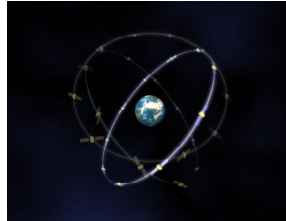


Galileo: das europäische Navigationssystem



John M. Dow

Head, Navigation Support Office

European Space Agency/ESOC, Darmstadt



Förderverein Geodätisches Informationszentrum Wettzell, 22. Sept. 2005
Galileo: das europäische Navigationssystem

1

Übersicht

- Die politische Dimension von Galileo
- Was Galileo alles anbieten soll
- Systemarchitektur
- Entwicklungsablauf
- Systemvalidierung
- Aussicht



Förderverein Geodätisches Informationszentrum Wettzell, 22. Sept. 2005
Galileo: das europäische Navigationssystem

2

Welche Nachteile hat GPS für Europa?

- GPS = Global Positioning System
- Ein Entwurf aus den siebziger Jahren
- Unter US Kontrolle (US Verteidigungsministerium, z.T. jetzt auch Verkehrsministerium)
- Primär für militärische Zwecke vorgesehen
- Keine „Integritätsnachrichten“
- Keine gewährleistete Dienste



Der Europäische Plan für Satellitennavigation

- EGNOS = European Geostationary Satellite Overlay System: ein ziviler Zusatz zu GPS über Europa
 - Verbesserte Genauigkeit und Integritätsnachrichten an Benutzer in und um Europa
 - Test Phase seit 2002, operationell ab 2006
 - Erweiterungspläne: Mittelmeerraum, Afrika
- Galileo: ein unabhängiges System von und für Europa - aber ein weltweites System



Welche besondere Möglichkeiten hat Galileo?

- Gewährleistete Dienste (“integrity flags”)
- Übertragung von Kommerziellen Diensten an Kunden
- Offener Dienst, frei verfügbar für jeden, der ein entsprechendes Empfangsgerät besitzt
- Bessere Genauigkeit als GPS
- Die Chance für Europa, an ein expandierendes Markt (GNSS) teilzunehmen: bis 2020 150 Mrd €

Galileo: Angebotene Dienste

Galileo Dienste , spezifiziert auf der Basis von Benutzer Anforderungen und technischer Machbarkeit:

- Offener Dienst (OS) für Lokalisierung, Geschwindigkeitsbestimmung und Zeitübertragung
- Kommerzielle Dienste (CS), die von Drittanbietern angeboten werden
- Zwei Öffentliche Dienste:
 - “Safety-of-life” (SoL) Dienst
 - Öffentlich Regulierter Dienst (Public Regulated Service PRS)
- “Search-and-Rescue” (SAR) Dienst

Anwendungsbereiche

- Safety of Life:
 - Luft-, Bahn-, Schiffverkehr
 - Verkehrsüberwachung
- PRS:
 - Krankenwagen, Polizei, Feuerwehr, ...
- Kommerzielle Dienste (CS)
 - LKW Flottenmanagement, Bankwesen, ...
- Massenanwendungen:
 - PKW-Navigation, Freizeit, ...
- Professionelle Anwendungen:
 - Öl-, Gassuche
 - Vermessung
 - Raumfahrt ...



Anwendungsbereiche

- Flugzeuge könnten präziser und schneller landen, auch bei schlechtem Wetter
- Staus und Unfallrisiko im überlasteten Straßennetz könnten besser überwacht und deutlich reduziert werden
- Der umfangreiche Bahn- und Schiffverkehr würde von sehr präziser Navigationsdaten profitieren
- Besonders wertvolle Frachten könnten in Echtzeit verfolgt werden





