

# Potenzial europäischer Satellitennavigationssysteme in der zivilen Luftfahrt

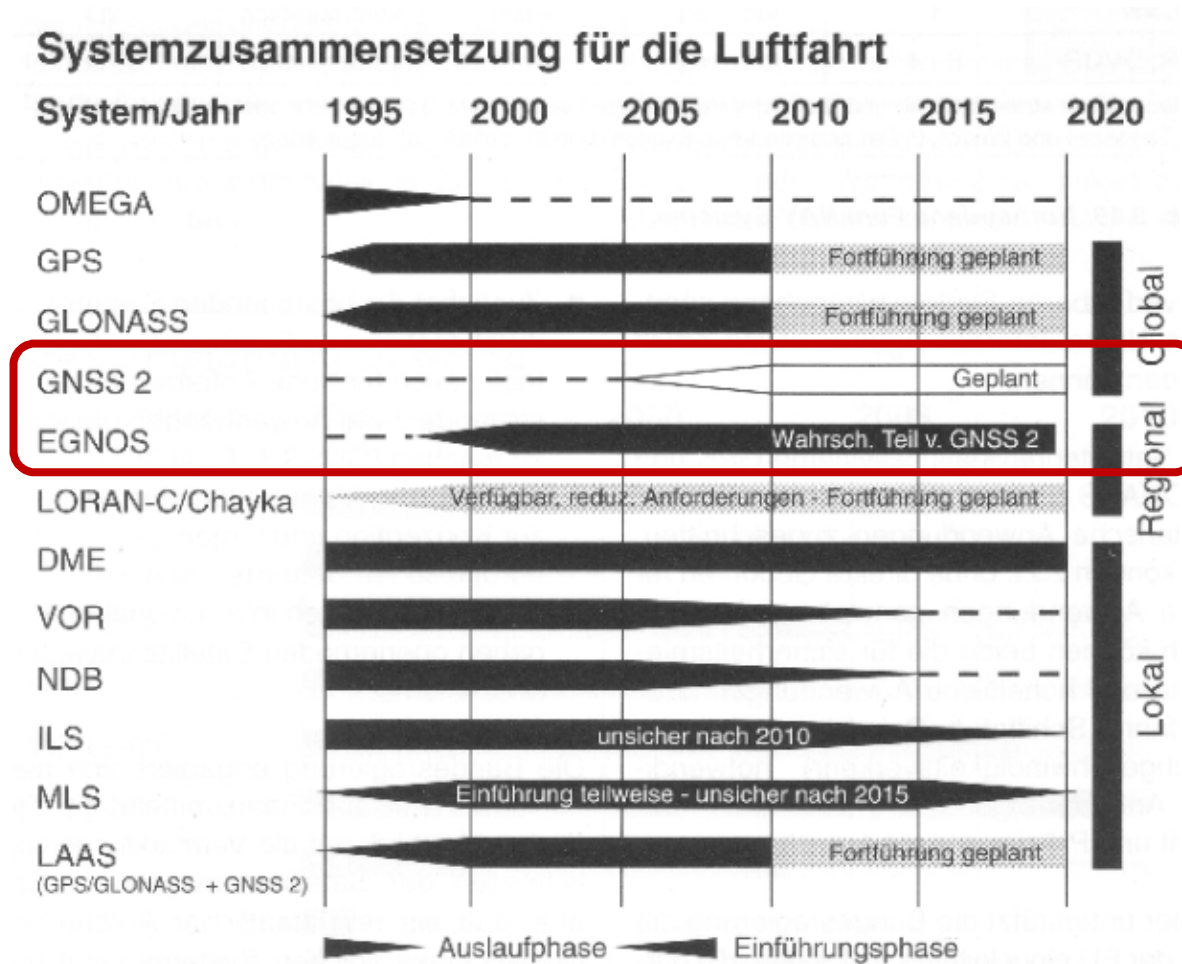
FH-Prof. Dr. Holger Flühr  
Luftfahrt / Aviation, FH JOANNEUM Graz

# Potenzial europäischer Satellitennavigationssysteme

## Übersicht zum Vortrag

- Konzept eines GNSS
- Konzept eines Augmentierungssystems
- Anwendungsfeld 1: Streckennavigation (RNAV-Konzept)
- Anwendungsfeld 2: Anflugverfahren und Landesysteme
- Anwendungsfeld 3: Unbemannte Luftfahrzeuge

# Potenzial europäischer Satellitennavigationssysteme



Quelle: ?  
Aus 2003!

# GNSS – Begriffsdefinition und Umsetzungen

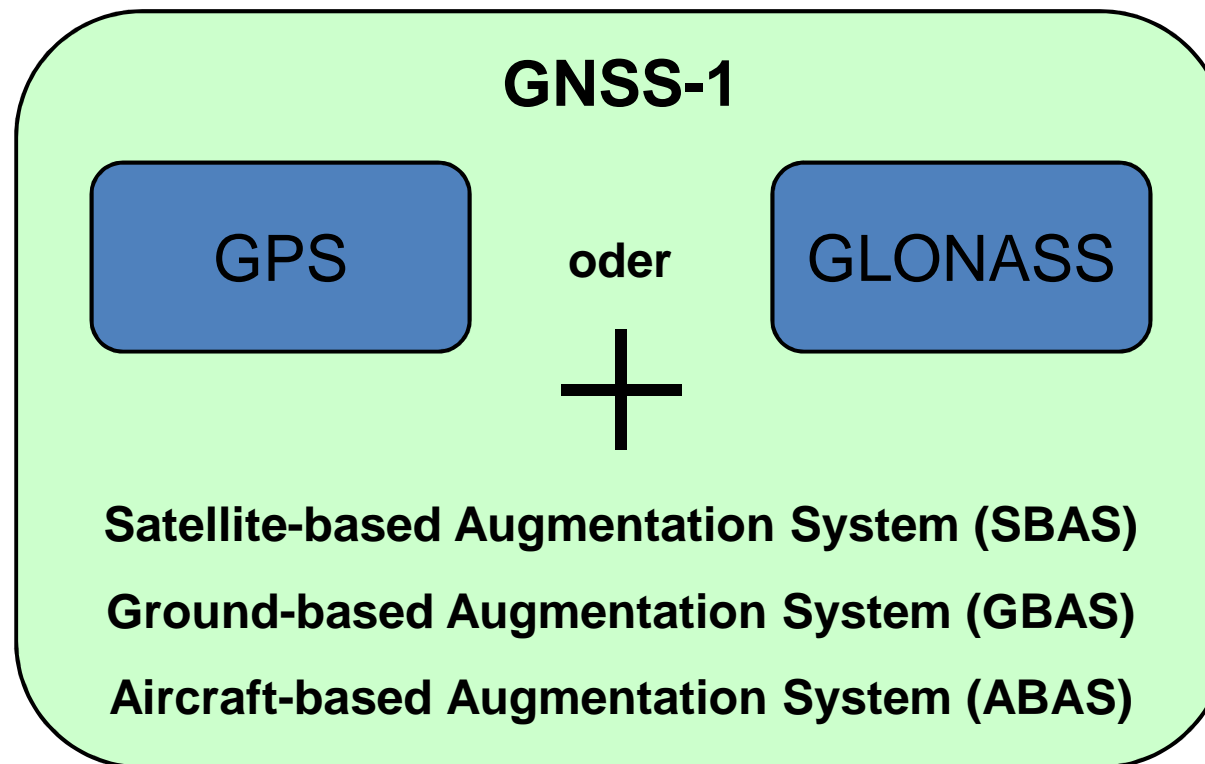
Europäische GNSS-Systeme:

