

GALILEO – ein europäisches Projekt von internationaler Bedeutung

Bärbel Deisting und Günter W. Hein

Zusammenfassung

Europa baut im Augenblick ein eigenes Satellitennavigationssystem mit dem Namen GALILEO auf, welches ausdrücklich für zivile Zwecke entwickelt wurde und zuverlässiger sein wird als das amerikanische GPS. Der Artikel beschreibt neben der Systemarchitektur, die darauf ausgerichtet ist, die GALILEO-Dienste bereit zu stellen, auch den aktuellen Stand zum Juni 2006. Ferner werden die institutionellen Zusammenhänge dargestellt und der Stand der existierenden Kooperationsvereinbarung mit Nicht-EU-Ländern (Juni 2006) beschrieben, die GALILEO zu einem globalen Satellitennavigationssystem machen.

Summary

Europe is presently building up its own global satellite navigation system called GALILEO, which is expressly designed for civil use. Several features indicate that it will be superior to the commonly used U.S. Global Positioning System (GPS). This article describes the architecture of the system, which was designed to be capable of providing the GALILEO services, and the current status of the project at the end of June 2006. In addition the institutional issues as well as the agreements concluded with non-EU countries (June 2006) are illustrated that will allow GALILEO to become a truly global satellite navigation system.

1 Einleitung

GALILEO ist das einzige Satellitenprojekt der Europäischen Union (EU). Die Entwicklung von GALILEO basiert auf der Kommunikation der Europäischen Kommission vom Februar 1999 (Europäische Kommission 1999). Ziel war es, einerseits Souveränität und Unabhängigkeit zu erreichen und andererseits ein System zu entwickeln, das den Anforderungen künftiger Nutzer hinsichtlich Genauigkeit, Verfügbarkeit, Integrität und Sicherheit genügt. Des Weiteren sollten Service-Garantien für spezifische Anwendungen berücksichtigt werden. Anders als GPS, das primär für militärische Zwecke mit zivilen Nebenverwendungen entwickelt worden ist, wurde GALILEO hauptsächlich für zivile Zwecke konzipiert. Das geplante Satellitensystem sollte ein offenes und globales System werden, welches mit GPS interoperabel ist. GALILEO wird in drei Phasen verwirklicht:

- Definition des Systems
- Entwicklung des Systems
- Einsatz und kommerzieller Betrieb.

Inzwischen ist die Definitionsphase, die 1999 mit einer Studie (Comparative System Study) begann, abgeschlossen. Eine Anzahl von umfassenden Studien hat zu dieser Phase beigetragen, welche in dem »High Level Definition Document« mündete. Dieses entstand im Rahmen eines Konsolidierungsprozesses, in den die Mitgliedsstaaten einbezogen wurden. Ein weiterer wichtiger Schritt war der Vorschlag der Europäischen Union im Juni 2001 ein gemeinsames Unternehmen mit dem Namen Galileo Joint Undertaking (GJU) zu gründen, welches für den Aufbau von GALILEO verantwortlich ist. Gründungsmitglieder des Galileo Joint Undertaking waren die Europäische Kommission und die Europäische Weltraumorganisation (ESA). Nach mehreren Verzögerungen, die sich vor allem wegen der Finanzierung des Systems und Fragen im Zusammenhang mit der industriellen Federführung ergaben, kam es im Frühjahr 2004 zu einer Einigung zwischen den Mitgliedsstaaten. Nach dieser Entscheidung und der Ernennung des Exekutivdirektors des GJU im Juni 2003 nahm das GJU, welches in der Entwicklungsphase der letzten drei Jahre die einzige Managementstruktur des Programms war, seine Arbeit auf.

2 Status

Der derzeitige Stand des GALILEO-Programms stellt sich wie folgt dar:

- Der erste GALILEO-Satellit GIOVE-A wurde gestartet und überträgt bereits GALILEO-Signale. Er erfüllte das Ziel, die zugewiesenen Frequenzen zu sichern.
- GIOVE-B, welcher die erste Wasserstoffmaser zu Testzwecken an Bord haben wird, startet Ende 2006.
- Die GNSS-Aufsichtsbehörde (GSA) wurde gegründet.
- Das GJU, welches für GALILEO verantwortlich ist, fungiert noch bis Ende 2006 und bereitet hoffentlich den Vertrag mit dem Konzessionär vor. Die Verhandlungen um die GALILEO Konzession sind Anfang 2006 in ein entscheidendes Stadium getreten.
- Der Vertrag über die sogenannte IOV (In-orbit-validation) Phase, die die Entwicklung und den Bau von vier Satelliten umfasst, wurde unterzeichnet.
- EGNOS ist in Betrieb.
- Die Regelungen bezüglich des Zugangs zum öffentlich regulierten Service (Public Regulated Service, PRS) werden z. Z. verhandelt.
- Die Projektfinanzierung ist noch in der Diskussion; die genauen Beträge hängen von den Regelungen ab, die in den Verhandlungen über die Konzession festgelegt werden.