Galileo: eine strategische europäische Initiative

- Galileo ist eine gemeinsame Initiative der Europäischen Kommission und der Europäischen Weltraumorganisation ESA
 - Kommission verantwortlich für die politische Dimension und für die Missionsanforderungen (High-level Mission Requirements)
 - ESA für Definition, Entwicklung und Validierung der Raum- und Bodensegmente
- Galileo soll durch „Public Private Partnership“ (PPP) entwickelt und betrieben werden
- EC und ESA haben 2003 ein „Galileo Joint Undertaking“ (GJU) gegründet, dessen Hauptaufgabe es ist, den zukünftigen Systembetreiber zu ermitteln („Konzessionär“)
 - Angebote von 2 Konsortien 1.9.2004 und 25.1.2005
 - Empfehlung des EC Verkehrsrats
 - Vertragsverhandlungen 2005



Förderverein Geodätisches Informationszentrum Wettzell, 22. Sept. 2005
Galileo: das europäische Navigationssystem

9



Die (möglichen) Betreiber

- iNavSat Konsortium:
 - Inmarsat (GB)
 - Thales (F, D, GB)
 - EADS Space (D, F, GB)
 - Ca. 40 kleinere Unternehmen (Deutsche Bank als finanzieller Berater)
- Eurely Konsortium:
 - AENA (E)
 - Alcatel (F)
 - Finmeccanica (I)
 - Hispasat (E)
 - Ca. 40 kleinere Unternehmen
- Seit Frühjahr 2005, Zusammenschluss beider Konsortien



Förderverein Geodätisches Informationszentrum Wettzell, 22. Sept. 2005
Galileo: das europäische Navigationssystem

10

Zeitplan und Kosten

- Entwicklung und Validierung von 2 Testsatelliten, 4 operationellen Satelliten und entsprechendem Bodensegment (48 Monate), Kosten 1.5 Mrd €
- Produktion und Aufstellung der restlichen 26 Satelliten und Bodenelemente (24 Monate), Kosten 2.3 Mrd €
- Routine Operation und Instandhaltung (20 Jahre), 220 Mio €/J

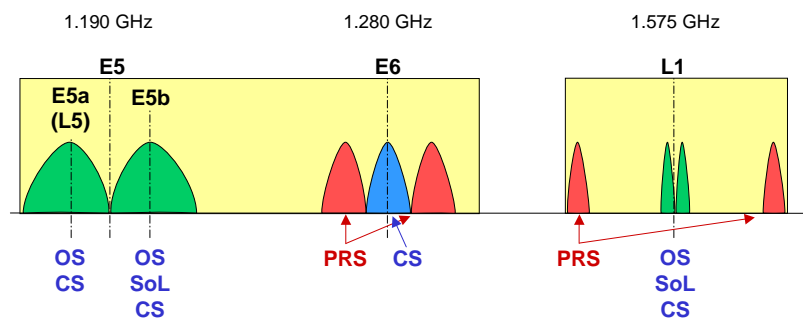
Galileo/GPS Kompatibilität/Interoperabilität

- Verbesserte Genauigkeit bzw. Zuverlässigkeit durch Kombinierung von Galileo mit anderen GNSS Komponenten (GPS, Glonass, "Augmentierungen" z.B. durch EGNOS und WAAS), für alle zivilen Anwendungen
- Unabhängigkeit der Systeme essentiell, um Zuverlässigkeit zu erhöhen
- Galileo Genauigkeit: wenige Meter, kann durch zusätzliche Regionale/Lokale Komponente bis cm Bereich verbessert werden

Anforderungen (z.B. Sicherheitskritischer Dienst, SoL)

- Genauigkeit (95%): 4 m horizontal, 8 m vertikal
- Warnung bei Überschreitung von 12 m (H), 20 m (V)
- Time-to-Alarm (Zeitverzögerung): 6 Sek.
- Integritätsrisiko: 1.5×10^{-7} / 150 Sek.
- Kontinuitätsrisiko: 8×10^{-6} / 15 Sek.
- Verfügbarkeit: 99.98%
- SoL Dienst wird zertifiziert, Betreiber trägt Verantwortung für Konsequenzen von Systemfehler

Galileo Frequenzplan



Not to scale



Woraus besteht die Galileo Systemarchitektur?

