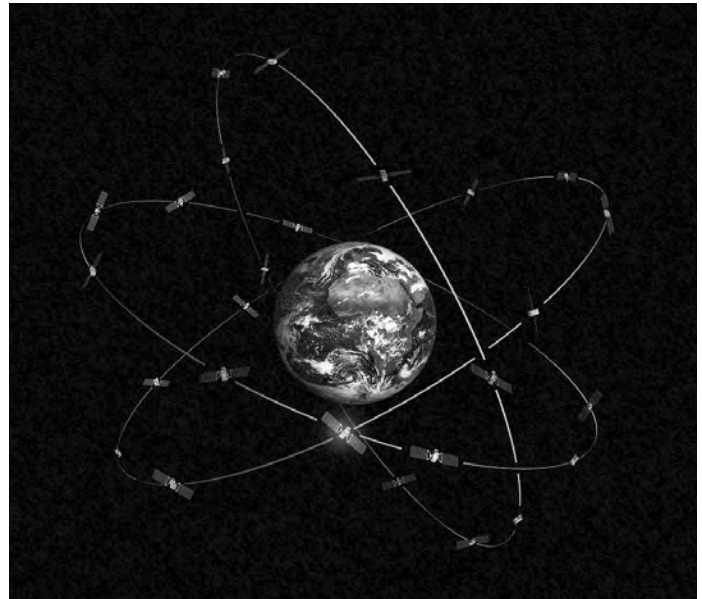


Galileo - Das europäische Satelliten-Navigationsystem

GALILEO stellt Europas Initiative der Entwicklung eines modernen weltweiten Satellitennavigationssystems dar, das einen sehr präzisen, garantierten, weltweiten Positionsbestimmungsdienst bereitstellen und unter ziviler Kontrolle steht wird. Während **GALILEO** eigenständige Navigations- und Positionsbestimmungsdienste anbietet, ist es zugleich mit **GPS** und **GLONASS**, den beiden anderen weltweit operierenden Satellitennavigationssystemen, interoperabel. Der Nutzer kann mit demselben Empfänger eine Positionsbestimmung von jedem Satelliten, in jeder Kombination durchführen. Durch die Standardnutzung dualer Frequenzen wird **GALILEO** in Echtzeit Positionsbestimmungen liefern, deren Genauigkeit sich im Meterbereich befindet. Eine solche Leistung wurde bisher bei öffentlich zugänglichen Systemen nicht erreicht. Die Verfügbarkeit des Dienstes wird unter allen, selbst extrem schwierigen Bedingungen garantiert und der Kunde wird innerhalb von Sekunden über eventuelle Störungen eines Satelliten unterrichtet. Dieses wird **GALILEO** für sicherheitskritische Anwendungen wie im Zugverkehr, der Steuerung von Personenkraftwagen und der Landung von Flugzeugen einsatzfähig machen. Der Einsatz von



Das Galileo-Satellitensystem. Grafik: ESA.

GALILEO zusammen mit anderen GNSS (Globales Satellitennavigationssystem) Systemen wird weltweit den verschiedensten Benutzergruppen deutlich verbesserte Leistung zur Verfügung stellen. Das komplette **GALILEO** System wird aus 30 Satelliten und der dazu gehörenden Bodeninfrastruktur bestehen. **GALILEO** soll von 2008 an betriebsbereit sein.

Galileo ist eine gemeinsame Initiative der Europäischen Union (EU) und der Europäischen Weltraumorganisation (European Space Agency = ESA). Die Finanzierung wird 50:50 zwischen den beiden Organisationen aufgeteilt werden. Zusätzlich wird es eine starke privatwirtschaftliche Komponente geben, um die großen Summen aufbringen zu können.

Mit diesem Projekt stellen sich die ESA und die Europäische Kommission der außergewöhnlichen Herausforderung, Europa auf dem strategischen Gebiet der Satellitennavigation, das eine Vielfalt von wirtschaftlichen

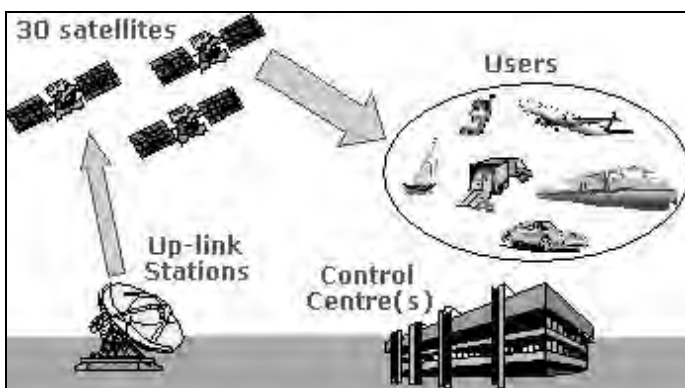
Möglichkeiten bietet, unabhängig zu machen. Ungeachtet dieser Zielsetzung gibt es aber zahlreiche Initiativen, Gespräche und Abkommen mit anderen Partnern, insbesondere mit den USA und Rußland, den Betreibern von **GPS** und **GLONASS**, um mit Hilfe von Kooperationen noch mehr Vorteile für alle Beteiligten zu erreichen.

Die Aufgabe der Europäischen Union

Die EU ist zuständig für die politische Dimension und die grundlegenden Missionskriterien. Dazu gehören auch Studien über die Gesamtarchitektur, die wirtschaftlichen Vorteile und die Anforderungen der Benutzer.

Die Aufgabe der ESA

Kurzfristig, d.h. noch im Rahmen der Entwicklungs- und Validierungsphase, ist die ESA für den im September 2005 geplanten Start eines ersten Versuchssatelliten zuständig. Dieser Start dient einem doppelten Zweck, nämlich zu gewährleisten, daß die bei der Internationalen Fernmeldeunion (ITU) für das Galileo-System angemeldeten Frequenzen erhalten bleiben - sie würden im Juni 2006 verfallen -, und neue Technologien im All zu erproben. Um die Risiken so gering wie möglich zu halten, sollen bis Anfang Juli dieses Jahres zwei Industrieaufträge für den Bau von zwei unterschiedlichen Satelliten vergeben



Die Architektur von Galileo. Grafik: ESA.

werden. Anschließend werden im Zeitraum 2006-2007 drei oder vier Satelliten zur orbitalen Validierung des Galileo-Systems gestartet.