3 GIOVE Missionen

Während der Entwicklungsphase wurden zwei Satelliten (GIOVE-A und GIOVE-B) gebaut. Ziel dieser experimentellen Satelliten ist neben der Sicherung der Frequenzen,



Abb. 1: Start von GIOVE-A

die von der Internationalen Fernmeldeunion (ITU) zugewiesen worden sind, das Strahlungsumfeld der für die GALILEO Konstellation geplanten Umlaufbahnen zu charakterisieren, sowie die Erprobung kritisch neuer Technologien, z.B. Atomuhren. Der erste Satellit GIOVE-A (GALILEO In Orbit Validation Element) wurde von der britischen Firma Surrey Satellite Technology Ltd. (SSTL) hergestellt. Dieser 600 Kilogramm schwere Satellit wurde im Juni 2005 an die ESA ausgeliefert und am 28. Dezember 2005 mit einer Soyuz-Rakete vom Kosmodrom Baikonur gestartet (Europäische Kommission 2005b).

Am 10. Januar 2006 begann das SSTL-Missionskontrollzentrum mit der Nutzlastertprobung, am 12. Januar 2006 wurde der Empfang der ersten GALILEO Navigationssignale gemeldet. GIOVE-A überträgt die GALILEO Testsignale auf zwei unterschiedlichen Frequenzbändern. Er hat eine Größe von $1,3 \times 1,8 \times 1,65 \text{ m}^3$ und eine Leistungsaufnahme von 700 W. An Bord von GIOVE-A gibt es zwei redundante Rubidium-Uhren; diese wurden von Temex Neuchatel Time in der Schweiz gebaut. Jede von ihnen hat eine Stabilität von 10 ns pro Tag. GIOVE-A verfügt über zwei Signalgeneratoren und eine L-Band Antenne, welche von Alcatel Alenia Space, Italien, entwickelt wurde. Mit heutigem Stand (Juli 2006) kann festgestellt werden, dass GIOVE-A seine Hauptaufgaben, die Sicherung der durch die ITU zugewiesenen Frequenzen und die Durchführung der notwendigen Tests, erfolgreich erfüllt hat.

Der Start des zweiten GALILEO Satelliten GIOVE-B ist entsprechend derzeitiger ESA Planung (Juli 2006) für November 2006 vorgesehen. GIOVE-B wird von Galileo Industries gebaut. Er besitzt eine Größe von $0,96 \times 0,96 \times 2,4 \text{ m}^3$, eine Masse von 523 Kilogramm und eine Leistungsaufnahme von 943 Watt. GIOVE-B wird gegenüber GIOVE-A verbesserte Signalübertragungshardware und die neu entwickelte Wasserstoffmaser an Bord haben.

4 Der Konzessionsprozess

GALILEO wird über einen Konzessionsvertrag als Teil eines Public Private Partnership (PPP) betrieben; dadurch wird eine Finanzierung des Projekts durch öffentliche und private Mittel ermöglicht. Im Oktober 2003 begann die Auswahl des Konzessionärs für das europäische Satellitennavigationssystem GALILEO mit einer ersten Ausschreibung. Der Auswahlprozess für den Konzessionär bestand aus zwei Phasen, einer Vorauswahl und der Verhandlung mit den Wettbewerbern. Die GALILEO Konzession umfasst die Errichtungsphase, die für 2006/2007 geplant war, und die Betriebsphase. Für die Errichtungsphase ist der Start von dreißig Satelliten sowie der Aufbau

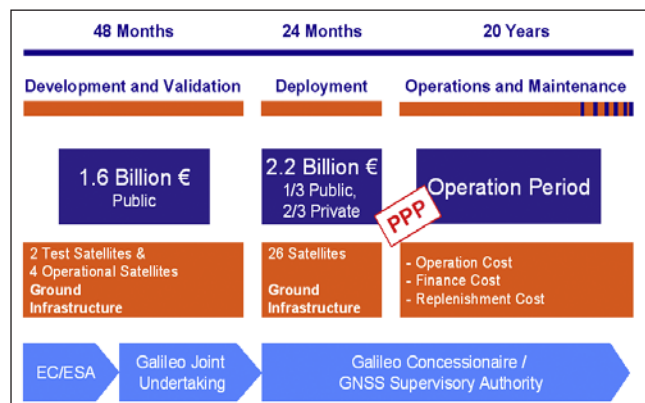


Abb. 2: Überblick über die verschiedenen GALILEO Phasen und die Zuständigkeiten im GALILEO Programm

der Bodenstationen vorgesehen. Einen Überblick über die Phasen und die Zuständigkeiten liefert Abb. 2.

Der Konzessionsvertrag überträgt dem Konzessionär die Aufgabe, die genannten Phasen nach Maßgabe streng vorgegebener Spezifikationen zu organisieren (Europäische Kommission 2004a).