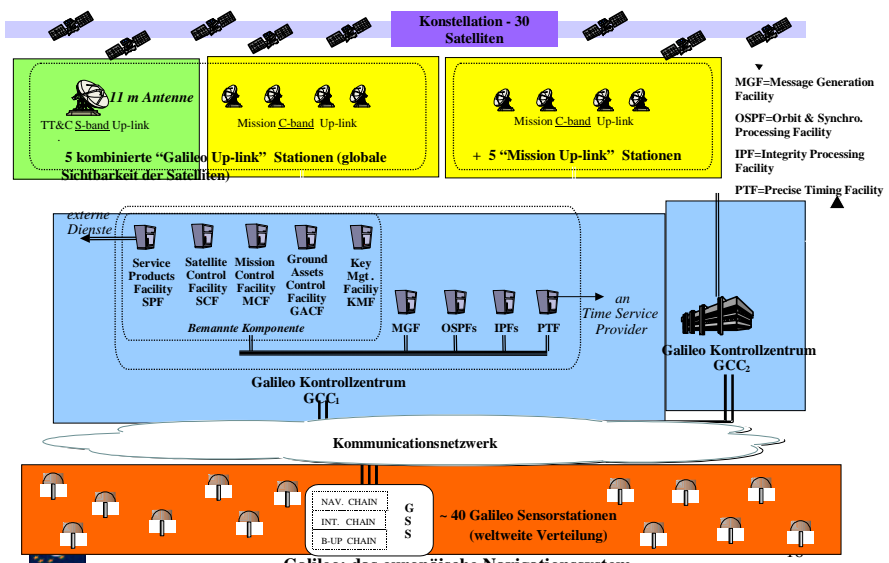


Förderverein Geodätisches Informationszentrum Wettzell, 22. Sept. 2005
Galileo: das europäische Navigationssystem

15



Das Galileo Kernsystem



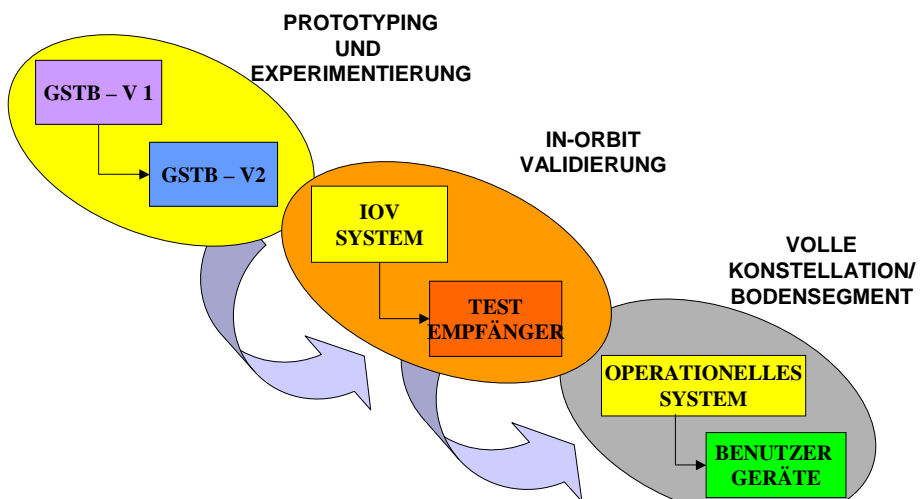
Galileo: das europäische Navigationssystem

esa Die GALILEO Satellitenkonstellation



Förderverein Geodätisches Informationszentrum Wettzell, 22. Sept. 2005 17
Galileo: das europäische Navigationssystem

esa GALILEO: Schritte zur Implementierung



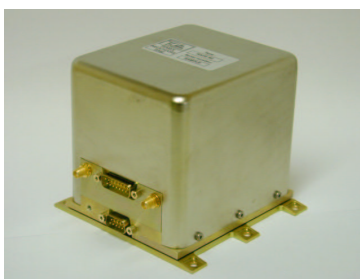
Förderverein Geodätisches Informationszentrum Wettzell, 22. Sept. 2005 18
Galileo: das europäische Navigationssystem

Was haben wir bis heute erreicht?