- Galileo
- EGNOS

GIOVE-B

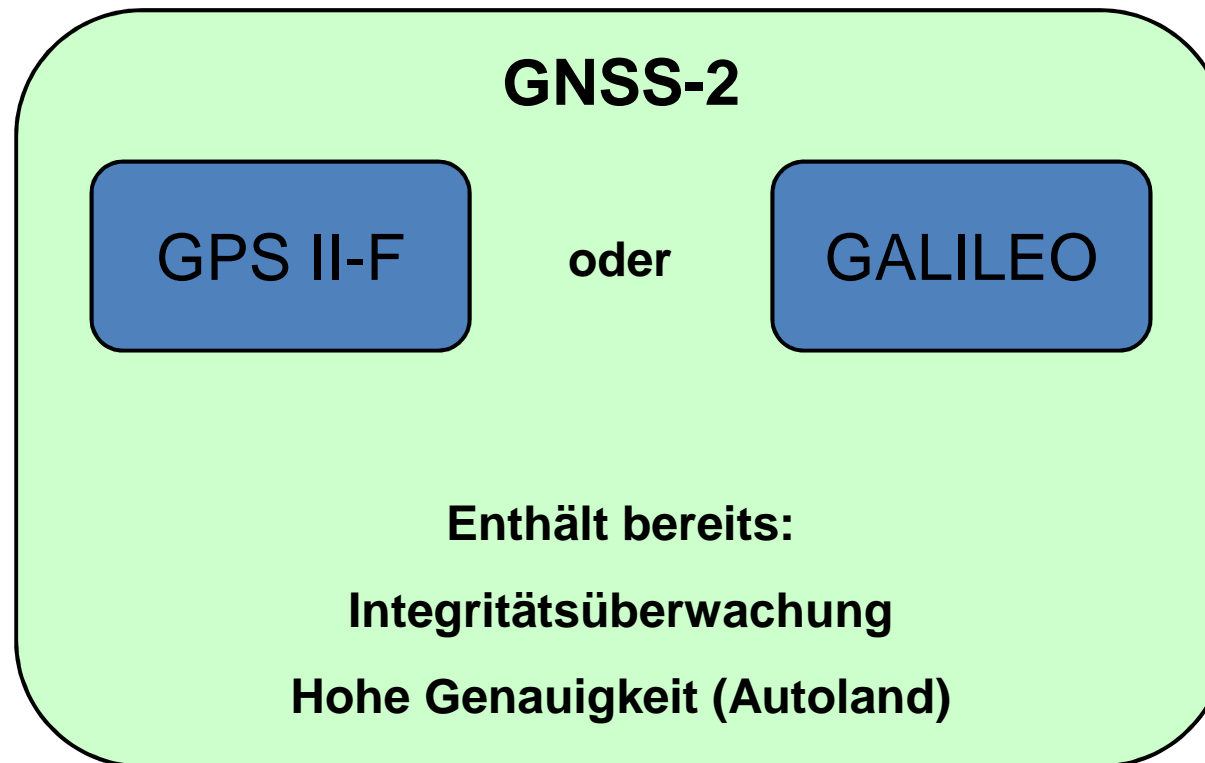
# GNSS – Begriffsdefinition und Umsetzungen

GNSS: Global Navigation Satellite System



# GNSS – Begriffsdefinition und Umsetzungen

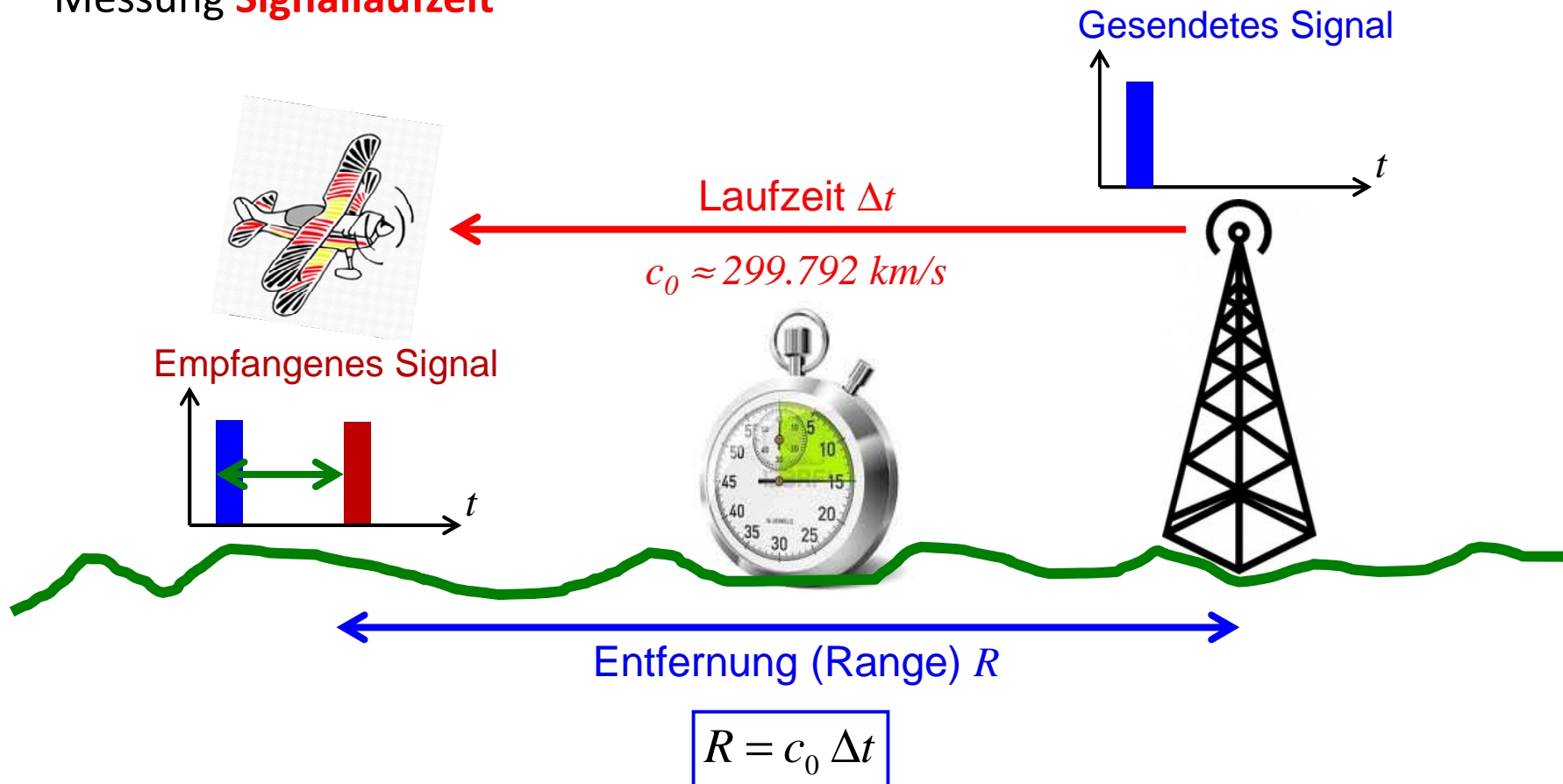
GNSS: Global Navigation Satellite System