Die Aufgaben des Konzessionärs sind:

- Entwicklung der funktionsfähigen Satelliten und der Boden-Infrastruktur,
- Betrieb des Systems,
- Erzeugung von Einnahmen,
- Wartung und Ergänzung des Systems (Tjaden 2006)

Drei Firmenkonsortien wurden im Februar 2004 ausgewählt, an der zweiten Phase teilzunehmen. Zu den drei Konsortien gehörten das iNavSat Konsortium, bestehend aus EADS, Inmarsat Ventures und Thales, das Eutelsat Konsortium, bestehend aus den Unternehmen Eutelsat, Hispasat, LogicaCMG und AENA, und ein Konsortium, das insbesondere aus Vinci Concessions, Alcatel Participations und Finmeccanica bestand.

Eutelsat trat zurück, und so befanden sich nur noch zwei Konsortien im Auswahlverfahren: Eurely, bestehend aus Alcatel, Finmeccanica, AENA und Hispasat, sowie das iNavSat Konsortium. Im März 2005 teilte das GJU mit, dass es beide Angebote in gleicher Behandlung, Fairness

und Transparenz unter dem vorrangigen Gesichtspunkt des besten wirtschaftlichen Nutzens für die Öffentlichkeit ausgewertet habe und dass es beide Konsortien für parallele Verhandlungen über den Konzessionsvertrag (GJU 2005) einladen würde. Daraufhin teilten die beiden Kon-



Abb. 3: Fusioniertes Konsortium für die GALILEO Konzession

sortien im Mai 2005 mit, dass sie sich zusammenschließen wollten. Infolgedessen unterbreiteten sie im Juni 2005 ein gemeinsames Angebot, das vom GJU für abschließende Verhandlungen angenommen wurde. Abb. 3 gibt einen Überblick über das fusionierte Konsortium.

Im Oktober 2005 unterbreitete das fusionierte Konsortium ein gemeinsames Angebot, und am 5. Dezember 2005 wurde die Vereinbarung zwischen den Partnern der zukünftigen GALILEO Konzession in Brüssel unterzeichnet. Die Vereinbarung umfasst folgende Kernpunkte (Sassen 2006):

- Hauptsitz des GALILEO Konzessionärs ist Toulouse, Frankreich
- Hauptsitz der GALILEO Betreibergesellschaft ist London, England
- GALILEO Kontrollzentren sind in Oberpfaffenhofen, Deutschland und in Fucino, Italien.
- Performance Evaluation Centres sind in Oberpfaffenhofen und Fucino.
- Safety of Life Centre und GALILEO Control Segment sind in Spanien.
- DLR GSOC ist Hauptauftragnehmer für die Arbeiten der In-Orbit-Validation (IOV) Phase.

Ein sehr wichtiger Schritt war Anfang 2006 die Grundsatzerklärung zwischen dem GJU und dem fusionierten Konsortium, welche folgende Punkte enthielt:

- intensive Verhandlungen im Zweiwochenrhythmus
- Übereinstimmung über Kernelemente des Projektes in Grundzügen (abhängig von ausführlicheren weiteren Verhandlungen)
- Beschreibung der Anforderungen an Finanzvolumen und Finanzierbarkeit auf Grundlage des gemeinsamen Angebots vom Oktober 2005
- Anerkennung der grundlegenden Bedeutung des Übergangs von der IOV-Phase zur Konzessionsphase (Sassen 2006)

Der Abschluss des Konzessionsvertrags wird für 2007 erwartet.

5 Zuständigkeiten bei GALILEO

In ihrem Zwischenbericht legte die EC fest, dass das GJU seine Arbeit bis Ende dieses Jahres (2006) beenden sollte. Ferner schlug die Kommission vor, die Tätigkeiten des GJU auf die Europäische GNSS-Aufsichtsbehörde (GNSS Supervisory Authority – GSA) zu übertragen; diese wurde durch Beschluss des Europarats im Juli 2004 gegründet. Die Hauptaufgaben der GSA bestehen in der Vertretung der öffentlichen Interessen, die mit den GNSS Programmen der EU in Zusammenhang stehen, sowie in der Funktion als Regulierungs- und Aufsichtsbehörde für den Konzessionsvertrag. Daher ist die GSA mit allen Angelegenheiten betraut, die sich beziehen auf

- das Recht, die für den Betrieb erforderlichen Frequenzen zu nutzen,
- die Zertifizierung der Systemkomponenten sowie
- alle Sicherheitsaspekte des Systems.

Des Weiteren ist die GSA Konzessionsgeberin gegenüber dem Konzessionär und überwacht, dass der Konzessionsvertrag eingehalten wird. Zu ihren Aufgaben gehört auch die Kontrolle der Mittel, die für die Programme der europäischen Satellitennavigation bereitgestellt werden. Zukünftig wird sie die EC in Bereichen, die mit der Satellitennavigation zusammenhängen, unterstützen.