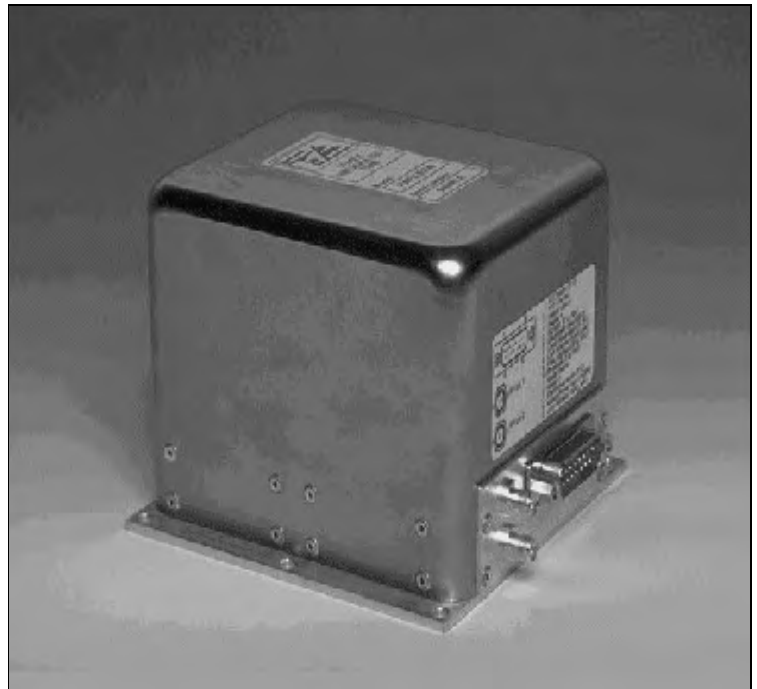
Das „Gemeinsame Unternehmen Galileo“

Zum Start des gesamten Prozesses wurde das „Gemeinsame Unternehmen Galileo“ gegründet. Gründungspartner sind EU und ESA. Im Juni 2003 wurde der Deutsche Rainer Grohe zum Direktor ernannt und damit die erste Etappe zur Verwirklichung dieses Projektes eingeleitet. Hauptaufgabe des Unternehmens ist die Vorbereitung der Errichtungs- und Betriebsphase des Programms und die Auswahl der künftigen Galileo-Betreibergesellschaft. Dieses privatwirtschaftliche Unternehmen wird an die Stelle des Gemeinsamen Unternehmens Galileo treten, um die Errichtung der Konstellation im All und der notwendigen Infrastruktur am Boden abzuschließen, und danach die Verantwortung für den weiteren Betrieb zu übernehmen.

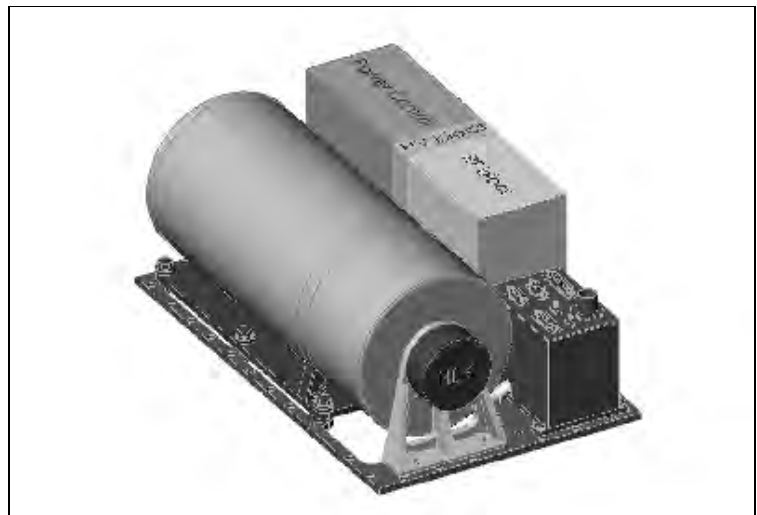
Das technische System von Galileo

Das Galileo-System wird insgesamt 30 Satelliten (27 aktive und 3 Reservesatelliten) umfassen, die die Erde auf drei verschiedenen Kreisbahnen in 23.616 km Höhe mit einer Neigung von 56° zum Äquator umlaufen und damit eine ausgezeichnete Abdeckung unseres Planeten gewährleisten werden. Mit Hilfe des Satellitennetzes werden Signale bis zu 75° Nord zur Verfügung gestellt, das heißt bis zum Nordkap bzw. darüber hinaus. Durch die große Anzahl von Satelliten, einer optimalen Planung der Konstellationen und der Verfügbarkeit von drei aktiven Reservesatelliten wird auch der Ausfall eines Satelliten keinen merkbaren Effekt für den Benutzer haben. Die Satelliten werden voraussichtlich von der Ariane-5- oder der Sojus-Rakete gestartet werden, wobei bei der Ariane acht Stück davon gleichzeitig unter der Nutzlastverkleidung Platz finden. Ihre Masse wird etwa 700 Kilogramm pro Stück betragen und Sonnensegeln werden sie mit jeweils 1500 Watt elektrischer Energie versorgen. Sie werden eine Lebensdauer von etwa fünfzehn Jahren besitzen, dann ist der mitgeführte Treibstoff für die Lageregelung verbraucht.

Die Galileo-Satelliten werden mit je vier Schweizer Atomuhren, zwei Rubinium-Uhren und passiven Wasserstoff-Chronometern ausgestattet, die das permanent ausgesandte gleichmäßiges Funksignal takten. Dieses Signal ist auf die milliardste Sekunde genau und kommt etwa mit Lichtgeschwindigkeit auf der Erde beim Empfänger an. Dabei haben die Funkwellen unterschiedlich lange Wege zurückzulegen, abhängig vom Standort des Satelliten und des Empfängers. Aus der dadurch bedingten Zeitverschiebung zwischen den Signalen verschiedener Satelliten kann der Empfänger dann die Position genau errechnen. Dabei müssen sogar relativist-



Die Rubinium-Atomuhr für die Galileo-Satelliten. Foto: ESA.



Der Wasserstoff-Chronometer der Galileo-Satelliten. Grafik: ESA.

ische Effekte aufgrund der in der Erdumlaufbahn befindlichen Uhren ausgeglichen werden. Dies funktioniert im Prinzip sehr ähnlich wie beim amerikanischen GPS-System.

Zwei Kontrollzentren („Galileo Control Centres“ = GCC) werden für die Kontrolle der Satelliten und für die Ausführung des Navigations-Missions-Managements verantwortlich sein. Die Daten der Satelliten werden durch ein globales Netzwerk von zwanzig „Galileo Sensor Stations“ (GSS) empfangen und durch ein redundantes Kommunikationsnetzwerk zu den Kontrollzentren übermittelt. Dort wird die Integrität der Satellitensignale überwacht und die Zeitsignale der Satelliten mit den Uhren der Bodenstationen synchronisiert. Der Datenaustausch wird mit Hilfe von fünfzehn sogenannten Up-Link-Stationen abgewickelt. Diese werden rund um den Globus installiert und im S-Band bzw. im C-Band arbeiten.

Als ein weiteres Service wird Galileo eine weltweite Such- und Rette-Funktion (Search- und Rescue = SAR) aufweisen, basierend auf dem bereits laufenden Cospas-Sarsat System. Dazu wird jeder Satellit mit einem Transponder ausgestattet, der diese Not-Signale zu den entsprechenden Rettungszentren übermitteln kann. Gleichzeitig wird der Sender des Notsignals darüber informiert, daß sein Signal empfangen wurde und Hilfe unterwegs ist. Diese letzte Funktion ist neu und stellt eine erhebliche Verbesserung des existierenden Systemes dar, das derzeit noch keine Rückmeldung für den Nutzer bietet.

