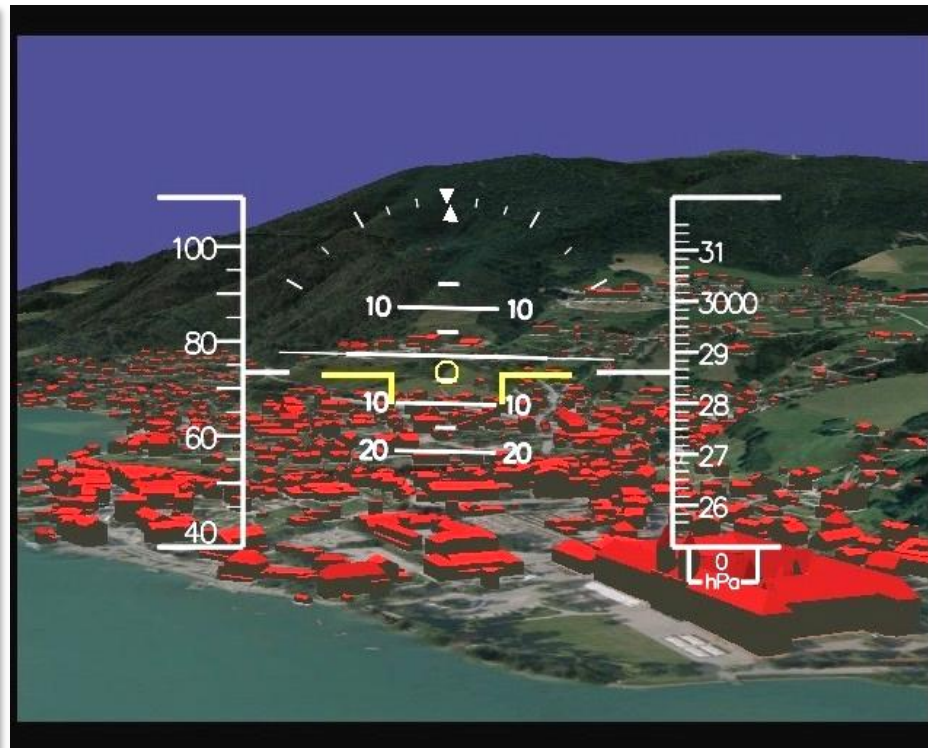
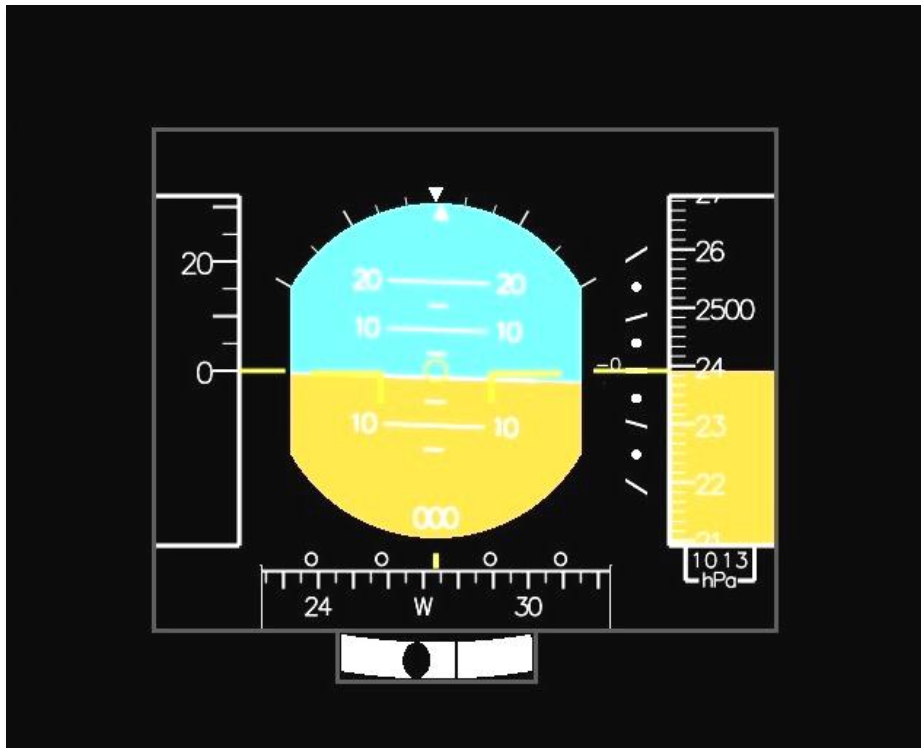
**Synthetic Vision System**