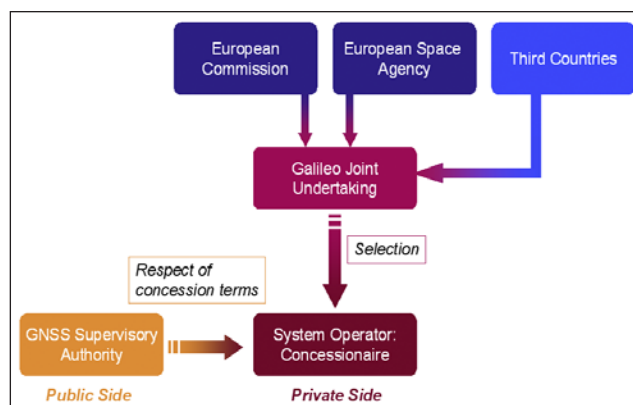


Abb. 4: Zuständigkeiten im GALILEO Programm

Abb. 4 stellt die Zuständigkeiten der beteiligten Organisationen im GALILEO-Programm dar.

6 Architektur

Die Haupteigenschaften der GALILEO-Systemarchitektur können wie folgt zusammengefasst werden:

- Unabhängigkeit von anderen Satellitennavigationssystemen
- Interoperabel mit GPS
- Dienstkonzept (offen, kommerziell, sicherheitskritisch, reguliert)
- Implementierung eines Integrity Dienstes (in Europa/ außerhalb Europas)

- Unabhängigkeit des Integrity Dienstes vom GALILEO Kontrollsystem (GCS)
- Unterstützung des Such- und Rettungsdienstes (SAR)
- Weltweite Ortung und Zeitverteilung auf Grundlage einer globalen Konstellation
- Regionale Komponenten (Monitorstationen und Up-Link Stationen)
- Integration mit regionalen Systemen (z.B. EGNOS)
- Integration mit lokalen (Differential- usw.) Systemen
- Kompatibel mit künftigen Mobilfunknetzen (UMTS)

Das wesentliche Merkmal von GALILEO im Vergleich zu GPS besteht in der Implementierung eines globalen (und regionalen) Segments zur Überwachung der Integrität. Zielsetzung ist die Unterstützung der sicherheitskritischen Navigation der Luftfahrt (Landeanflug CAT I) sowie der Ortung und Führung von Zügen im schienengebundenen Landverkehr (Train Control) (Hein und Pany 2002).

6.1 Raumsegment

Das GALILEO Raumsegment besteht aus 30 MEO (Mean Earth Orbit) Satelliten – 27 aktiven und 3 Reservesatelliten in einer Höhe von ca. 23.616 Kilometern, die über drei Bahnebenen verteilt sind. Falls ein Satellit ausfällt,

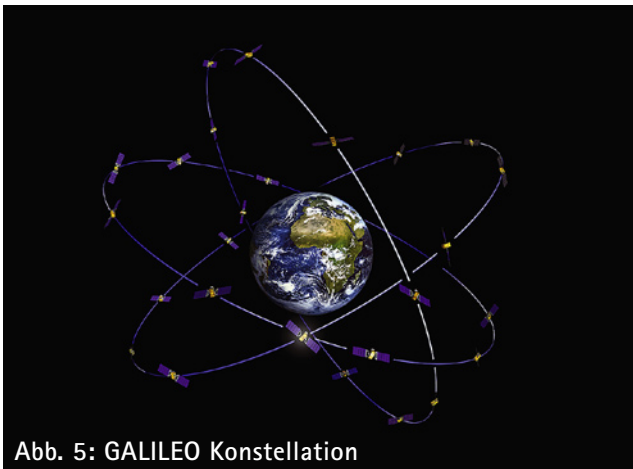


Abb. 5: GALILEO Konstellation

sind die Ersatzsatelliten der jeweiligen Ebene in der Lage, auf jede der anderen Satellitenpositionen innerhalb ihrer Ebene verschoben zu werden, um den ausgefallenen zu ersetzen. Diese Konstellation wird Walker-27/3/1 Konstellation genannt. Bei einer Fortbewegung entlang dreier kreisförmigen Bahnen mit einer Neigung von 56 Grad und einer Umlaufzeit von ca. 14 Stunden und 22 Minuten kann eine weltweite Abdeckung sichergestellt werden.

Der 3-achsig stabilisiert Satellit besitzt eine Größe von ca. $2,7 \times 1,2 \times 1,1 \text{ m}^3$, eine Masse von 700 Kilogramm, eine Navigationsnutzlast von 70 bis 80 Kilogramm und eine Leistungsaufnahme von 780 W, welche von zwei Solarpanelen geliefert wird. Die Satelliten tragen zwei Nutzlasten: eine Navigations- und eine SAR Nutzlast. Sie besteht aus:

- Atomuhren: zwei Rubidiumstandards (5×10^{-13} über 100s) und zwei Wasserstoffmaser $4,9 \times 10^{-15}$ über 10.000s),
- dem Signalgenerator mit Rechneinheit, um unterschiedliche Typen von Signalen zu erzeugen,
- dem Frequenzgenerator,
- dem Endverstärker (Solid State Power Amplifier),
- den Antennen.