Die GALILEO-Dienste

- offener Dienst (Open Service, OS) – kostenlos für Massenmarkt-Anwendungen;
- sicherheitskritischer Dienst (Safety-of-Life Service, SoL) – weltweit hohe Integrität bei sicherheitskritischen Anwendungen;
- kommerzieller Dienst (Commercial Service, CS) – kostenpflichtige Mehrwertdienste mit höheren Leistungen;
- öffentlicher regulierter Dienst (Public Regulated Service, PRS) – robuster Dienst für Regierungsanwendungen mit Zugangskontrolle;
- Such- und Rettungsdienst (Search and Rescue Service, SAR) – Europas Beitrag zu den gemeinsamen internationalen Bemühungen im Bereich der humanitären Such- und Rettungsdienste.

Der Nutzen von Galileo

Abgesehen von dem politischen Ziel, zum GPS-System eine globale Alternative bereitzustellen, die nicht unter militärischer Kontrolle ist, beinhaltet Galileo technologische und kommerzielle Neuerungen. Galileo ist dafür ausgelegt, den Anforderungen verschiedenster Anwendungen gerecht zu werden, von denen der Verkehr die wichtigste Rolle spielt.

Die Nutzer in allen **Verkehrsbereichen** (Luftfahrt, Seeverkehr, Straße und Schiene) werden in ihren spezifischen Bedürfnissen durch Galileo unterstützt; sogar die Fußgänger werden davon profitieren, etwa durch tragbare oder im Handy integrierte Galileo-Empfänger. Die technologische Spitzenleistung, die Galileo zugrunde liegt, wird fortgeschrittene Dienstleistungen ermöglichen, insbesondere aufgrund einer größeren Genauigkeit, einer



Anwendungsmöglichkeiten von Galileo. Grafik: ESA.

garantierten Dienstleistung, der Verfügbarkeit in hohen Breitengraden und Straßenschluchten, der größeren Robustheit der Infrastruktur und der Redundanz von standort- und zeitbezogenen Daten.

Im **industriellen Bereich** wird Galileo zahlreiche Tätigkeiten unterstützen, vor allem Hoch- und Tiefbau und die Stadtentwicklung, wo es ein effizientes Vermessungsinstrument darstellt.

Ferner wird das System zahlreiche Möglichkeiten für Verbesserungen in **Landwirtschaft** und Fischerei, im **Bergbau** und bei der Erdöl- und Erdgasförderung sowie für **Not-, Such- und Rettungsdienste** beinhalten.

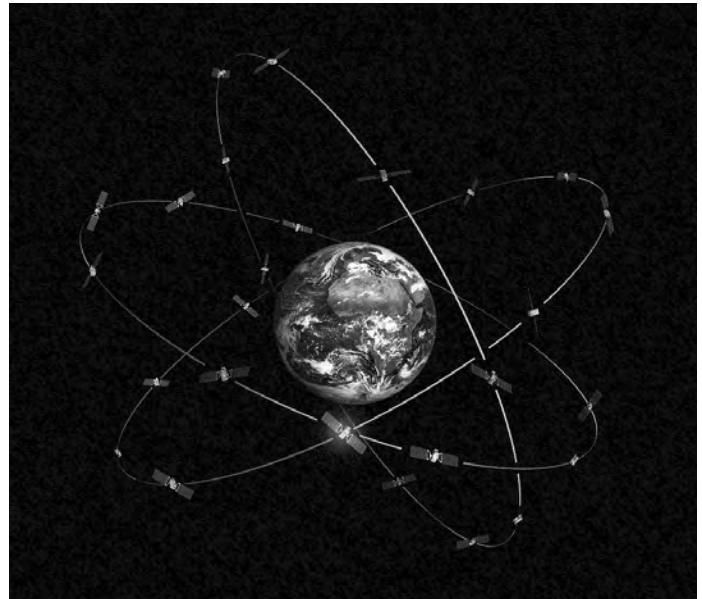
Auch der **öffentliche Bereich** wird von Galileo profitieren. Das Signal für dieses „Public Regulated Service“ (PRS) ist besonders stark und wird verschlüsselt abgestrahlt, sodaß es weder gestört noch von Unberechtigten genutzt werden kann. Neben den Sicherheitsdiensten und sonstigen öffentlichen Bereichen wird dieses Signal höchstwahrscheinlich auch für militärische Anwendungen der europäischen Armeen Verwendung finden und diese von den USA unabhängiger machen.

Galileo wird aber zusätzlich zu den unmittelbaren Nutzen durch die genauere Positionsbestimmung auch zu wichtigen **technologischen Innovationen** und wirtschaftlichen Impulsen auf diesen Gebieten führen.

Wirtschaftlichkeit und Rentabilität

Galileo - Das europäische Satelliten-Navigationsystem

GALILEO stellt Europas Initiative der Entwicklung eines modernen weltweiten Satellitennavigationssystems dar, das einen sehr präzisen, garantierten, weltweiten Positionsbestimmungsdienst bereitstellen und unter ziviler Kontrolle steht wird. Während **GALILEO** eigenständige Navigations- und Positionsbestimmungsdienste anbietet, ist es zugleich mit **GPS** und **GLONASS**, den beiden anderen weltweit operierenden Satellitennavigationssystemen, interoperabel. Der Nutzer kann mit demselben Empfänger eine Positionsbestimmung von jedem Satelliten, in jeder Kombination durchführen. Durch die Standardnutzung dualer Frequenzen wird **GALILEO** in Echtzeit Positionsbestimmungen liefern, deren Genauigkeit sich im Meterbereich befindet. Eine solche Leistung wurde bisher bei öffentlich zugänglichen Systemen nicht erreicht. Die Verfügbarkeit des Dienstes wird unter allen, selbst extrem schwierigen Bedingungen garantiert und der Kunde wird innerhalb von Sekunden über eventuelle Störungen eines Satelliten unterrichtet. Dieses wird **GALILEO** für sicherheitskritische Anwendungen wie im Zugverkehr, der Steuerung von Personenkraftwagen und der Landung von Flugzeugen einsatzfähig machen. Der Einsatz von



Das Galileo-Satellitensystem. Grafik: ESA.

GALILEO zusammen mit anderen GNSS (Globales Satellitennavigationssystem) Systemen wird weltweit den verschiedensten Benutzergruppen deutlich verbesserte Leistung zur Verfügung stellen. Das komplette **GALILEO** System wird aus 30 Satelliten und der dazu gehörenden Bodeninfrastruktur bestehen. **GALILEO** soll von 2008 an betriebsbereit sein.

Galileo ist eine gemeinsame Initiative der Europäischen Union (EU) und der Europäischen Weltraumorganisation (European Space Agency = ESA). Die Finanzierung wird 50:50 zwischen den beiden Organisationen aufgeteilt werden. Zusätzlich wird es eine starke privatwirtschaftliche Komponente geben, um die großen Summen aufbringen zu können.