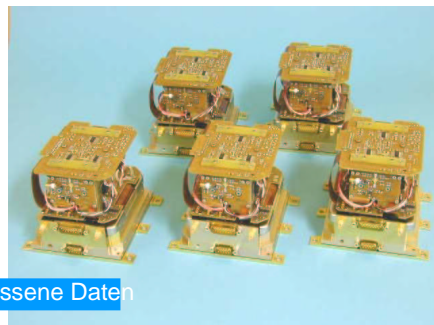
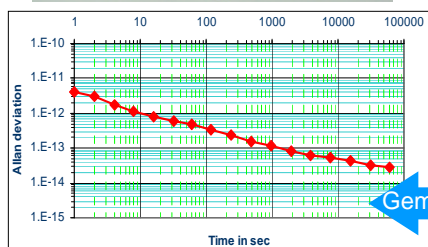
- Kritische technologische Entwicklungen abgeschlossen: insbesondere Atomuhren
- Zwei experimentelle Satelliten in Auftrag gegeben
- Aufträge für Trägerrakete
- Erster experimenteller Satellit soll Ende 2005/Anfang 2006 gestartet werden
- System zur Erprobung der Datenverarbeitungsalgorithmen ist entwickelt worden (Galileo System Test Bed GSTB-V1) und von April 2004 bis January 2005 operationell
- Die Entwicklung zur "In-orbit Validierung" gestartet



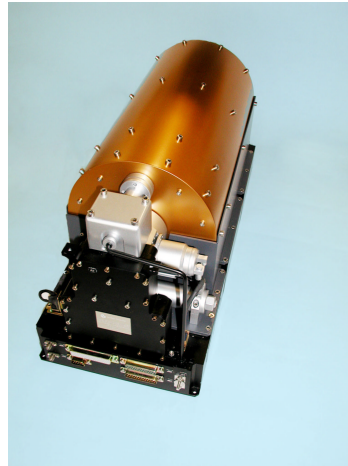
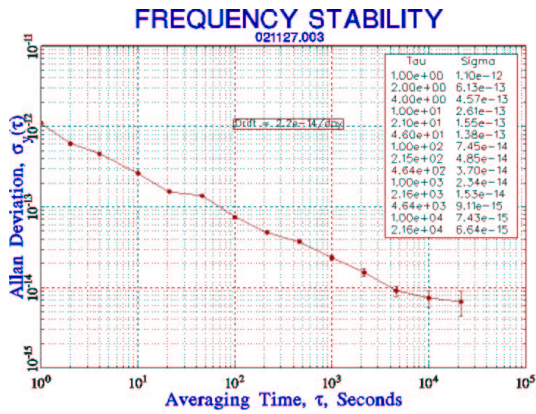

Rubidium Atomic Frequency Standard



- Masse und Volumen: 3.3 Kg and 2.4 L
- Stabilität: besser als 10 nsec pro Tag



H-maser Atomuhr



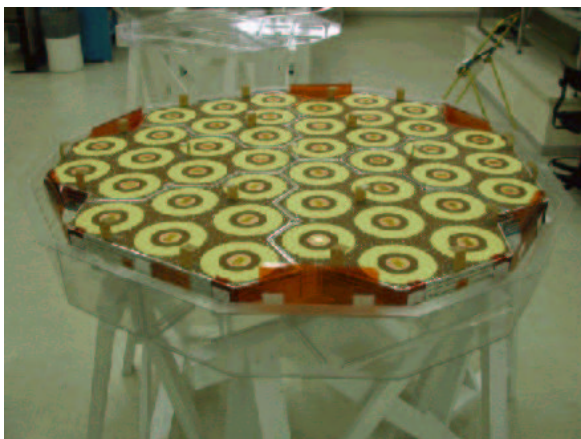
- Masse und Volumen: 18 Kg und 45 L
- Stabilität: besser als 1 nsec pro Tag