6.2 Bodensegment

Das GALILEO Bodensegment wird zwei redundante GALILEO Kontrollzentren (GCC) enthalten, nach derzeitiger Planung wird sich eines in Deutschland, das andere in Italien befinden. Sie werden bestehen aus

- einer Orbit Synchronization und Processing Facility (OSPF),
 - einer Precision Timing Facility (PTF),
 - einer Integrity Processing Facility (IPF),
 - einer Mission Control Facility (MCF),
 - einer Satellite Control Facility (SCF) und
 - einer Services Product Facility (SPF)
- und sind für die Kontrolle der Satellitenkonstellation, die Verarbeitung des Integritätssignals, die Synchronisation der Atomuhren an Bord der Satelliten sowie die gesamte Datenverarbeitung aller internen und externen Elemente verantwortlich.

Die Datenübertragung zwischen den GCCs und den Satelliten erfolgt durch ein globales Netzwerk von GALILEO Up-Link Stationen (GUS). Jede von ihnen enthält eine Telemetrie-, Telekommunikations- und Tracking-Station (TT&C) sowie eine Mission Up-Link Station (MUS). Weitere MUS ergänzen die globalen Uplink-Fähigkeiten (EC Website).

6.3 Nutzersegment

Das GALILEO Nutzersegment setzt sich, vergleichbar zu GPS, aus allen Anwendern zu Wasser, auf dem Land sowie in der Luft und dem Weltraum zusammen. Das Nutzersegment umfasst z.B. Empfängertechnologien, lokale Elemente, Zusatzdienste, die die GALILEO Signale mit Kommunikationsanwendungen, digitalen Karten, anderen Funktionen und weiteren Anwendungen kombinieren. Jedes Nutzersegment hat seine eigenen charakteristischen Anforderungen; das Dienstkonzept von GALILEO wurde so entworfen, dass diesen entsprochen werden kann.

7 GALILEO Dienste und Frequenzen

Die GALILEO Dienste wurden konzipiert, um eine Vielzahl von Nutzeranforderungen zu erfüllen, etwa die von

Tab. 1: Anforderungen an die GALILEO Dienste

GALILEO Global Services	Open Service	Commercial Service	Safety of Life Service	Public Regulated Service
Coverage	Global	Global	Global	Global
Positioning Accuracy (Horiz, 2 dRMS, 95%) (Vert, 95%)	15 m or 24 m H – 35 m V (single frequency) 4 m H – 8 m V (dual frequency)		4 m H – 8 m V (Einzelfrequenz)	15 m or 24 m H – 35 m V (single frequency) 6,5 m H – 12 m V (dual frequency)
Timing Accuracy (95%)	30 ns	30 ns	30 ns	30 ns
Integrity Alert Limit	None	None	12 m H – 20 m V 6 s	20 m H – 35 m V 10 s
Time to Alert			3,5 × 10 ⁻⁷ / 150 s	3,5 × 10 ⁻⁷ / 150 s
Integrity Risk				
Continuity Risk			1 × 10 ⁻⁵ / 15 s	1 × 10 ⁻⁵ / 15 s
Service Availability	99,5 %	99,5 %	99,5 %	99,5 %
Zugangskontrolle	Free Open Access	Controlled Access of Ranging Codes and Navigation Data Message	Authentication of integrity information in the Navigation Data Message	Controlled Access of Ranging Codes and Navigation Data Message
Certification and Service Guarantees	None	Guarantee of Service possible	Build for Certification and Guarantee of Service	Build for Certification and Guarantee of Service

Wissenschaftlern, des Massenmarkts, professioneller Nutzer sowie sicherheitskritischer und öffentlich regulierter Einsatzgebiete. Daher liefern sie die Grundlage für ein weites Feld möglicher Anwendungen. Die Europäische Kommission beabsichtigt, vier Dienste sowie den Such- und Rettungsdienst (Search and Rescue Service, SAR) zur Verfügung zu stellen, die weltweit und unabhängig von anderen Satellitennavigationssystemen angeboten werden. Diese Dienste sind

- der Offene Dienst (Open Service, OS),
- der Sicherheitskritische Dienst (Safety-of-Life, SoL),
- der Kommerzielle Dienst (Commercial Service, CS),
- der Öffentlich Regulierte Dienst (Public Regulated Service, PRS) und
- der Such- und Rettungsdienst (Search and Rescue Service, SAR).

Die Anforderungen an die GALILEO Dienste werden in Tab. 1 dargelegt.