Mit diesem Projekt stellen sich die ESA und die Europäische Kommission der außergewöhnlichen Herausforderung, Europa auf dem strategischen Gebiet der Satellitennavigation, das eine Vielfalt von wirtschaftlichen

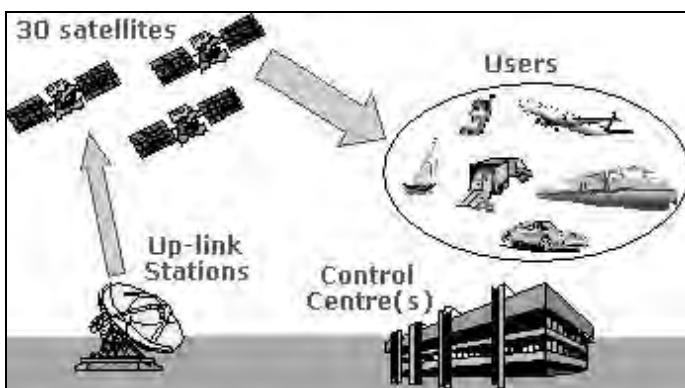
Möglichkeiten bietet, unabhängig zu machen. Ungeachtet dieser Zielsetzung gibt es aber zahlreiche Initiativen, Gespräche und Abkommen mit anderen Partnern, insbesondere mit den USA und Rußland, den Betreibern von **GPS** und **GLONASS**, um mit Hilfe von Kooperationen noch mehr Vorteile für alle Beteiligten zu erreichen.

Die Aufgabe der Europäischen Union

Die EU ist zuständig für die politische Dimension und die grundlegenden Missionskriterien. Dazu gehören auch Studien über die Gesamtarchitektur, die wirtschaftlichen Vorteile und die Anforderungen der Benutzer.

Die Aufgabe der ESA

Kurzfristig, d.h. noch im Rahmen der Entwicklungs- und Validierungsphase, ist die ESA für den im September 2005 geplanten Start eines ersten Versuchssatelliten zuständig. Dieser Start dient einem doppelten Zweck, nämlich zu gewährleisten, daß die bei der Internationalen Fernmeldeunion (ITU) für das Galileo-System angemeldeten Frequenzen erhalten bleiben - sie würden im Juni 2006 verfallen -, und neue Technologien im All zu erproben. Um die Risiken so gering wie möglich zu halten, sollen bis Anfang Juli dieses Jahres zwei Industrieaufträge für den Bau von zwei unterschiedlichen Satelliten vergeben



Die Architektur von Galileo. Grafik: ESA.

werden. Anschließend werden im Zeitraum 2006-2007 drei oder vier Satelliten zur orbitalen Validierung des Galileo-Systems gestartet.

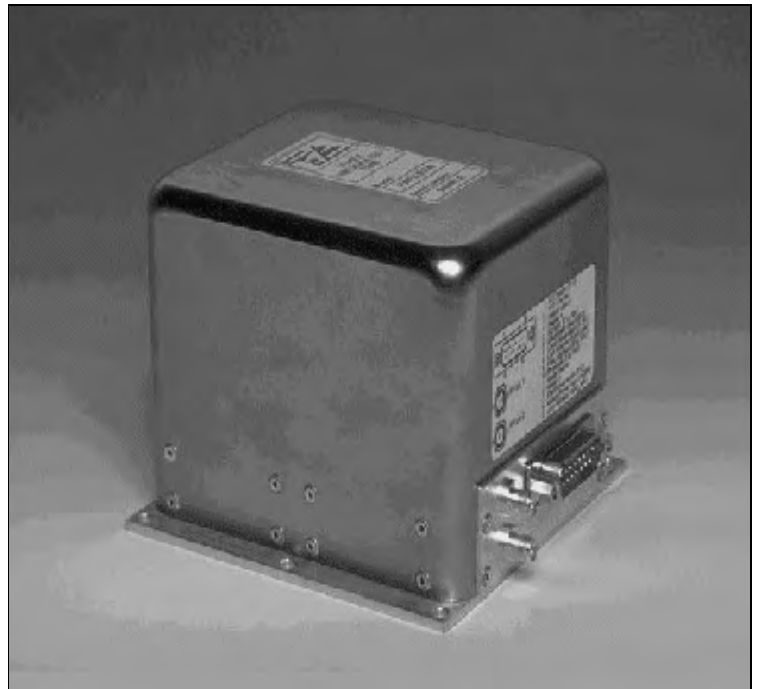
Das „Gemeinsame Unternehmen Galileo“

Zum Start des gesamten Prozesses wurde das „Gemeinsame Unternehmen Galileo“ gegründet. Gründungspartner sind EU und ESA. Im Juni 2003 wurde der Deutsche Rainer Grohe zum Direktor ernannt und damit die erste Etappe zur Verwirklichung dieses Projektes eingeleitet. Hauptaufgabe des Unternehmens ist die Vorbereitung der Errichtungs- und Betriebsphase des Programms und die Auswahl der künftigen Galileo-Betreibergesellschaft. Dieses privatwirtschaftliche Unternehmen wird an die Stelle des Gemeinsamen Unternehmens Galileo treten, um die Errichtung der Konstellation im All und der notwendigen Infrastruktur am Boden abzuschließen, und danach die Verantwortung für den weiteren Betrieb zu übernehmen.

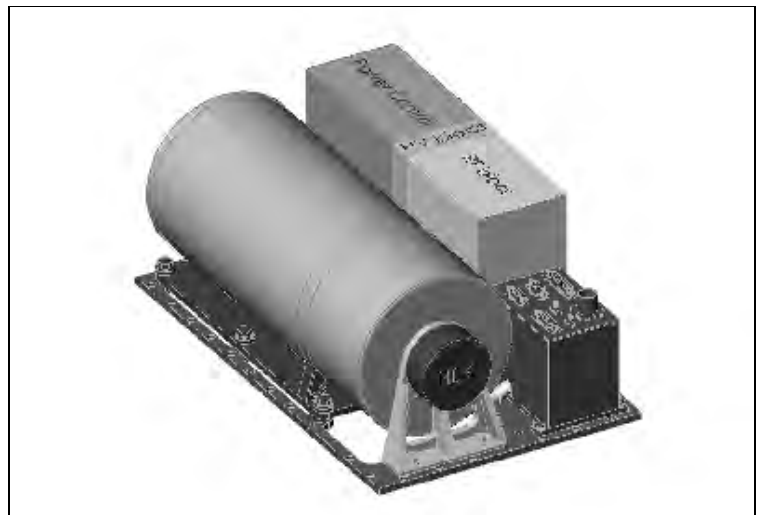
Das technische System von Galileo

Das Galileo-System wird insgesamt 30 Satelliten (27 aktive und 3 Reservesatelliten) umfassen, die die Erde auf drei verschiedenen Kreisbahnen in 23.616 km Höhe mit einer Neigung von 56° zum Äquator umlaufen und damit eine ausgezeichnete Abdeckung unseres Planeten gewährleisten werden. Mit Hilfe des Satellitennetzes werden Signale bis zu 75° Nord zur Verfügung gestellt, das heißt bis zum Nordkap bzw. darüber hinaus. Durch die große Anzahl von Satelliten, einer optimalen Planung der Konstellationen und der Verfügbarkeit von drei aktiven Reservesatelliten wird auch der Ausfall eines Satelliten keinen merkbaren Effekt für den Benutzer haben. Die Satelliten werden voraussichtlich von der Ariane-5- oder der Sojus-Rakete gestartet werden, wobei bei der Ariane acht Stück davon gleichzeitig unter der Nutzlastverkleidung Platz finden. Ihre Masse wird etwa 700 Kilogramm pro Stück betragen und Sonnensegeln werden sie mit jeweils 1500 Watt elektrischer Energie versorgen. Sie werden eine Lebensdauer von etwa fünfzehn Jahren besitzen, dann ist der mitgeführte Treibstoff für die Lageregelung verbraucht.