# Funktion & Elemente eines SATNAV-Systems

Funktionsprinzip Entfernungsbestimmung

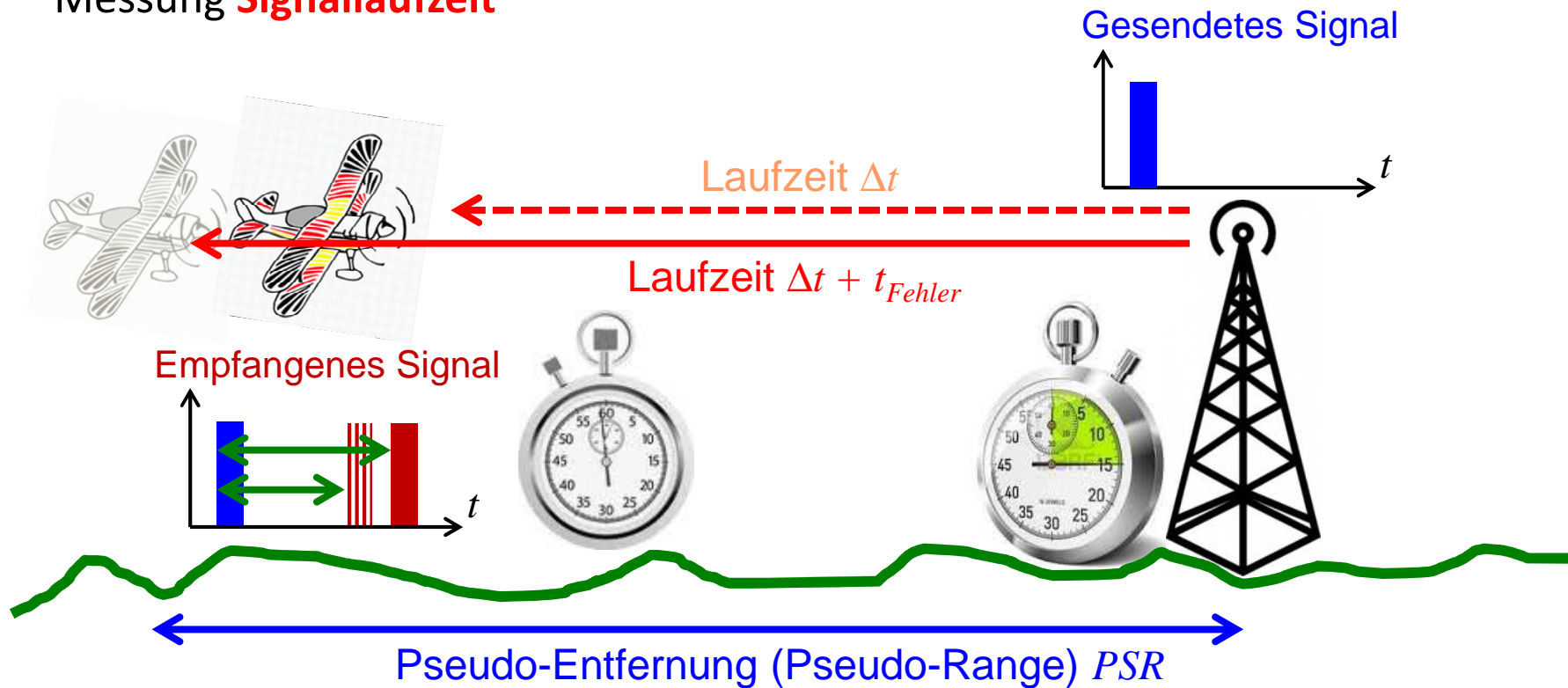
Messung **Signallaufzeit**



# Funktion & Elemente eines SATNAV-Systems

Funktionsprinzip Entfernungsbestimmung

Messung **Signallaufzeit**

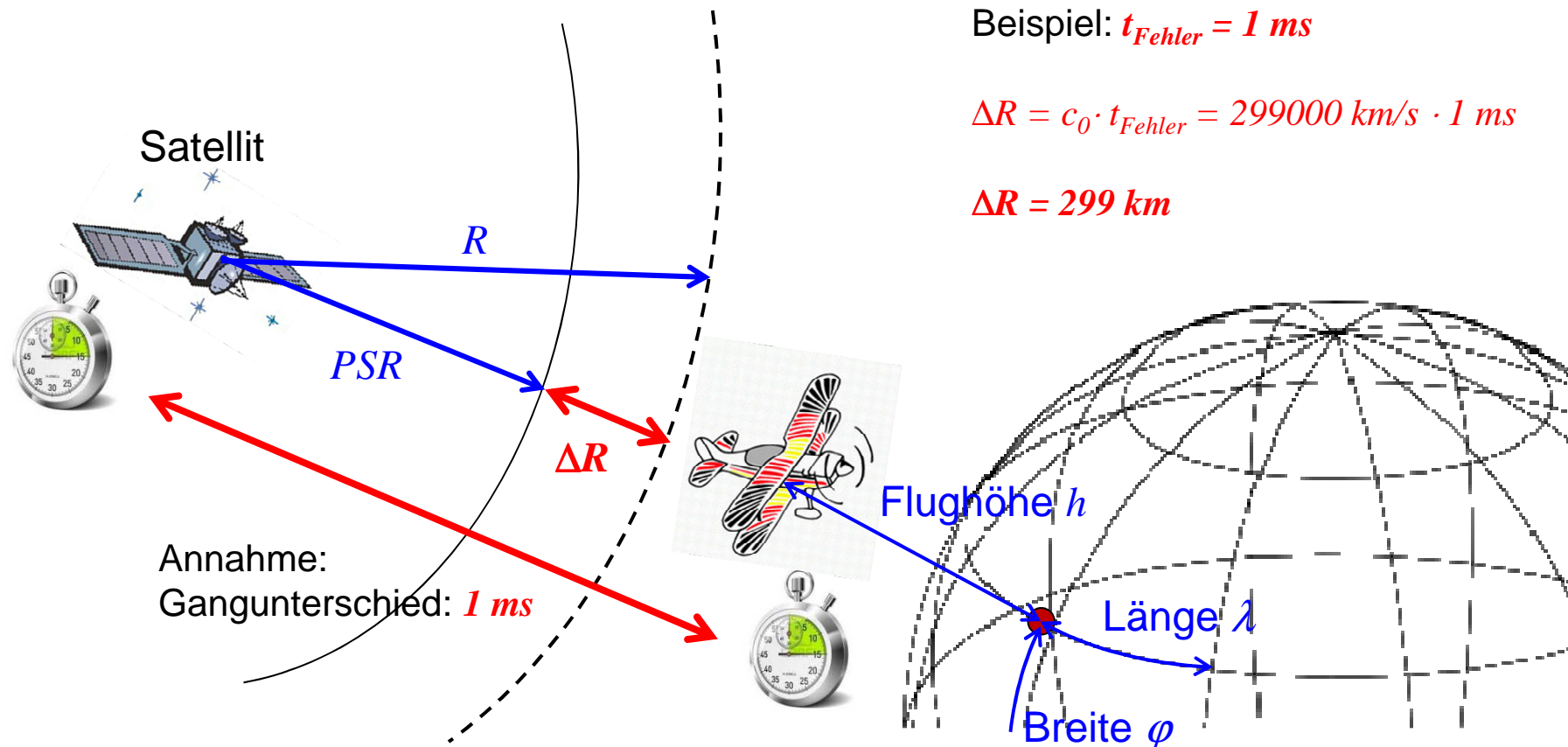


$$PSR = c_0 (\Delta t + t_{Fehler}) = R + c_0 t_{Fehler}$$



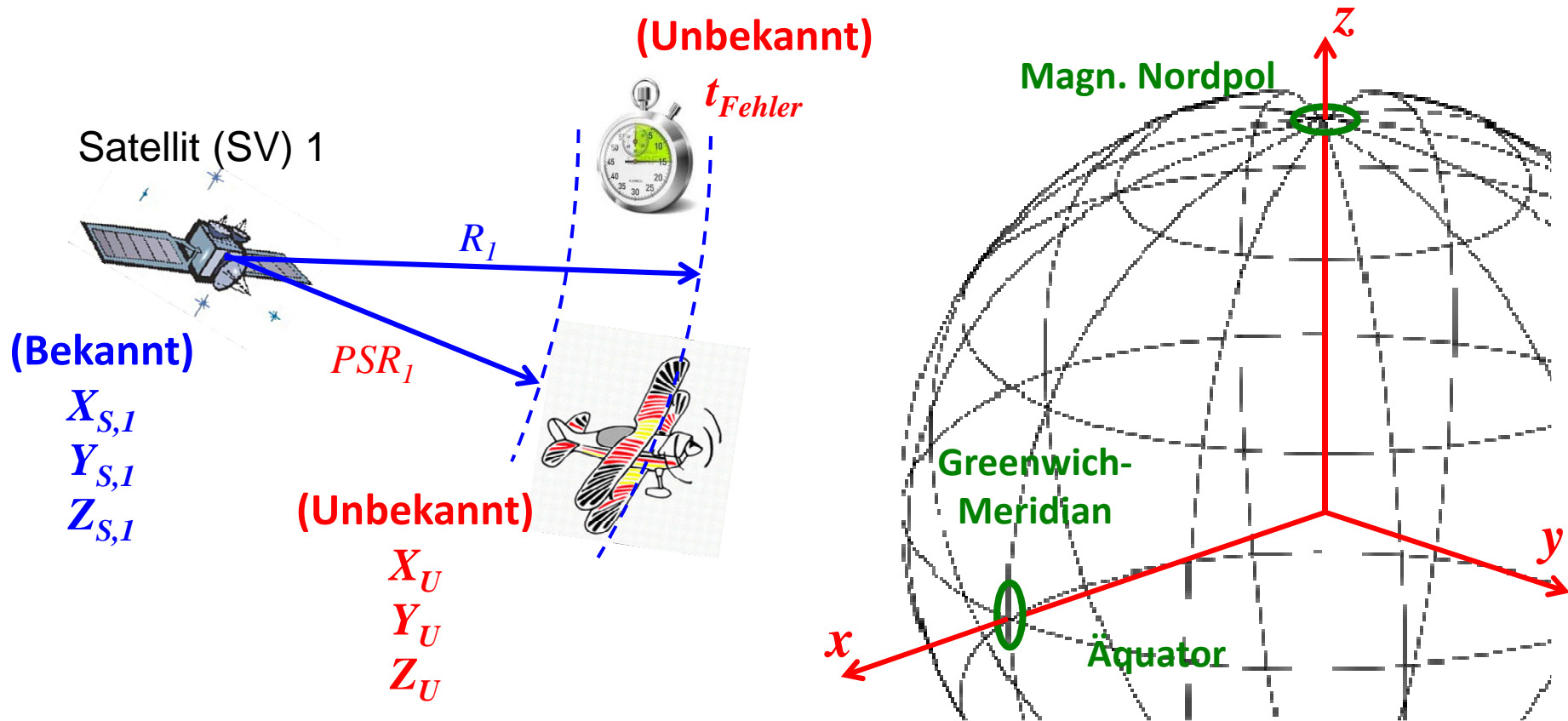
# Funktion & Elemente eines SATNAV-Systems