Förderverein Geodätisches Informationszentrum Wettzell, 22. Sept. 2005
Galileo: das europäische Navigationssystem

21

Navigationsantenne (am Satelliten)

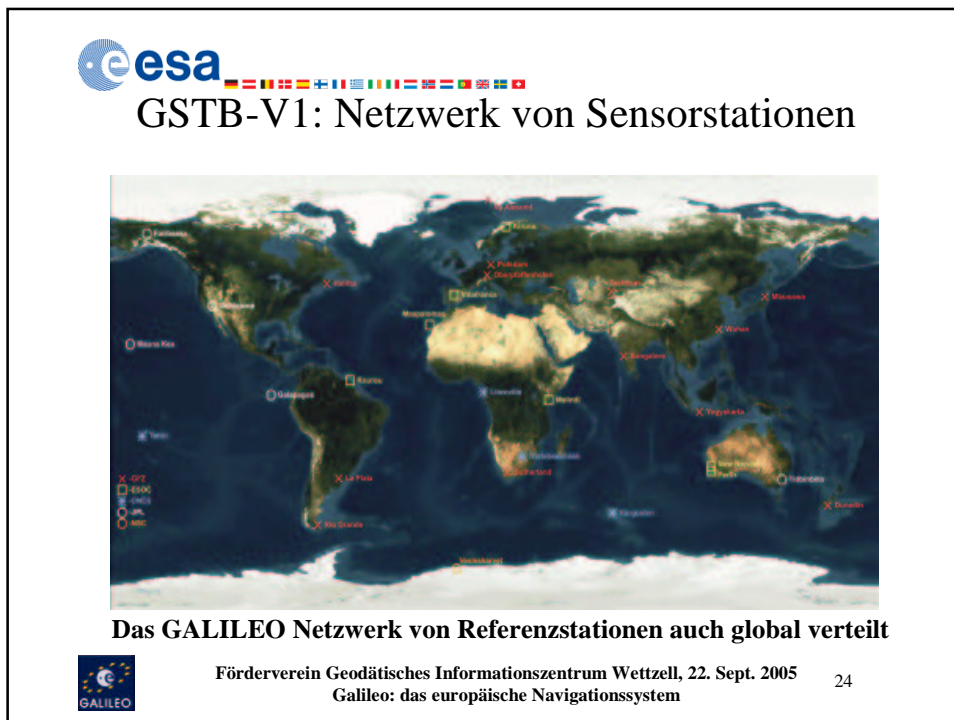
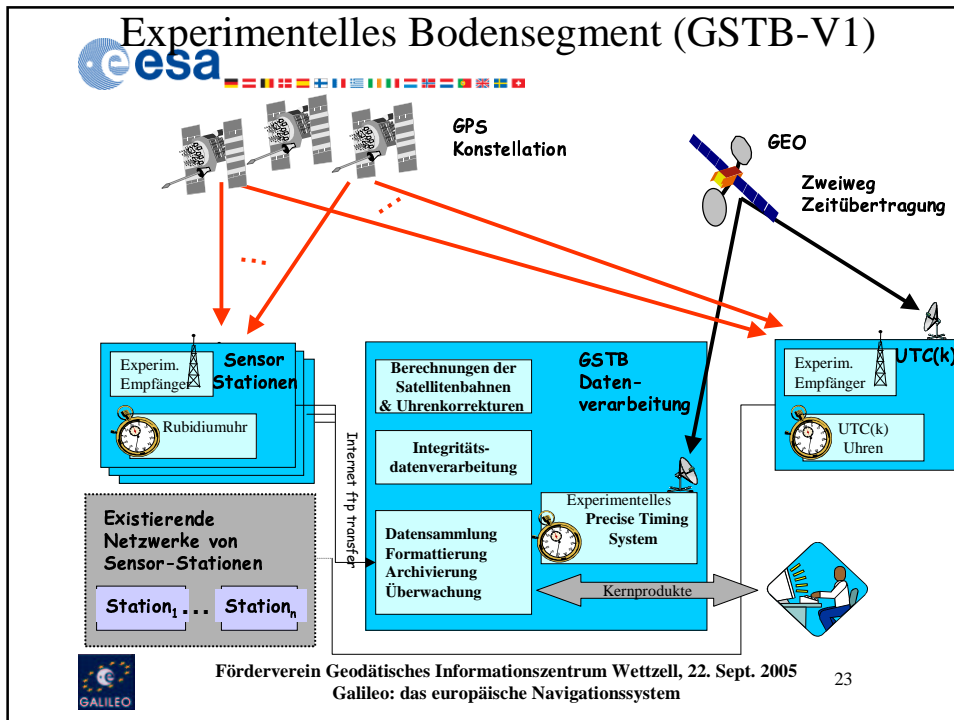