Die Galileo-Satelliten werden mit je vier Schweizer Atomuhren, zwei Rubinium-Uhren und passiven Wasserstoff-Chronometern ausgestattet, die das permanent ausgesandte gleichmäßiges Funksignal takten. Dieses Signal ist auf die milliardste Sekunde genau und kommt etwa mit Lichtgeschwindigkeit auf der Erde beim Empfänger an. Dabei haben die Funkwellen unterschiedlich lange Wege zurückzulegen, abhängig vom Standort des Satelliten und des Empfängers. Aus der dadurch bedingten Zeitverschiebung zwischen den Signalen verschiedener Satelliten kann der Empfänger dann die Position genau errechnen. Dabei müssen sogar relativistische



Die Rubinium-Atomuhr für die Galileo-Satelliten. Foto: ESA.



Der Wasserstoff-Chronometer der Galileo-Satelliten. Grafik: ESA.

ische Effekte aufgrund der in der Erdumlaufbahn befindlichen Uhren ausgeglichen werden. Dies funktioniert im Prinzip sehr ähnlich wie beim amerikanischen GPS-System.

Zwei Kontrollzentren („Galileo Control Centres“ = GCC) werden für die Kontrolle der Satelliten und für die Ausführung des Navigations-Missions-Managements verantwortlich sein. Die Daten der Satelliten werden durch ein globales Netzwerk von zwanzig „Galileo Sensor Stations“ (GSS) empfangen und durch ein redundantes Kommunikationsnetzwerk zu den Kontrollzentren übermittelt. Dort wird die Integrität der Satellitensignale überwacht und die Zeitsignale der Satelliten mit den Uhren der Bodenstationen synchronisiert. Der Datenaustausch wird mit Hilfe von fünfzehn sogenannten Up-Link-Stationen abgewickelt. Diese werden rund um den Globus installiert und im S-Band bzw. im C-Band arbeiten.

Als ein weiteres Service wird Galileo eine weltweite Such- und Rette-Funktion (Search- und Rescue = SAR) aufweisen, basierend auf dem bereits laufenden Cospas-Sarsat System. Dazu wird jeder Satellit mit einem Transponder ausgestattet, der diese Not-Signale zu den entsprechenden Rettungszentren übermitteln kann. Gleichzeitig wird der Sender des Notsignals darüber informiert, daß sein Signal empfangen wurde und Hilfe unterwegs ist. Diese letzte Funktion ist neu und stellt eine erhebliche Verbesserung des existierenden Systemes dar, das derzeit noch keine Rückmeldung für den Nutzer bietet.

Die GALILEO-Dienste

- offener Dienst (Open Service, OS) – kostenlos für Massenmarkt-Anwendungen;
- sicherheitskritischer Dienst (Safety-of-Life Service, SoL) – weltweit hohe Integrität bei sicherheitskritischen Anwendungen;
- kommerzieller Dienst (Commercial Service, CS) – kostenpflichtige Mehrwertdienste mit höheren Leistungen;
- öffentlicher regulierter Dienst (Public Regulated Service, PRS) – robuster Dienst für Regierungsanwendungen mit Zugangskontrolle;
- Such- und Rettungsdienst (Search and Rescue Service, SAR) – Europas Beitrag zu den gemeinsamen internationalen Bemühungen im Bereich der humanitären Such- und Rettungsdienste.

Der Nutzen von Galileo

Abgesehen von dem politischen Ziel, zum GPS-System eine globale Alternative bereitzustellen, die nicht unter militärischer Kontrolle ist, beinhaltet Galileo technologische und kommerzielle Neuerungen. Galileo ist dafür ausgelegt, den Anforderungen verschiedenster Anwendungen gerecht zu werden, von denen der Verkehr die wichtigste Rolle spielt.

Die Nutzer in allen **Verkehrsbereichen** (Luftfahrt, Seeverkehr, Straße und Schiene) werden in ihren spezifischen Bedürfnissen durch Galileo unterstützt; sogar die Fußgänger werden davon profitieren, etwa durch tragbare oder im Handy integrierte Galileo-Empfänger. Die technologische Spitzenleistung, die Galileo zugrunde liegt, wird fortgeschrittene Dienstleistungen ermöglichen, insbesondere aufgrund einer größeren Genauigkeit, einer



Anwendungsmöglichkeiten von Galileo. Grafik: ESA.

garantierten Dienstleistung, der Verfügbarkeit in hohen Breitengraden und Straßenschluchten, der größeren Robustheit der Infrastruktur und der Redundanz von standort- und zeitbezogenen Daten.

Im **industriellen Bereich** wird Galileo zahlreiche Tätigkeiten unterstützen, vor allem Hoch- und Tiefbau und die Stadtentwicklung, wo es ein effizientes Vermessungsinstrument darstellt.

Ferner wird das System zahlreiche Möglichkeiten für Verbesserungen in **Landwirtschaft** und Fischerei, im **Bergbau** und bei der Erdöl- und Erdgasförderung sowie für **Not-, Such- und Rettungsdienste** beinhalten.

Auch der **öffentliche Bereich** wird von Galileo profitieren. Das Signal für dieses „Public Regulated Service“ (PRS) ist besonders stark und wird verschlüsselt abgestrahlt, sodaß es weder gestört noch von Unberechtigten genutzt werden kann. Neben den Sicherheitsdiensten und sonstigen öffentlichen Bereichen wird dieses Signal höchstwahrscheinlich auch für militärische Anwendungen der europäischen Armeen Verwendung finden und diese von den USA unabhängiger machen.

Galileo wird aber zusätzlich zu den unmittelbaren Nutzen durch die genauere Positionsbestimmung auch zu wichtigen **technologischen Innovationen** und wirtschaftlichen Impulsen auf diesen Gebieten führen.

Wirtschaftlichkeit und Rentabilität

Galileo wird daher mit hoher Wahrscheinlichkeit wirtschaftlich rentabel sein. Die Kosten der Entwicklung und Errichtung von GALILEO, die die Herstellung und den Start der dreißig Satelliten und die Schaffung einer Bodenkomponente einschließen, werden von der Kommission mit 3,2 Mrd. € veranschlagt. Die von PricewaterhouseCoopers vorgenommene Kostenschätzung kommt der Kalkulation der Kommission nahe; der Unterschied von 200 Mio. € kommt durch eine von PricewaterhouseCoopers berücksichtigte hohe Rückstellung für Risiken und die Herstellung von Reservesatelliten zustande.