## Funktionsprinzip Positionsbestimmung



# Funktion & Elemente eines SATNAV-Systems

Funktionsprinzip Positionsbestimmung: Mehrfachmessung



## Funktion & Elemente eines SATNAV-Systems

Funktionsprinzip Positionsbestimmung: Mehrfachmessung

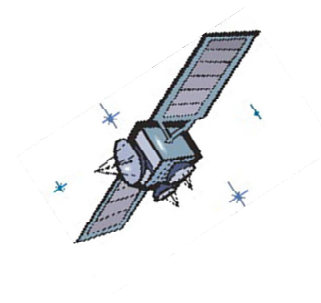
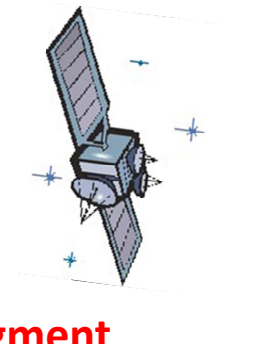
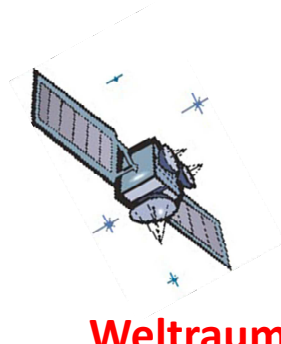
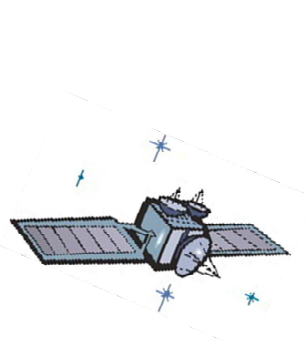
$$PSR = R + \Delta t_{Fehler} c_0 \quad (\Delta t_{Fehler} > 0: \text{ Anwenderuhr geht vor})$$

$$R = \sqrt{\left( (X_{S,j} - X_U)^2 + (Y_{S,j} - Y_U)^2 + (Z_{S,j} - Z_U)^2 \right)}$$

$$\left| \begin{array}{l} PSR_1 = \sqrt{\left( (X_{S,1} - X_U)^2 + (Y_{S,1} - Y_U)^2 + (Z_{S,1} - Z_U)^2 \right)} + \Delta t_{Fehler} c_0 \\ PSR_2 = \sqrt{\left( (X_{S,2} - X_U)^2 + (Y_{S,2} - Y_U)^2 + (Z_{S,2} - Z_U)^2 \right)} + \Delta t_{Fehler} c_0 \\ PSR_3 = \sqrt{\left( (X_{S,3} - X_U)^2 + (Y_{S,3} - Y_U)^2 + (Z_{S,3} - Z_U)^2 \right)} + \Delta t_{Fehler} c_0 \\ PSR_4 = \sqrt{\left( (X_{S,4} - X_U)^2 + (Y_{S,4} - Y_U)^2 + (Z_{S,4} - Z_U)^2 \right)} + \Delta t_{Fehler} c_0 \end{array} \right|$$

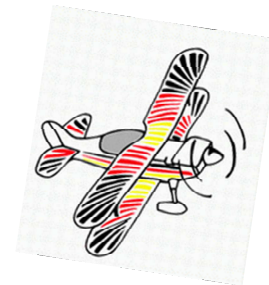
# Funktion & Elemente eines SATNAV-Systems

## Elemente eines GNSS-Systems



**Weltraum-Segment**

**Boden-Segment**



**Benutzer-Segment**

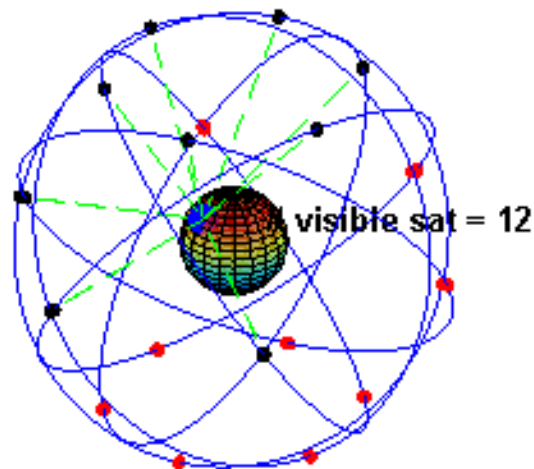
# Funktion & Elemente eines SATNAV-Systems

Elemente eines GNSS-Systems: **Benutzersegment**



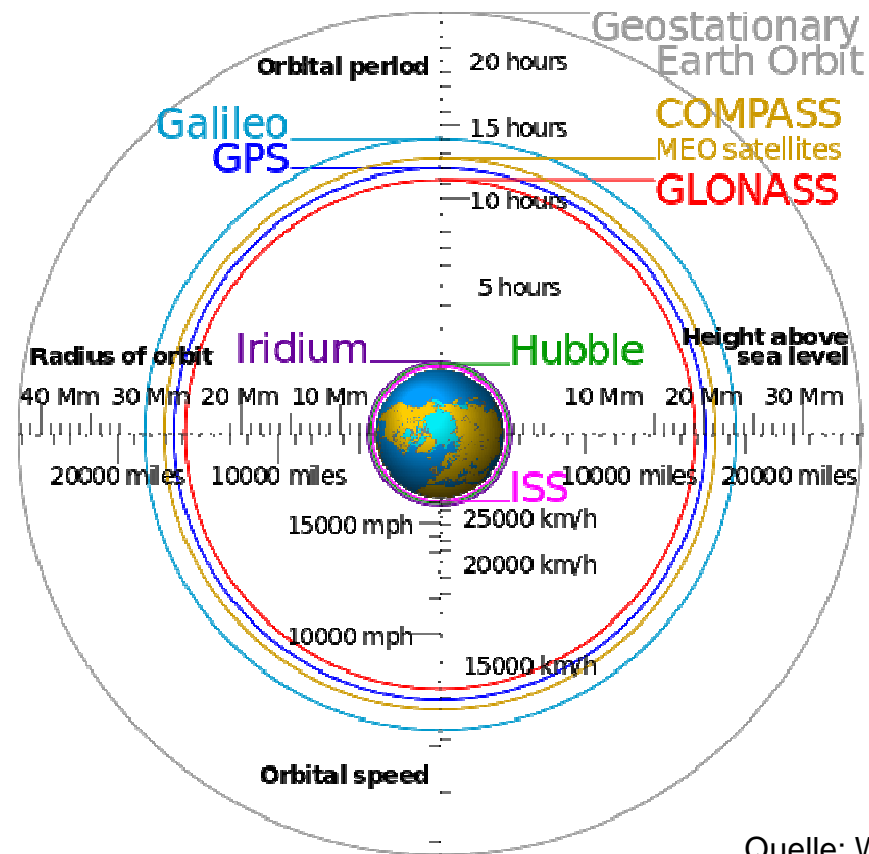
# Funktion & Elemente eines SATNAV-Systems

Elemente eines GNSS-Systems: **Weltraum-Segment**



Bei GPS:

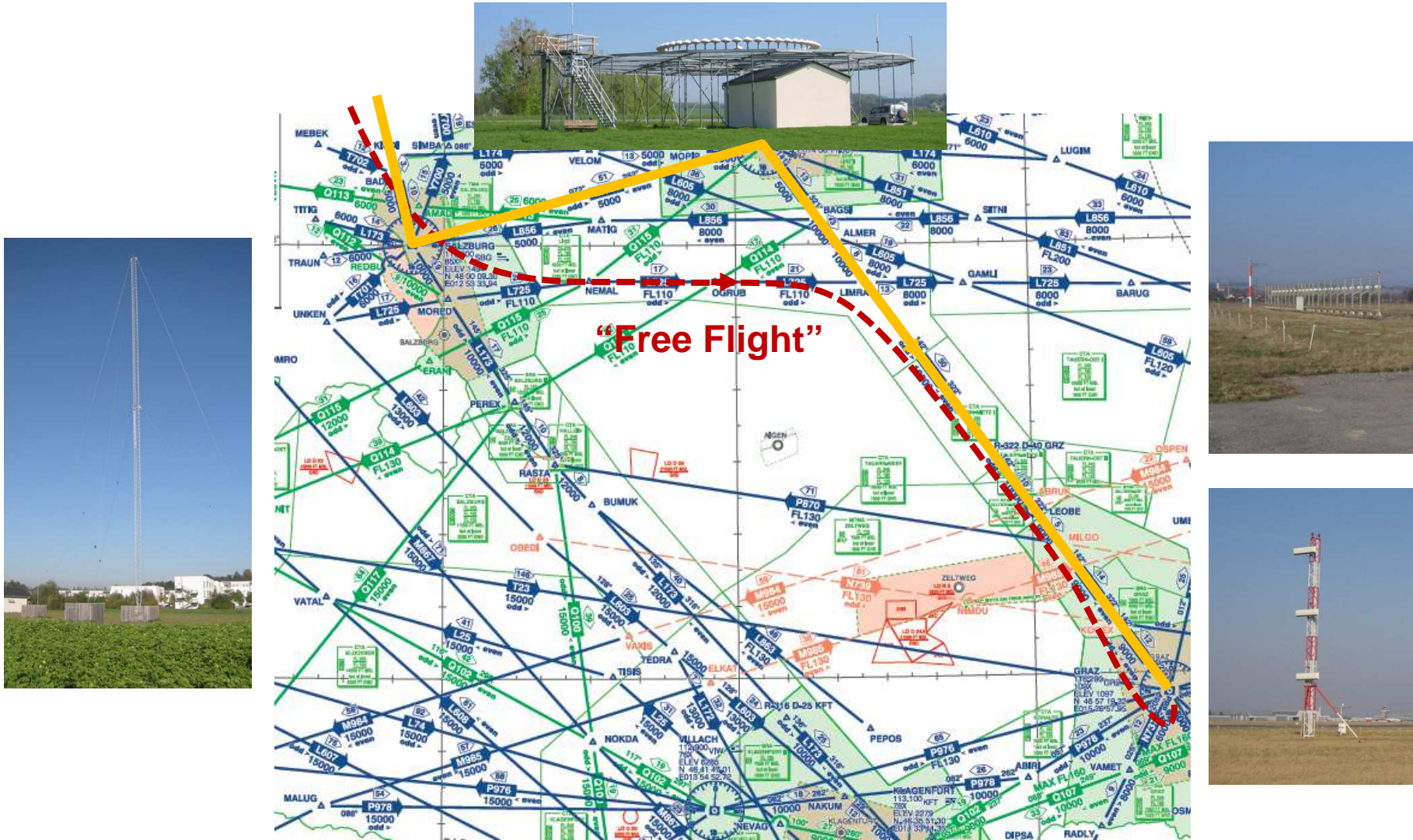
- Mindestens 24 Satelliten (Space Vehicle SV)
- 6 Orbits, 55 Grad Inklination
- Bahnhöhe 20.200 km



Quelle: Wikipedia



# Anwendungsfeld 1: Streckennavigation



# EGNOS: Satellitengestützte Augmentierung

Welche Faktoren beeinflussen die Genauigkeit von GNSS?

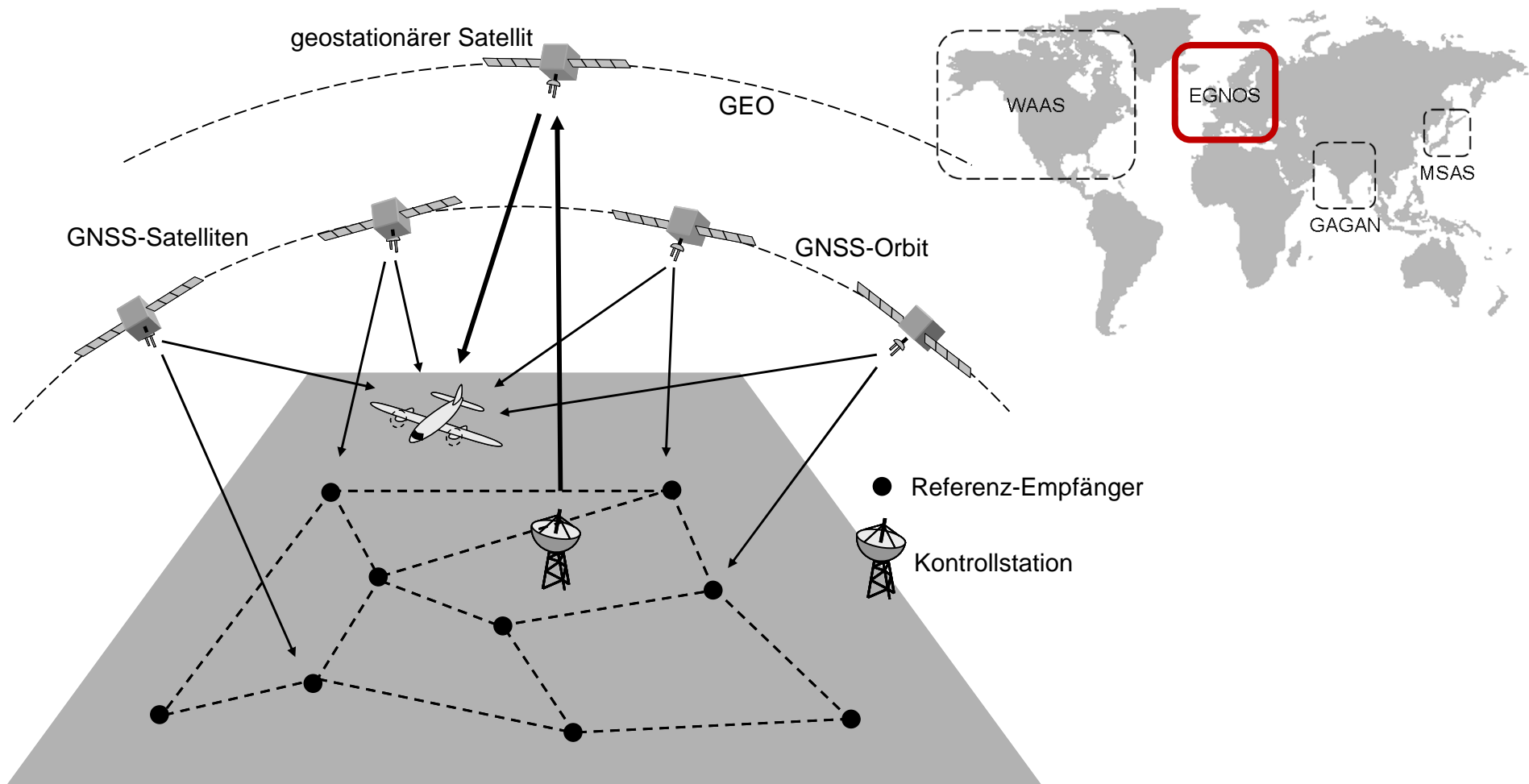
- Satellitengeometrie (Konstellation): Verstärkt die Einflüsse unten
- Satellitenumlaufbahnen ~ 2 ½ m
- Mehrwege-Ausbreitung des Signals (Multipath) ~ 1 m
- **Atmosphärische Einflüsse** ~ **5 m + ½ m**
- Uhrenungenauigkeit ~ 2 m
- Rundungsfehler ~ 1 m

---

- Summe ~ 12 m
- Mit Augmentierung ~ 4 m



# EGNOS: Satellitengestützte Augmentierung



# EGNOS: Satellitengestützte Augmentierung

## Space Based Augmentation System (SBAS)

- SBAS-Systeme verwenden (z.B.) GPS als Basis-Navigationssystem
- In Europa: EGNOS (European Geostationary Navigation Overlay Service)
- Referenz-Empfänger ermitteln Korrekturdaten
- Korrekturwerte werden an geostationäre Satelliten weitergesendet (z.B. Inmarsat III, Artemis)
- Auf L1-Frequenz werden Daten mit verbesserter Genauigkeit ausgesendet
- Hauptzielrichtung: Verbesserung der Genauigkeit von Landungen
  - Integrität der Daten
  - Weitbereichskorrektur (Zeitoffset)
- Systemgenauigkeit: 1-2 m horizontal

# EGNOS: Satellitengestützte Augmentierung

## Flühr Holger

---

**Von:** European Space Agency [contactesa@subscriptions.esa.int]  
**Gesendet:** Dienstag, 10. Mai 2011 15:36  
**An:** Flühr Holger  
**Betreff:** Europes first EGNOS airport to guide down giant Beluga aircraft

Having trouble viewing this email? [View it as a Web page.](#)

You are subscribed to Navigation for European Space Agency.