- Gleichmässige Signalstärke über den gesamten Sichtbarkeitsgebiet
- Hohe Leistungsfähigkeit über den gesamten Galileo Frequenzbereich



Förderverein Geodätisches Informationszentrum Wettzell, 22. Sept. 2005
Galileo: das europäische Navigationssystem

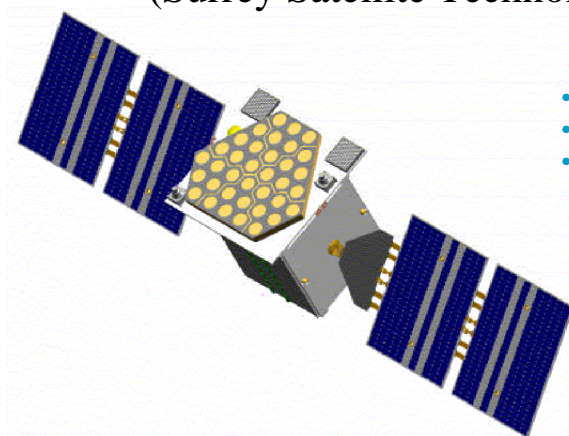
22



GALILEO Experimentelle Satelliten GSTB-V2

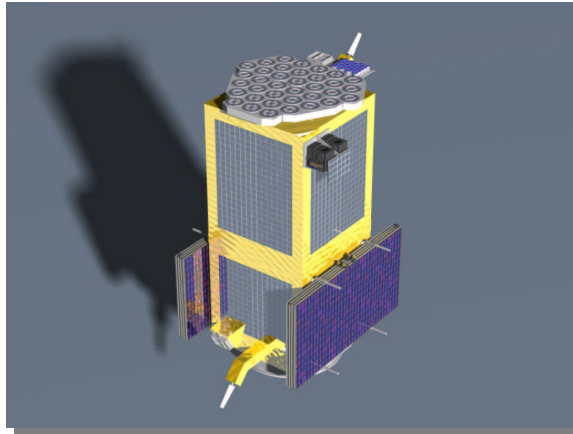
- Erster europäischer Navigationssatellit
- Erster europäischer Satellit in “MEO” (Mid-Earth Orbit) Umlaufbahn
- Galileo Frequenzen werden gesichert
- Die H-maser Atomuhr wird die stabilste Uhr, die je in den Weltraum gestartet wurde
- Start geplant für Ende 2005/Anfang 2006

GSTB-V2 A Satellit (Surrey Satellite Technology Ltd)



- Masse beim Start: 450 kg
- Stromleistung: 660 W
- Dimensionen beim Start:
1.3 m x 1.74 m x 1.4 m

GSTB-V2 B Satellit (Galileo Industries)



- Masse beim Start: 523 kg
- Stromleistung: 943 W
- Dimensionen beim Start:
0.955 m x 0.955 m x 2.4 m