Von den Gesamtkosten werden etwa 1,1 Milliarden Euro in der ersten Phase anfallen. Diese sogenannte „In Orbit Verification“ (IOV) wird gemeinsam von EU und ESA finanziert und soll bis Ende 2006 den Beweis erbringen, daß Galileo die geplanten Leistungen auch erbringen kann. Dazu werden nach den beiden ersten Testsatelliten noch fünf Satelliten in die Erdumlaufbahn gebracht, um den praktischen Beweis für die Funktionsfähigkeit zu erbringen. In der zweiten Phase mit Kosten von etwa 2,4 Milliarden Euro soll dann bis 2008 die eigentliche Infrastruktur im All, aber auch auf der Erde aufgebaut werden. Diese Kosten sollen aber nach den Plänen zu mindestens 2/3 von der Industrie getragen werden, insbesondere dem zukünftigen Betreiberkonsortium. Für den Rest werden neben öffentlichen Geldern aus Europa voraussichtlich auch 350 bzw. 240 Millionen Euro von Indien und China beigesteuert werden. Weitere Länder, darunter Israel, Japan, Südkorea, Australien, Brasilien und Rußland haben auch Interesse gezeigt.

Schließlich wird Galileo weit reichenden Nutzen durch verbesserte wirtschaftliche Möglichkeiten und im sozialen Bereich bringen, u.a. durch die Entstehung neuer Dienstleistungsmärkte und die Schaffung von über 100.000 neuen Arbeitsplätzen allein in Europa. Galileo wird nicht nur Industriestaaten beträchtliche Vorteile bringen, sondern auch den Entwicklungsländern, vor allem bei der Bewirtschaftung der natürlichen Ressourcen, im Handel und in der Landwirtschaft.

Nach diesen Überlegungen und Daten ist GALILEO nicht teuer. Nach einem Vergleich entspricht sein Preis dem von rund 150 km Autobahn in Ballungsgebieten oder dem des Haupttunnels der künftigen Hochgeschwindigkeitsbahnstrecke Lyon-Turin (sofern dieser lediglich eingleisig ausgeführt wird!). Die verschiedenen durchgeführten Studien belegen die wirtschaftliche Rentabilität des



Grafik: ESA.

Projekts. In der Studie von PricewaterhouseCoopers, die auf abgezinsten Projektionen über zwanzig Jahre beruht, wurde ein Nutzen/Kosten-Verhältnis von 4,6 ermittelt. Bei keinem anderen Infrastrukturprojekt in Europa wird ein solches Nutzen/Kosten-Verhältnis erzielt. Dabei bezieht sich der von PricewaterhouseCoopers in ihrer Studie errechnete Nutzen lediglich auf die Bereiche Luft- und Seeverkehr. Nach anderen Studien wird GALILEO zur Schaffung von rund 140.000 Arbeitsplätzen führen und der sich aus GALILEO ergebende Dienstleistungs- und Gerätemarkt wird auf rund 9 Mrd. € im Jahr geschätzt.

In der Phase des kommerziellen Betriebs wird die konzessionierte Gesellschaft, der die Leitung des gesamten Systems übertragen wird, Lizenzentgelte für die Empfangsgeräte-Software sowie Entgelte der Unternehmen, die geschützte Signale zur Erbringung von Mehrwertdiensten nutzen, einnehmen. Dabei müssen aber die doch erheblichen jährlichen Betriebskosten von etwa 220 Millionen Euro hereingespielt werden, die durch den Betrieb der Bodensysteme sowie fallweiser Ersatzsatelliten anfallen werden.

Die vielfältigen Nutzeffekte von GALILEO für die Öffentlichkeit gehen weit über Finanzerträge der öffentlichen oder privaten Investoren hinaus, die sich am Programm beteiligen. Der Luftverkehr bietet hier ein interessantes Beispiel: Von GALILEO wird die ganze Gesellschaft profitieren, weil Verbesserungen bei der Flugsicherung dazu führen werden, dass die Fluggäste Zeit und die Luftverkehrsgesellschaften Kosten einsparen.

Für den Erfolg von Galileo spielt aber auch eine zeitliche Komponente eine wichtige Rolle. Nur dann, wenn Galileo vor dem für 2012 erwarteten verbesserten GPS-III-System in Betrieb geht, können die prognostizierten positiven wirtschaftlichen Effekte auch eintreffen.

Die Geschichte des Galileo-Systemes

Die ersten Gespräche über Galileo gehen auf das Jahr 1999 zurück. Die Europäische Union vertritt den Standpunkt, dass es keine Monopole geben sollte, wenn es um das Wohlergehen der Menschen und die Lösung globaler Probleme geht. Anlässlich der dritten Konferenz der Vereinten Nationen über die Erforschung und friedliche Nutzung des Weltraums (1999) wurde der Einsatz der Weltraumtechnologien zur Lösung dieser Probleme hervorgehoben.

Anfang 2001 wurde dann das erste technische Dokument zur Definition der Mission erstellt (High Level mission Definition - HLD). Es wurde sowohl von potentiellen Benutzern als auch von den Mitgliedsstaaten der EU diskutiert und aus den Ergebnissen wurde dann im April 2001 eine weitere Version dieses Dokumentes erstellt. Aufgrund der Kommissionsentscheidung vom 26. März 2002 und Weiterentwicklungen im technologischen Konzept wurde dann das Dokument noch einmal überarbeitet.

Am 17. Juni 2003 wurde dann der Deutsche Rainer Grohe zum Direktor des Gemeinsamen Unternehmens Galileo ernannt. Damit konnte der nächste Schritt des Projektes beginnen. Hauptaufgabe des Unternehmens ist die Vorbereitung der Errichtungs- und Betriebsphase des Programms und die Auswahl der künftigen Galileo-Betreibergesellschaft. Einen Monat später, am 11. Juli 2003 wurde dann der Vertrag für die beiden ersten Experimental-Satelliten unterzeichnet.

Einer der beiden Verträge ging an das britische Unternehmen Surrey Space Technology Limited. Dieser Test-Satellit mit einem Wert von 27,9 Millionen Euro wird eine Startmasse von 400 Kilogramm haben und soll die Galileo-Signale aus einem der geplanten Orbits übertragen, um die zukünftige Konstellation zu testen. Zusätzlich sollen verschiedene kritische Technologien getestet werden, insbesondere die Rubinium-Atomuhr und ein Signalgenerator. Auch die physikalischen Parameter des Orbites und die besondere Umgebung, in der die Satelliten operieren werden, sollen untersucht werden. Es wird Europas erster Satellit in einem mittleren Erdorbit sein.

Zur Vermeidung von Risiken durch Verzögerungen, Fehlstarts oder ähnliches wurde der zweite Vertrag an das Konsortium Galileo Industries vergeben. Galileo Industries ist ein Konsortium, das aus Alcatel Space Industries (F), Alenia Spazio (I), Astrium GmbH (D), Astrium Ltd (UK) und Galileo Sistemas y Servicios (E) besteht. Dieser Vertrag hat einen Wert von 72,3 Millionen Euro und beinhaltet einen Satelliten mit einer Startmasse von 525 Kilogramm. Dieser Raumflugkörper wird schon mehr den zukünftigen ersten vier Galileo-Satelliten entsprechen, die für die Validierung des Systemes im Orbit dienen werden. Sie sollen bereits die endgültige Konstellation im Erdorbit



Grafik: ESA.

einnehmen und die Zuverlässigkeit aller verwendeten In-Orbit-Technologien nachweisen. Eventuell soll dieser Testsatellit auch direkt für die Validierungsphase verwendet werden. Beide Satelliten werden durch Starssem gestartet werden, dem Unternehmen, das die Sojus-Starts von Baikonur aus vermarktet.