[Europe's first EGNOS airport to guide down giant Beluga aircraft](#)

10-05-2011 02:04 PM CEST

Pau Pyrénées in southern France has become Europe's first airport to use the new EGNOS Safety-of-Life Service, to guide aircraft in for landing using only this highly accurate space navigation signal.

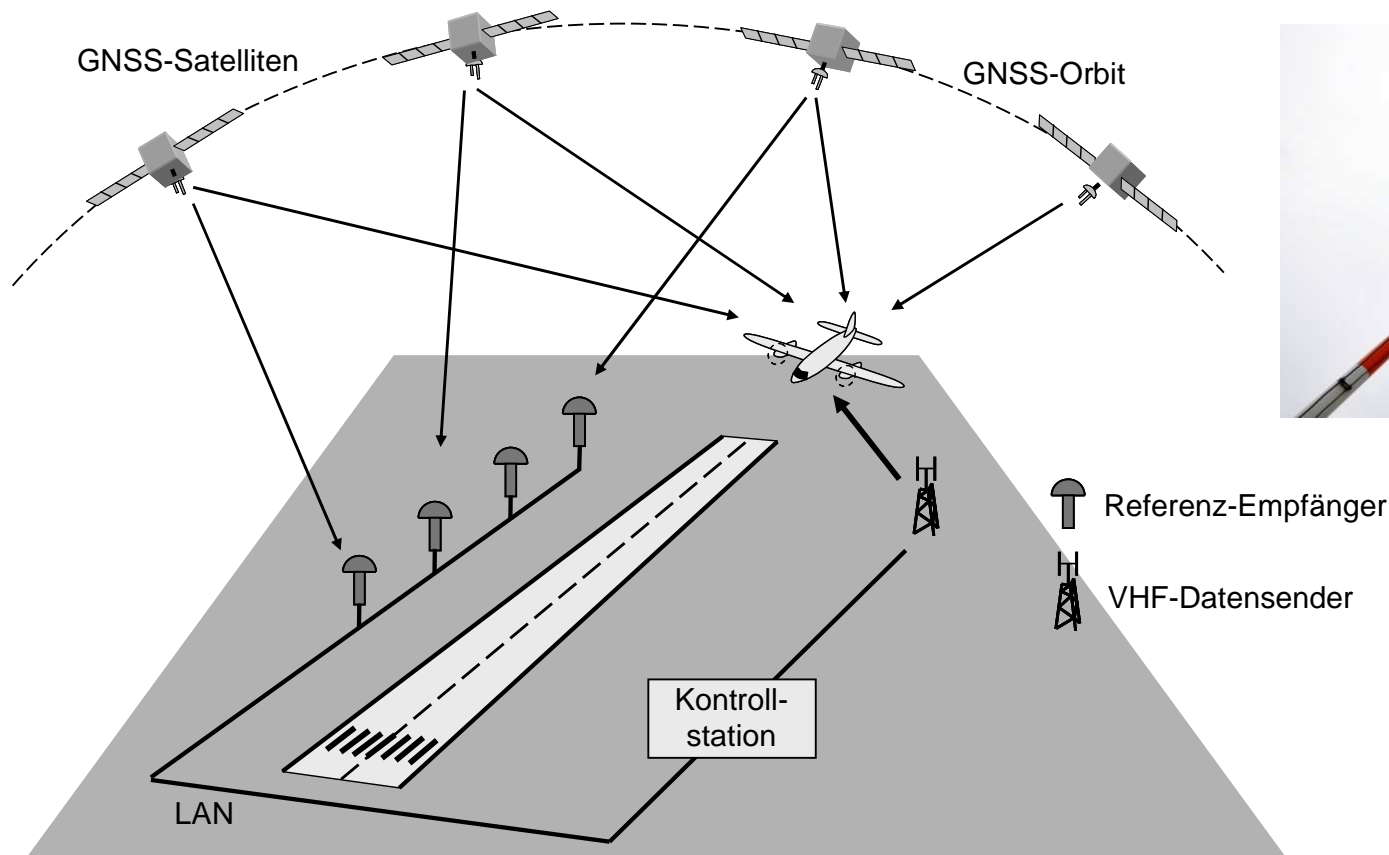


# GBAS: Bodengestützte Augmentierung

Ground Based Augmentation Service (GBAS):

- GBAS verfolgt die selbe Grundidee wie SBAS
- Korrekturdaten werden nicht über geostationäre Satelliten, sondern über VHF-Datenverbindungen ausgesendet
- GBAS verwendet „Pseudolites“: terrestrische Sender senden ein Signal analog zu dem der SV ab (Radius: ~20 NM)
- Hierdurch kann die Positionsbestimmung z.B. in der Nähe von Flughäfen stark verbessert werden
  
- Zielrichtung: hohe Integrität des Signals (Präzisionsanflüge/CAT-I)

# GBAS: Bodengestützte Augmentierung

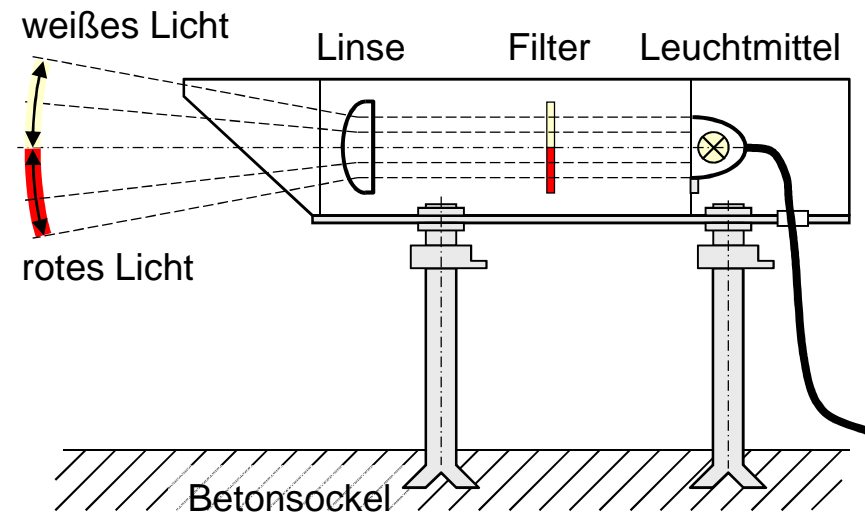


GBAS-Station  
Flughafen Bremen

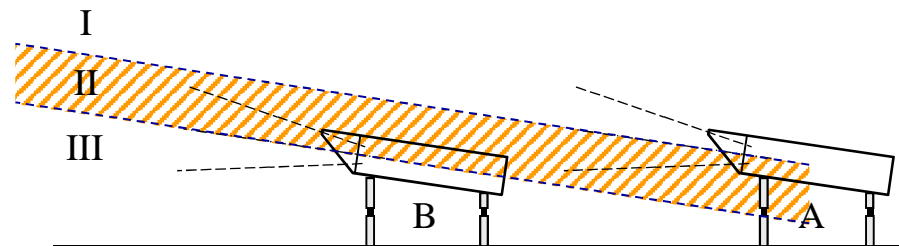
# Anwendungsfeld 2: Landesysteme

Mikrowellen-Landesystem  
(Microwave Scan Beam Landing System, MSBLS)