Ziele der IOV Phase

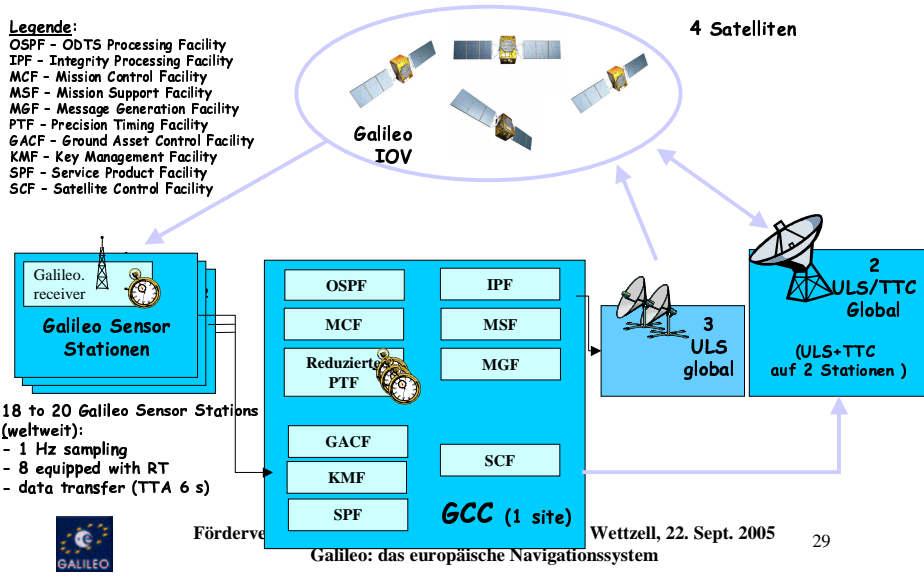
- Die Verifizierung aller Segmente (Raum-, Boden-, Benutzersegmente), insbesondere der Schnittstellen, vor Aufstellung des gesamten Systems
- Fehleranalyse der empfangenen Messdaten
- Analyse der Systemleistung, um nötige Verbesserungen rechtzeitig einführen zu können
- Verifizierung des Konzepts für das Netzwerk von Bodeninstallationen
- Verifizierung der Navigations- bzw. Integritätsverarbeitung
- Risikoreduzierung durch rechtzeitige Erkennung von Schwachstellen im geplanten System
- Verifizierung von operationellen Prozeduren



IOV Systemkonfiguration

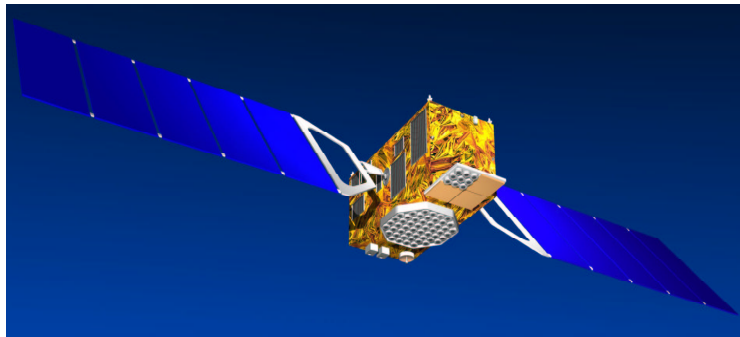
Legende:

- OSPf - ODTS Processing Facility
- IPF - Integrity Processing Facility
- MCF - Mission Control Facility
- MSF - Mission Support Facility
- MGF - Message Generation Facility
- PTF - Precision Timing Facility
- GACF - Ground Asset Control Facility
- KMF - Key Management Facility
- SPF - Service Product Facility
- SCF - Satellite Control Facility



Galileo IOV Satellit

- 680 Kg / 1.6 kW
- Dimensionen beim Start: 2.7 x 1.2 x 1.1 m³
- Optionen für Trägerrakete: Ariane, Proton, Soyuz, Zenit





Weitere Informationen

http://europa.eu.int/comm/dgs/energy_transport/galileo

<http://www.esa.int/navigation>

<http://www.galileoju.com>

Kontakt ESA/ESOC: Prof. Dr. John M. Dow, john.dow@esa.int



Förderverein Geodätisches Informationszentrum Wettzell, 22. Sept. 2005 31
Galileo: das europäische Navigationssystem