Im September 2003 wurde im Sinne der Zusammenarbeit mit China ein Ausbildungs-, Kooperations- und Informationszentrum für Satellitennavigation errichtet. Auf der Grundlage der bisher in der Gemeinsamen Technischen Arbeitsgruppe geführten bilateralen Gespräche wurde entschieden, das Zentrum an der renommierten Universität Peking anzusiedeln. Das Zentrum soll anfänglich mit einem oder zwei Fachleuten sowie einem Verwaltungs- und einem technischen Assistenten besetzt werden. Ein Abkommen über die aktive Beteiligung von China bei Galileo wurde am 18. September 2003 unterzeichnet.

Am 17. Oktober 2003 veröffentlicht das Gemeinsame Unternehmen Galileo (Galileo Joint Undertaking, GJU) einen ersten Aufruf zur Einreichung von Bewerbungen um die Konzession für das Galileo-System. Aufgrund der Bewerbungen wurde dann eine Vorauswahl der Unternehmen bzw. Unternehmensgruppen getroffen, wer für die Übernahme der Konzession für die Errichtungs- und Betriebsphase von Galileo in Frage kommt. Als Hauptkriterien für die Beurteilung der potentiellen Konzessionäre wurde ihre technische und finanzielle Glaubwürdigkeit sowie ihre Fähigkeit, insbesondere hinsichtlich der Bereitstellung der künftigen Dienste des Galileo-Systems einen kohärenten Geschäftsplan aufzustellen, festgelegt. Die später auszuwählende private Einrichtung wird für die Betriebsphase verantwortlich sein.

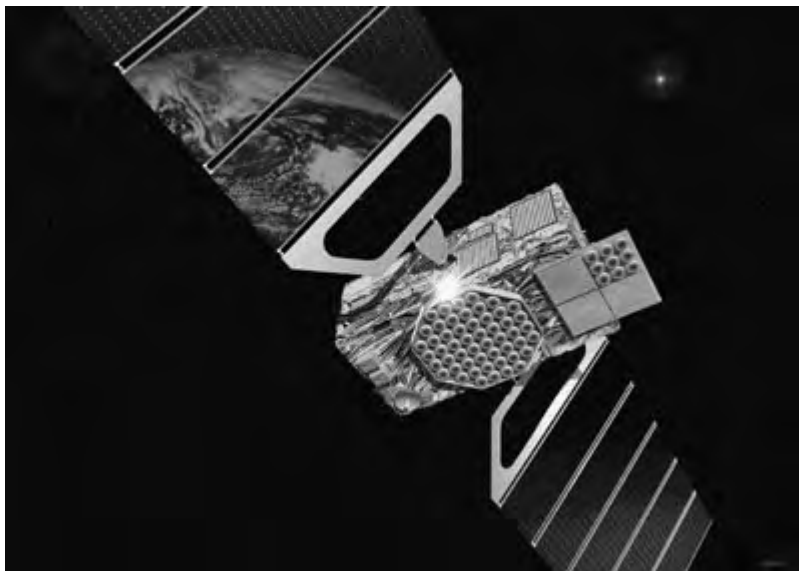
Im Februar 2004 war diese erste Phase abgeschlossen und drei Konsortien waren noch im Rennen. Es waren dies "Eutelsat consortium", unter anderem mit den Firmen Eutelsat, Hispasat, LogicaCMG und AENA, das "Innavsat consortium", unter anderem mit den Firmen Inmarsat

Ventures, EADS Space und Thales, und ein Konsortium, das unter anderem aus den Firmen Vinci Concessions, Alcatel Participations und Finmeccanica besteht. Kein Bewerber bezweifelte, daß GALILEO erhebliche Erträge erwirtschaften kann, und alle erklärten sich bereit, einen erheblichen Teil der Kapitaleinlagen aus Eigenmitteln zu finanzieren. Die Dienste, die GALILEO Wirtschaft und Verwaltung bieten wird, und die an dem System bestehenden gewerblichen Schutzrechte werden als ergiebige Ertragsquellen betrachtet.

Zur gleichen Zeit gab es auch intensive Gespräche mit den USA über die Zusammenarbeit mit GPS. Diese Gespräche verliefen laut veröffentlichten Stellungnahmen sehr konstruktiv und erstmals hatte die Möglichkeit der Zusammenarbeit konkrete Gestalt angenommen.

Dabei machte die amerikanische Seite die Befürchtung geltend, daß es zu Interferenzen mit ihrem GPS-System kommen könnte. Nach Aussagen eines ESA-Mitarbeiters ist der Hintergrund dieser Bedenken, daß die USA ihr Monopol auf das GPS-System bewahren möchten. Ihr System bietet aber für zivile Nutzer nur eine Genauigkeit von 15 - 20 Meter, militärische Nutzer können Signale mit einer Positioniergenauigkeit bis zu zwei Metern nutzen. Galileo wird demgegenüber auch für zivile Nutzer eine Genauigkeit von vier Metern anbieten. Es stand sogar die Drohung im Raum, daß die USA beim Bau von Galileo die militärischen Frequenzen für Europa sperren würde. Im Mai 2004 wurde dann aber doch ein vorläufiges Abkommen mit den USA über die Kooperation bei Galileo und GPS erreicht. Bereits vorher, im März 2004, wurde ein Abkommen mit Israel über die Nutzung von Galileo unterzeichnet.

Im Juni 2004 leitete das Gemeinsame Unternehmen GALILEO den zweiten Aufruf zur Einreichung von Vorschlägen für Forschungstätigkeiten zu GALILEO mit einem Gesamtmittelumfang von 67 Millionen € ein. Damit soll die Entwicklung von Anwendungen und Empfängergeräten zur Nutzung des europäischen Satellitennavigationsprogramms unterstützt werden. Der erste Aufruf zur Einreichung von Vorschlägen für GALILEO im 6. Forschungsrahmenprogramm war erfolgreich und führte 2003 zur Aufnahme von acht umfangreichen Forschungsaktivitäten mit einem Mittelumfang von 19 Millionen €. Dieser zweite Aufruf deckt Anwendungen in herkömmlichen Bereichen wie ortsbezogene Dienste und im Straßen-, Schienen-, See- und Luftverkehr ab. Er erfasst auch Nischenmärkte etwa in den Bereichen multimodaler Verkehr, Notfallmanagement und Strafverfolgung, Energie, wissenschaftliche Forschung, Landwirtschaft, Landvermessung und Bauwesen usw. Besonderes Augenmerk wird dabei der Einbeziehung kleiner und mittlerer Unternehmen gewidmet.



Ein Galileo-Satellit. Grafik: ESA.

Die Entscheidung, welches Konsortium endgültig mit dem Betrieb des Systemes betraut werden soll, wurde für Anfang 2005 angesetzt. Nach einer Aussage der zuständigen Verkehrs-Kommissarin Loyola de Placio soll die Auswahl aber noch vor Jahresende 2004 getroffen werden.