## Anwendungsfeld 2: Landesysteme



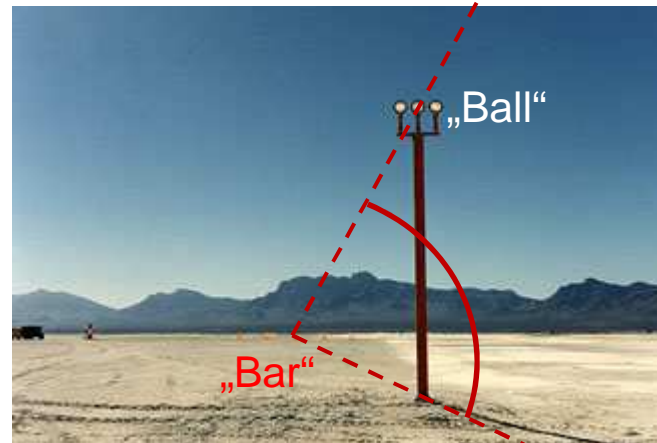
- A/B  
I weiß/weiß  
II rot/weiß  
III rot/rot



PAPI  
Precision Approach Path Indicator

## Anwendungsfeld 2: Landesysteme

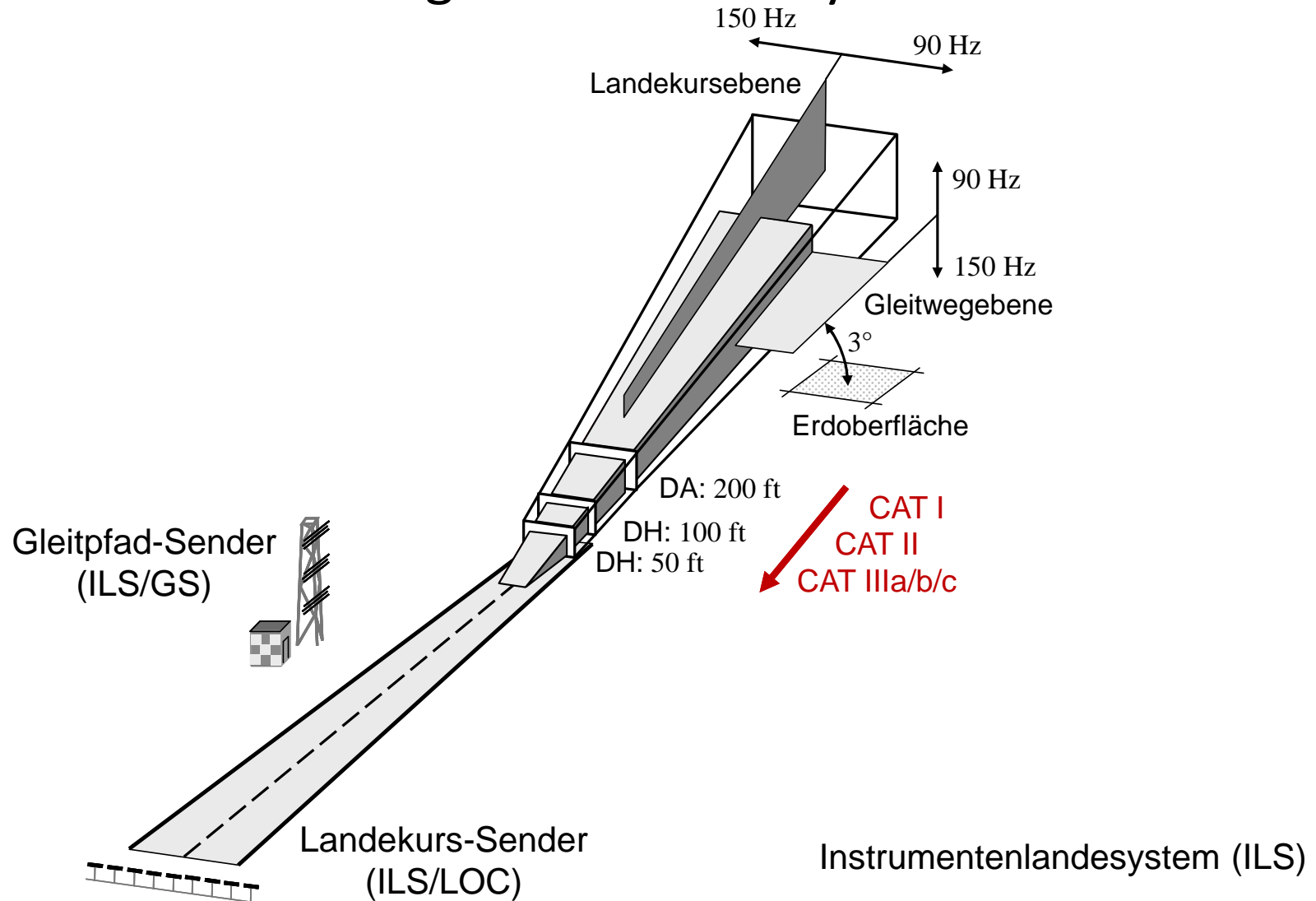
### VASI Visual Approach Slope Indicator



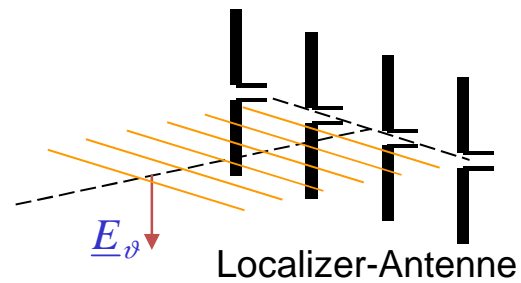
### Ball-Bar-System



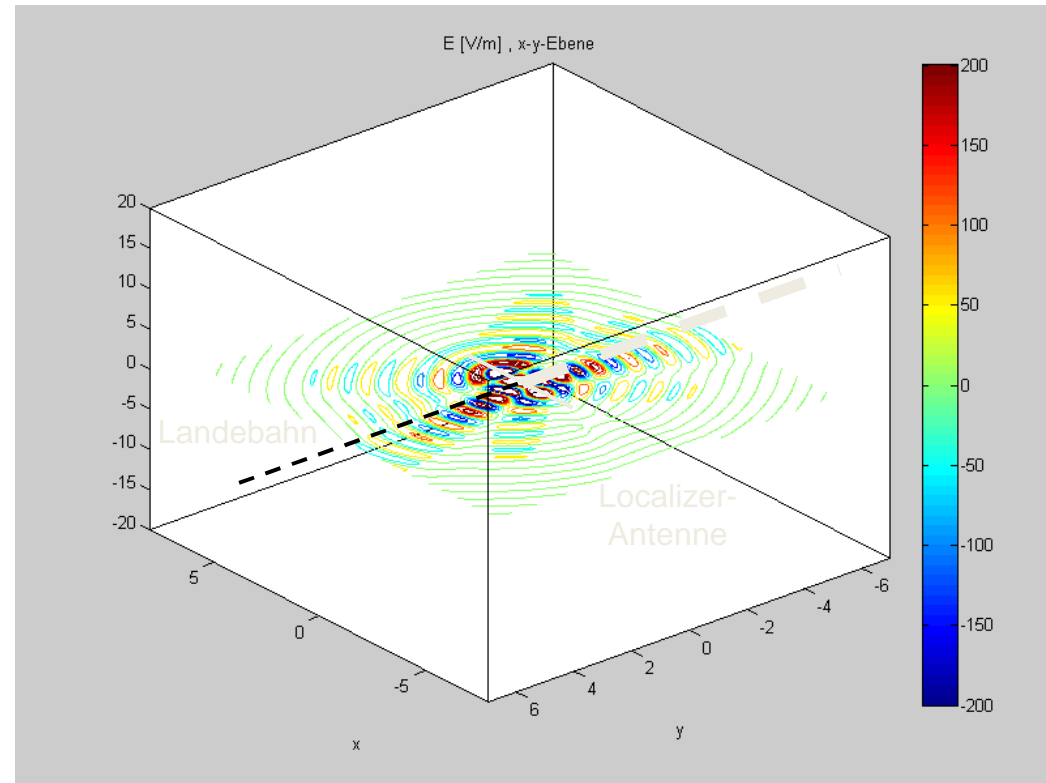
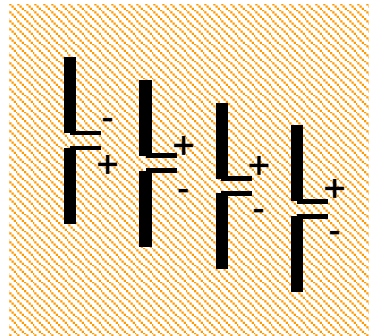
## Anwendungsfeld 2: Landesysteme