Offener Dienst – OS

Der OS ist frei von direkten Kosten und liefert Positions-, Geschwindigkeits- und Zeitangaben. Er ist mit dem zivilen GPS C/A Code vergleichbar. Die Unterschiede zu GPS sind die höhere Genauigkeit und die Verfügbarkeit von GALILEO. Der OS ist für Anwendungen des Massenmarkts, z.B. Fahrzeugnavigation, und für die Integration in Mobiltelefone geeignet, und wird zu anderen GNSS interoperabel sein. Die OS Daten werden auf den Trägerfrequenzen E5a, E5b und E2-L1-E1 übertragen und sind für alle Nutzer zugänglich.

Sicherheitskritischer Dienst – SoL

Der Sicherheitskritische Dienst ist für sicherheitskritische Anwendungen bestimmt, z.B. See- und Luftfahrt, deren Anwendungen bestimmte Leistungs- und Sicherheitsniveaus erfordern. Er wird weltweit angeboten und wird die gleiche Genauigkeit und Zeitangaben wie der OS liefern, aber darüber hinaus wird er Daten zur Integrität bereitstellen, was sein Hauptmerkmal ist. Außerdem wird es für regionale Dienstleister möglich sein, die Integrität der Signale in ihrer Region zu überwachen und Daten zur regionalen Integrität über die GALILEO-Satelliten zu übertragen.

Dieser (zertifizierte) Dienst wird unverschlüsselt angeboten und das System wird die Fähigkeit haben, die Echtheit der empfangenen GALILEO Signale zu überprüfen, damit die Nutzer sicher sein können, dass die empfangenen Signale die sind, die von GALILEO ausgesandt wurden. Des Weiteren erlaubt er dem Nutzer, zu überprüfen, ob die übertragenen Informationen korrekt sind. Zusätzlich zur Signalauthentifizierung beinhaltet der SoL Dienst die Überwachung der Signalintegrität, wobei eine zeitnahe Warnung an die Nutzer übermittelt wird, wenn der sichere Gebrauch der SoL Signale nicht entsprechend den Spezifikationen garantiert werden kann. SoL Daten werden auf L1 und E5b zur Verfügung gestellt und beinhalten vor allem Integritäts- und die sogenannte Signal-in-Space-Accuracy- (SISA) Daten.

Kommerzieller Dienst – CS

Im Unterschied zum OS ist der CS für kommerzielle und professionelle Nutzer gedacht, die eine höhere Genauigkeit und Integrität benötigen. Er erlaubt die Entwicklung

professioneller Anwendungen mit höherer Navigationsleistung und zusätzlichen Daten. Die GOC, die für Entwicklung, Finanzierung und Betrieb dieses Systems verantwortlich ist, wird das Leistungsniveau und die Dienstgarantien festlegen, die sie anbieten kann. Der OS wird voraussichtlich nach dem Prinzip Gebühr pro Dienstleistung arbeiten. Es wird einen kontrollierten Zugang für Mehrwertdienstleister und Endanwender geben, die für einen Dienst zahlen müssen, der vom GALILEO Betreiber garantiert wird. CS-Daten werden auf E5b, E6 und E2-L1-E1 übertragen.

Öffentlich Regulierter Dienst – PRS

GALILEO umfasst auch einen robusten Dienst mit Zugangskontrolle. Dieser wird nur den von der Regierung autorisierten Nutzern angeboten, die ein größeres Maß an Schutz (Interferenz oder Störung) gegen Bedrohungen, denen die GALILEO Signale ausgesetzt sind, benötigen, als andere Dienste. Er ist auf eindeutig bestimmte Kategorien von Nutzern beschränkt, wie beispielsweise Polizei und Zoll. Die PRS-Signale werden verschlüsselt und der Zugang zu diesem Dienst wird durch von den Regierungen genehmigte Schlüsselverwaltungssysteme kontrolliert. PRS-Daten werden auf E6 und L1 Trägerfrequenzen übertragen.

Such- und Rettungsdienst (SAR)

Europas Beitrag zum internationalen COSPAS-SARSAT ist eine Unterstützung des Such- und Rettungsservice (SAR), die helfen wird, das vorhandene System zu verbessern. Der SAR wird ein zertifizierter Dienst sein, der in Echtzeit Notrufe weiterleitet, um die Position der Hilfeanforderung zu ermitteln. Die GALILEO Satellitenkonstellation wird mit Transpondern ausgerüstet, die es ermöglichen, das von Notsignalsendern empfangene Signal an SAR Organisationen weiterzuleiten. COSPAS-SARSAT Kontrollzentren (MCC) ermitteln die Position des ausgestrahlten Notrufsenders. Das System ist in der Lage, dem Anwender die Bestätigung der stattfindenden Maßnahmen zuzuleiten. Diese Bestätigung wird durch die GALILEO Navigationssignale übermittelt.

Einen Überblick über die GALILEO Dienste und den Signalplan liefert Tab. 2.