Galileo und die konkurrierenden Systeme

GALILEO konkurriert mit dem amerikanischen GPS, ergänzt es aber auch. Zurzeit gibt es weltweit zwei Satellitennavigationsysteme, ein amerikanisches (GPS) und ein russisches (Glonass). Beide wurden nach militärischen Gesichtspunkten konzipiert. Das russische System hat keine wirklichen zivilen Anwendungen hervorgebracht, sodaß GALILEO die einzige Alternative zum faktischen Monopol des GPS und der amerikanischen Industrie darstellt.

Die ersten Satelliten des US-Systemes GPS wurden 1978 in die Erdumlaufbahn geschossen. Dieses System war anfangs explizit militärisch geplant als Navigationssystem für Marschflugkörper, Raketen, Flugzeuge und Schiffe. Inzwischen besteht das GPS-System aus 24 Satelliten. Deren Signale können seit 1993 von jedermann empfangen und genutzt werden. Das führte in den letzten Jahren zu einem wahren Boom an Anwendungen. Angefangen bei den tragbaren Empfängern für Segler oder Wanderer gibt es Navigationssysteme für Autos oder Flugzeuge und viele andere kommerzielle und zivile Nutzungen. Aufgrund der großen Stückzahlen bekommt man derartige Geräte schon ab 400,- Euro. Im Konfliktfall werden die Signale aber vom US-Militär gesperrt oder gestört und damit die Navigation nicht nur für die US-Kontrahenden, sondern auch für zivile Nutzer erschwert oder unmöglich gemacht.

GALILEO hat gegenüber GPS mehrere Vorteile:

- Es ist unter zivilen Aspekten konzipiert und erstellt, weist aber auch den aus Sicherheitsgründen nötigen Schutz auf. Anders als das im Wesentlichen militärisch ausgerichtete GPS bietet GALILEO daher für bestimmte der vorgeschlagenen Dienste rechtliche Funktionsgarantien, die von modernen Gesellschaften gefordert werden, besonders im Hinblick auf eine vertragliche Haftung.
- Es basiert auf derselben Technologie wie das GPS und ist ähnlich genau bzw. aufgrund der Struktur der Satellitenkonstellation und der vorgesehenen Bodensysteme für die Kontrolle und das Management noch genauer.
- Es ist zuverlässiger, da es eine „Integritätsmeldung“ umfasst, die den Nutzer unmittelbar über auftretende Fehler informiert. Außerdem wird GALILEO anders als das GPS ohne Schwierigkeiten in Städten und in Gebieten hoher geografischer Breite empfangen werden können.
- Es stellt eine echte öffentliche Dienstleistung dar und bietet als solche eine Garantie der Dienstkontinuität für bestimmte Anwendungen. Demgegenüber waren die GPS-Signale in den letzten Jahren mehrmals unfreiwillig oder absichtlich nicht verfügbar, teilweise ohne Vorwarnung.

GALILEO stellt jedoch auch eine Ergänzung des amerikanischen GPS dar:

- Die harmonische Nutzung der beiden Infrastrukturen („double source“) bringt echte Vorteile hinsichtlich der Genauigkeit und hinsichtlich der Sicherheit beim Ausfall eines der beiden Systeme.
- Die Existenz zweier unabhängiger Systeme ist für alle Nutzer von Vorteil, die sowohl die GPS-Signale als auch die GALILEO-Signale mit ein und demselben Empfänger nutzen können.

Die Europäische Kommission und ESA legen großen Wert auf die ergänzende und komplementäre Beziehung zwischen Galileo und GPS, um den Nutzern weltweit verbesserte und sicherere Dienste bieten zu können. Dies zeigt sich mit dem EGNOS Programm, mit dem die in Europa von den Satellitenkonstellationen GPS und GLONASS gebotenen Dienste erheblich verbessert werden. Das seit 1993 entwickelte EGNOS erhöht die Zahl der GPS-Signale und ergänzt sie durch eine Differentialkorrektur und eine Integritätsmeldung. EGNOS soll auch in GALILEO integriert werden. Die Komplementarität von GPS und GALILEO ermöglicht es Europa, als glaubwürdiger Partner der Vereinigten Staaten aufzutreten. Mit einer Aufgabe von GALILEO würde sich Europa demgegenüber selbst ins Abseits stellen.

Die Zukunft von GNSS: Galileo + GPS:

Die grosse Mehrheit der Satellitennavigationsanwendungen basieren gegenwärtig auf der Leistung des GPS. Erhebliche technologische Mühe wird darauf verwendet, die Satelliten-abgeleiteten Informationen mit einer Anzahl von anderen Methoden zu integrieren, um eine höhere Genauigkeit der Positionsbestimmung mit verbesserter Zuverlässigkeit zu erreichen.

Dieses Szenario wird sich in naher Zukunft deutlich ändern. EGNOS, die europäische regionale Verstärkung von GPS, wird ab 2004 beginnen, seine Dienstleistungen zu erbringen. Vier Jahre später wird sich die Infrastruktur des globalen Satellitennavigationssystems (GNSS) mit der Einführung von GALILEO verdoppeln. Die Verfügbarkeit von zwei oder mehr Konstellationen, die die Gesamtanzahl verfügbarer Satelliten im Himmel mehr als verdoppelt, wird die Qualität der Dienstleistungen vergrößern, wobei sie die Anzahl von potentiellen Nutzern und Anwendungen erhöhen wird.

Spezifische Merkmale GALILEOs werden ebenfalls erhebliche Verbesserungen bringen. Zum einen wird das Design der Galileo-Signale die Dienste-Verfügbarkeit für städtische Gebiete oder Anwendungen in Gebäuden verbessern (Übertragung von datenlosen Ranging Channels, zusätzlich zu den herkömmlichen Pseudo-Zufalls Ranging Codes). "Three carriers phase" Messungen werden für die Entwicklung spezifischer "TCAR"-Algorithmen von entscheidender Bedeutung sein. Dies führt zu Zentimetergenauigkeit über großen Regionen.

EGNOS als erster Schritt zu Galileo

EGNOS (European Geostationary Navigation Overlay Service) stellt den ersten Vorstoß Europas in den Bereich der satellitengestützten Navigation dar. EGNOS wird von der ESA auf der Grundlage einer trilateralen Vereinbarung zwischen Europäischer Kommission, der Europäischen Organisation zur Sicherung der Luftfahrt EUROCONTROL und ESA entwickelt. Mehrere Diensteanbieter des Luftverkehrssektors unterstützen das Entwicklungsprogramm mit eigenen Investitionen.

EGNOS wird das GPS und das GLONASS System ergänzen. Über EGNOS werden auf der GPS-Frequenz L1 Integritätssignale mit Informationen zur Beschaffenheit der Konstellationen in Echtzeit übertragen. Korrekturdaten verbessern die Genauigkeit der derzeitigen Dienste von etwa 20m auf weniger als 5m. EGNOS deckt alle europäischen Staaten ab und könnte innerhalb der Abdeckung von drei verwendeten geostationären Satelliten problemlos auf andere Regionen wie Südamerika, Afrika und Teile Asiens ausgedehnt werden.

EF, Quellen: ESA/EU-Internet-Seiten zu Galileo, Spaceflight, Wirtschaftsblatt, P.M., Wiener Zeitung.