## Anwendungsfeld 2: Landesysteme



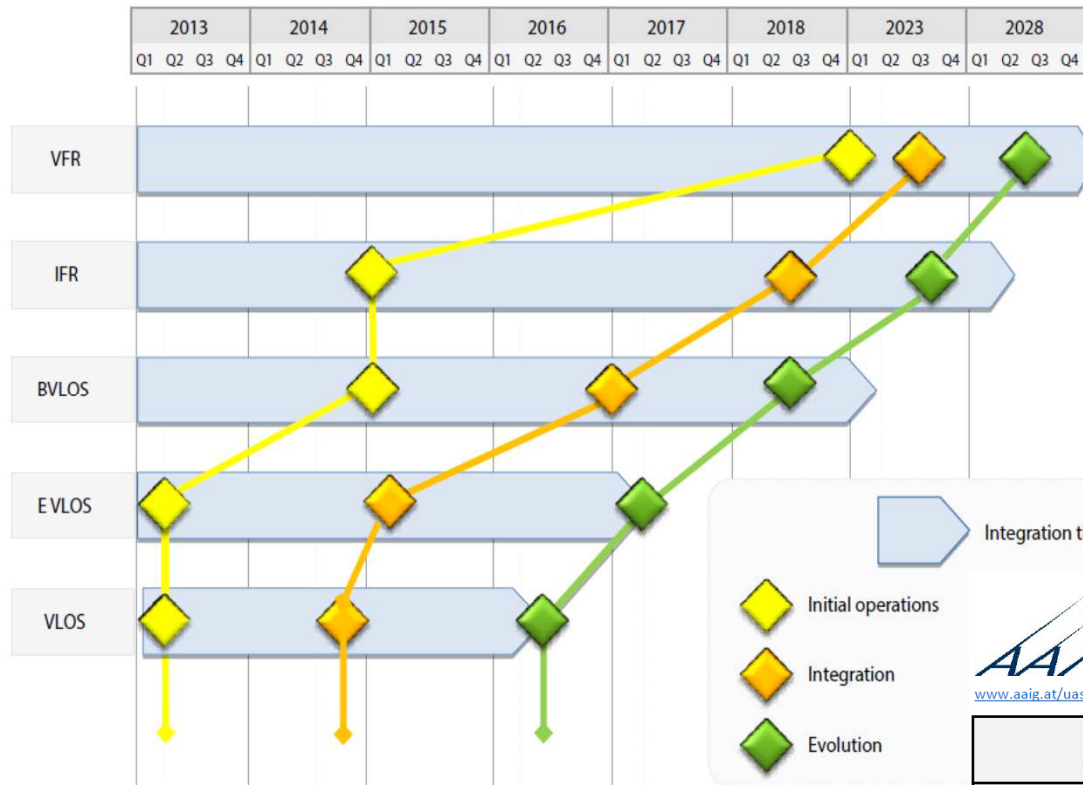
Betrachtete  
Konfiguration:



Strahlformung durch Interferenz von Einzel-Dipolen  
(Darstellung des Grundprinzips)

# Anwendungsfeld 3: Unbemannte Luftfahrzeuge

# Anwendungsfeld 3: Unbemannte Luftfahrzeuge




**Roadmap** for the integration of  
**civil Remotely-Piloted Aircraft Systems**  
into the European Aviation System

Final report from the European RPAS Steering Group

JUNE 2013

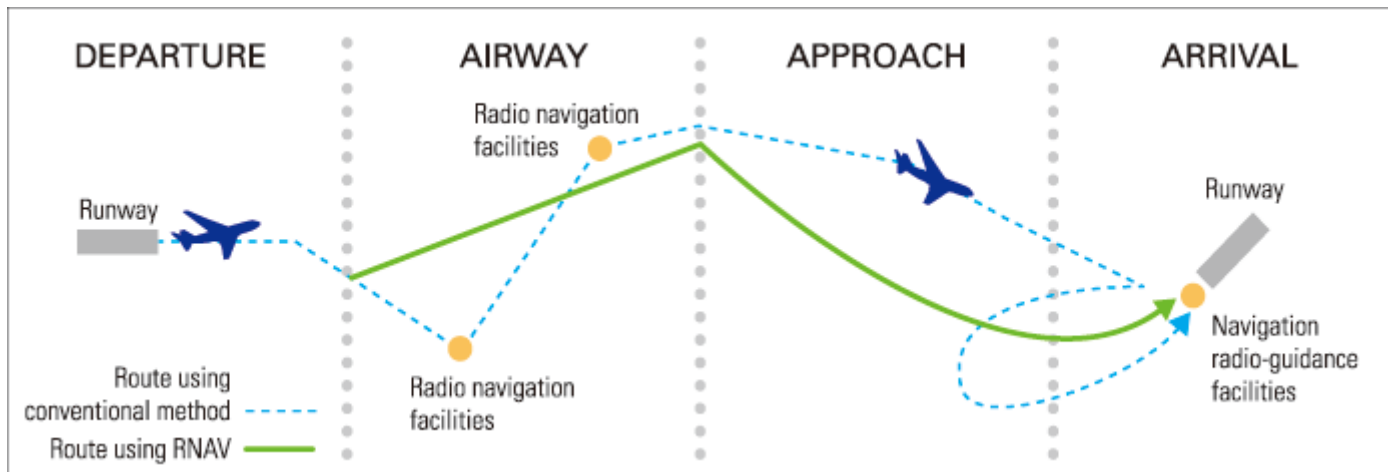
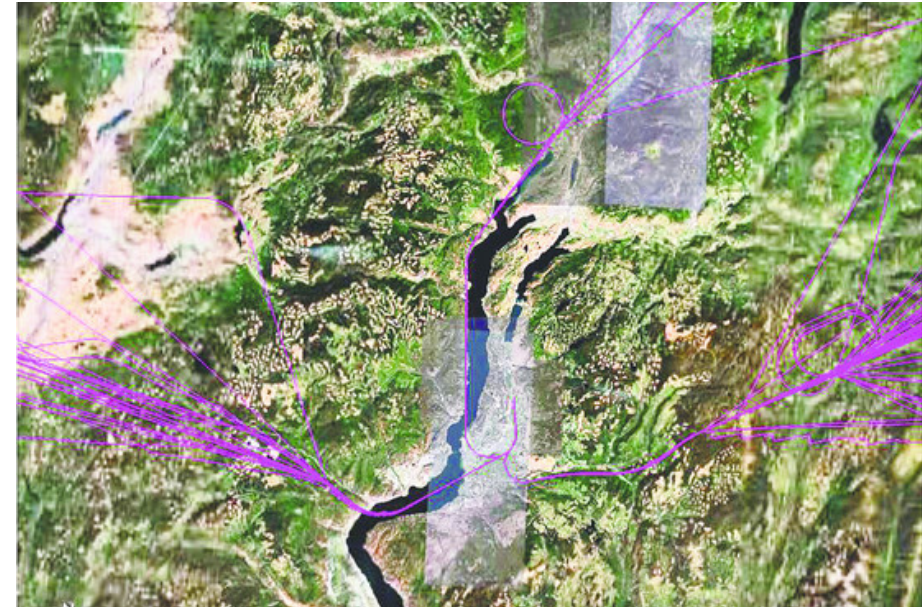
Integration timeline

- Initial operations
- Integration
- Evolution

  
[www.aajg.at/uas/](http://www.aajg.at/uas/)

Einsatzgebiete für UAS Klasse 1 (VLOS)				
	I unbebaut	II unbesiedelt	III besiedelt	IV dicht besiedelt
Betriebsmasse bis einschließlich 5 kg	A	A	B	C
Betriebsmasse bis einschließlich 25 kg	A	B	C	D
Betriebsmasse über 25 kg und bis einschließlich 150 kg	B	C	D	D

# Potenzial für SATNAV



Quelle:



# Potenzial europäischer Satellitennavigationssysteme in der zivilen Luftfahrt

FH-Prof. Dr. Holger Flühr  
Luftfahrt / Aviation, FH JOANNEUM Graz