Tab. 2: Signalplan

	L1F	L1P	E6C	E6P	E5a	E5b
Channels	Data and pilot	-	Data and pilot	-	Data and pilot	Data and pilot
Encryption	None for codes and navigation data, encryption of commercial data	Encryption of codes and data	Encryption of codes and data	Encryption of codes and data	No encryption of codes and data	None for codes and navigation data, encryption of commercial data
Services	OS, CS and SOL	PRS	CS	PRS	OS	OS, CS and SOL
Data rate [sps]	125	-	500	-	25	125

8 GPS und GALILEO

Ein wichtiger Schritt in Richtung zur weltweiten Nutzung von GALILEO war der Abschluss von Verhandlungen zwischen der EU und den USA im Juni 2004. Mehr als vier Jahre Verhandlungen endeten in einem Abkommen zu GALILEO und GPS, welches von der Vizepräsidentin der Kommission Loyola de Palacio und US-Außenminister Colin Powell unterzeichnet wurde. Dieses betrifft die Förderung, die Bereitstellung und die Nutzung der beiden Satellitennavigationssysteme und damit zusammenhängender Anwendungen. Die Bestimmungen dieser Vereinbarung ermöglichen einen parallelen Betrieb beider Systeme, ohne die Störung der Signale des jeweils anderen Systems und damit eine Interoperabilität zwischen GPS und GALILEO. Vizepräsidentin Loyola de Palacio sagte: »Dank diesem Abkommen kann das europäische Projekt GALILEO Standards für die zivile und kommerzielle Nutzung der Satellitennavigation setzen. Es wird allen Nutzern das bestmögliche Dienstniveau bieten« (Europäische Kommission 2004b). Der Nutzer wird von den kombinierten Verwendungsmöglichkeiten von GALILEO und GPS profitieren. GNSS erzielt eine höhere Gesamtleistung, eine höhere Unempfindlichkeit gegen Störungen und eine höhere Sicherheit der Dienste. GALILEO wird meist eine bessere

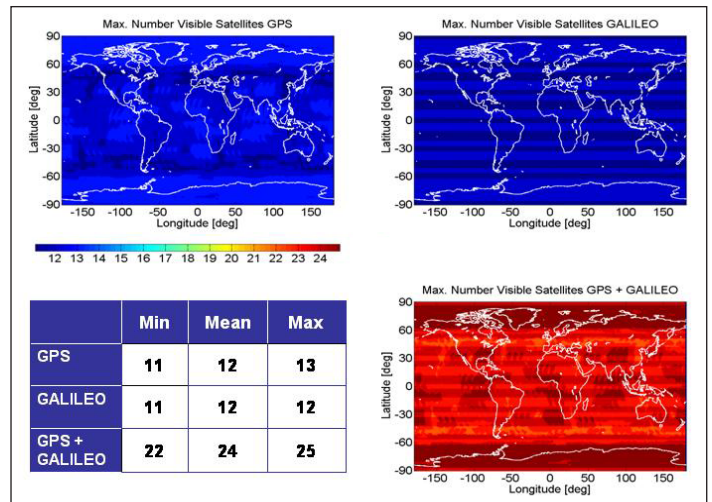


Abb. 6: Maximale Zahl sichtbarer Satelliten für GALILEO und GPS

Leistung als GPS bringen, aber die kombinierte Nutzung beider führt zu einem entscheidenden Vorteil an Leistung – meistens mehr als 50%. Abb. 6 gibt einen Überblick über die Zahl der sichtbaren Satelliten, bei einer Nutzung von GPS oder GALILEO oder einer kombinierten Nutzung.

9 Kooperationen

Bereits im Jahr 2000 stellte die Europäische Kommission fest, dass internationale Zusammenarbeit ein wesentlicher Bestandteil des GALILEO-Programms ist, da es für die weltweite Nutzung konzipiert wurde (Europäische Kommission 2000). Mittlerweile haben viele Nicht-EU-Länder ihr Interesse an einer Mitarbeit bekundet, was zu zahlreichen Vereinbarungen wie auch zum bereits erwähnten Abkommen mit den USA führte. 2003 wurde eine Vereinbarung mit China geschlossen, an die sich eine Übereinkunft in Beijing im Oktober 2004 anschloss, wodurch das NRSCC (National Remote Sensing Centre of China) Mitglied des GJU wird. China hat sich verpflichtet, 200 Mio. Euro zum GALILEO Programm beizutragen und wird sich in der Entwicklungsphase mit eigenen technischen Beiträgen beteiligen. Im Juli 2004 wurde ein Abkommen zwischen der Europäischen Union und Israel unterzeichnet, an den sich eine Vereinbarung im September 2005 anschloss, wodurch MATIMOP – das israelische Industriezentrum für R&D – Mitglied des GJU wird. Israel wird sich ebenso wie China an der Entwicklungsphase des GALILEO Programms mit eigenen technischen Beiträgen beteiligen.