**Digital Moving Map**

# Pilotenassistenzsysteme: Digital Moving Map



## Pilotenassistenzsysteme: Synthetic Vision System



Typisches „Primary Flight Display (PFD)“  
in einem modernen Glass Cockpit

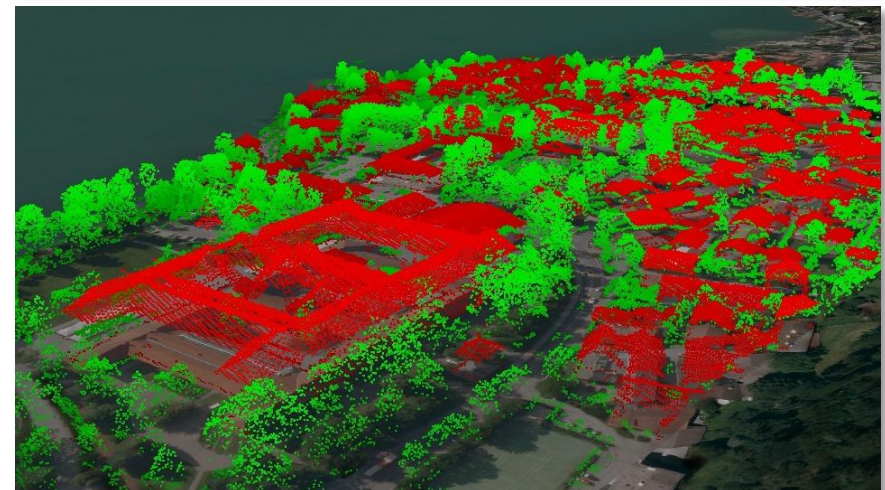
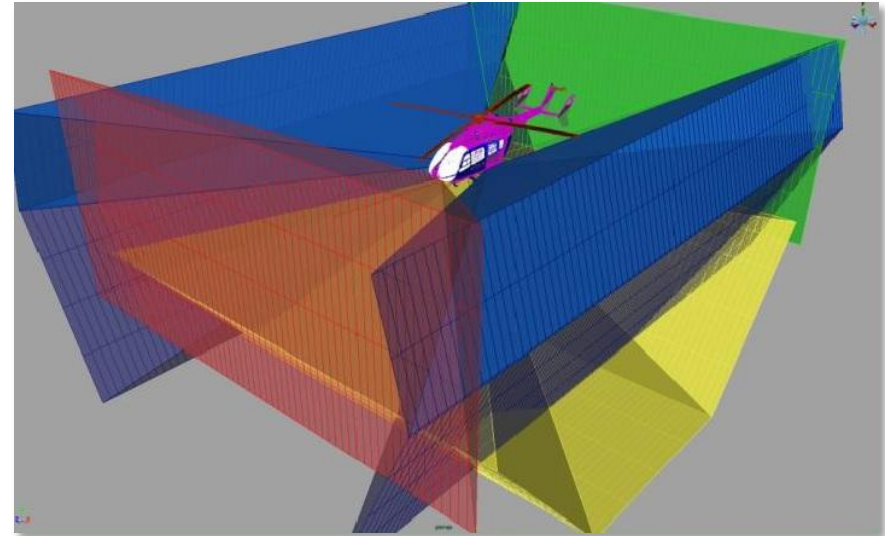
„Synthetic Vision System“ mit  
Geländedarstellung und überlagerter  
Symbolik



# Zukunft: Sensorgestützter Hubschrauberflug

## Hintergrund:

- Selbst hochauflösende Datenbanken können keine beweglichen Objekte (z.B. Baukran) erfassen. Deshalb werden zur Hinderniserkennung bildgebende Sensoren, wie TV-Kameras, Infrarotkameras oder Radar-Sensoren benötigt.
- Sensoren liefern allerdings derzeit keine ausreichende Information für den Piloten, um bei schlechten Sichtbedingungen sicher fliegen zu können.
- Daher werden **Sensordaten** mit **Geoinformationen aus Datenbanken fusioniert**, bevor sie dem Piloten angezeigt werden!



Punktewolken aus  
Laser-Scannings

# Evaluierung von Pilotenassistenzsystemen, speziell visuelle Unterstützungshilfen für den Flug bei schlechten Sichtbedingungen

## Heute verfügbare Technologien:

- Head Down Displays (HDD)
- Head Up Displays (HUD)
- Helmet Mounted Displays (HMD)



Tests mit Head-Mounted Display



Tests mit Head-Mounted Display

## Ziele:

- Vermeidung von Unfällen durch aufgewirbelten Schnee oder Staub
- Sicheren Flug auch bei Wolken und Nebel ermöglichen

## Zusammenfassung

- Einsatz, Aufbau und Funktionsweise von Flugsimulatoren und der Erstellung einer virtuellen 3D-Welt
- Anforderungen an die Auflösung von Geländedaten und Objektdaten für den bodennahen Flug, speziell bei Hubschraubern
- Verwendung von Geodaten im Cockpit durch Pilotenassistenzsysteme

## Ziele am LS f. Hubschraubertechnologie

- Kontinuierliche Verbesserung des Technologie-Standards in der Flugsimulation
- Definition zukünftiger Anforderungen an Pilotenassistenzsysteme für einen sicheren Flug auch unter extremen Sichtbedingungen
- Entwicklung von Methoden zur Evaluation dieser Technologien am Flugsimulator



**Vielen Dank für Ihre  
Aufmerksamkeit!**