Nachdem der Europarat die Empfehlung der Europäischen Kommission angenommen hat, Verhandlungen mit der Ukraine aufzunehmen, wurden 2005 ein Abkommen unterzeichnet. Verhandlungen mit Südkorea, die Ende Mai 2005 begonnen hatten, führten Anfang 2006 zum Abschluss einer Vereinbarung. In der Zwischenzeit hat das Interesse an einer Mitarbeit an GALILEO weiter zugenommen. So bekräftigten lateinamerikanische Länder ihr Interesse an einer Zusammenarbeit bereits 2004; 2005 wurden Beratungen mit Brasilien, Argentinien und Chile sowie mit Mexiko aufgenommen. Verhandlungen zwischen der EU und Indien wurden im September 2005 mit der Unterzeichnung eines Abkommens abgeschlossen, welches die Verfügbarkeit von GALILEO Diensten höchster Qualität und die gemeinsame Erarbeitung regionaler Erweiterungssysteme auf Grundlage von GALILEO und EGNOS gewährleistet (Europäische Kommission 2005a).

Norwegen nimmt durch seine Mitgliedschaft in der ESA bereits am GALILEO Programm teil. Verhandlungen mit Norwegen (kein Mitglied der EU), die im Herbst 2005 begannen, zielen darauf ab, Norwegen auch am politischen Management von GALILEO zu beteiligen. Marokko war das erste afrikanische Land, das ein Abkommen mit der EU über das GALILEO Programm paraphierte. Diese Vereinbarung bietet auch eine gute Gelegenheit, GALILEO in der westlichen Mittelmeerregion zu etablieren.

Durch die Vereinbarungen und Verträge sowie die neuen Mitglieder des GJU wird GALILEO wirklich zu einem weltweiten Satellitennavigationssystem.

10 Ausblick

GALILEO wird viele neue Möglichkeiten bieten, darunter 3 (4) Frequenzen (L1, E6, E5a, E5b), mehr Messungen und mehr Satelliten. Es hat das Potential für eine höhere Genauigkeit als GPS, eine bessere Geometrie und Verfügbarkeit in städtischen Gebieten, sowie die Integrität und die Signal in Space Accuracy (SISA). Dennoch wird es zukünftig für den Nutzer nicht um eine Entscheidung zwischen GALILEO und GPS gehen, sondern um die beste Lösung, diese ist: GALILEO und GPS. Durch das EU-US-Abkommen ist die Interoperabilität garantiert. Künftige Empfänger werden zweifellos immer kombinierte Empfänger sein. Die volle Konstellation von GALILEO wird ca. 2010/11 verfügbar sein. Bis zu diesem Zeitpunkt können Nutzer Tests in der deutschen GALILEO-Test-Umgebung durchführen: GATE wird Anfang 2007 funktionsfähig sein. GATE ist eine bodengebundene, realistische Testumgebung im Bereich von Berchtesgaden (südliches Bayern), die GALILEO-ähnliche Signale von terrestrischen Sendern überträgt (Heinrichs und Löhnert und Wittmann 2006).

Literatur

- European Commission: Galileo Involving Europe in a new Generation of Satellite Navigation Services. COM (1999) 54 final, Brussels, 1999.
- European Commission: Press Release, IP/04/172, Brussels, 2004a.
- European Commission: Press Release, IP/04/805, Brussels, 2004b.
- European Commission, Press Release, IP/05/1105, Brussels, 2005a.
- European Commission: Press Release, IP/05/1712, Brussels, 2005b.
- European Commission: Press Release IP/06/744, Brussels, 2006.
- Europäische Kommission: Mitteilung der Kommission an das Europäische Parlament und den Rat über Galileo. KOM (2000) 750, Brüssel, 2000.
- GJU – Galileo Joint Undertaking: Press Release, GJU/05/5313/HPM, Brussels, 2005.
- Hein, G.W., Pany, T.: Architecture and Signal Design of the European Satellite Navigation System Galileo. *Journal of Global Positioning Systems* (2002) Vol. 1, No. 2: 73–84, December 2002.
- Heinrichs, G., Löhnert E., Wittmann, E.: Current status and first results of GATE – The German Test and Development Environment. ENC 2006, May 2006.
- Sassen, S.: Galileo Concession and Current Status. Galileo Infotag, Bonn, 2006.
- Tjaden, J.: GALILEO Information Workshop. Munich, 2006.
- EC Website: http://ec.europa.eu/dgs/energy_transport/galileo/index.htm
- Photos: ESA
- Anschrift der Autoren**
Dipl.-Math. Bärbel Deisting | Prof. Dr.-Ing. Günter W. Hein
Institut für Erdmessung und Navigation
Universität der Bundeswehr München
85577 Neubiberg
baerbel.deisting@unibw.de | guenter.hein@unibw.de

Übersetzung: Wißner-Verlag, Augsburg