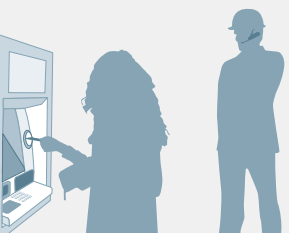


Galileo – Europas Satellitennavigationssystem im Dienst der Bürger



Warum brauchen wir Galileo?

Anwendungen der Satellitennavigation sind zahlreich und vielfältig und daher kaum noch aus unserem Alltag wegzudenken. Sie spielen sowohl in Wirtschaft, Forschung und Verwaltung als auch im täglichen Leben fast aller Bürgerinnen und Bürger Europas eine Schlüsselrolle.

Unabhängigkeit und Kontrolle garantieren

Galileo steht für die Unabhängigkeit Europas in der Satellitennavigation – ein Sektor, der heute für die Wirtschaft und das Wohlergehen der Bürger von großer Bedeutung ist. Galileo garantiert globalen, kontrollierten Zugang zu einem Satellitennavigationsdienst, auch wenn andere Systeme unverhofft an Genauigkeit verlieren oder abgeschaltet werden.

Bürger schützen

Galileo ist ein ziviles System, das auch zum Schutz der Bürger entwickelt wurde. Deshalb wurden innerhalb der Galileo-Dienste Kapazitäten für die staatliche Nutzung reserviert. So werden zum Beispiel lokale Notfalldienste wie Polizei und Katastrophenschutz, aber auch die Bundeswehr unterstützt. Damit leistet Galileo wertvolle Hilfe, um schnell auf jede Art von Herausforderung reagieren zu können.

Umwelt schonen

Galileo macht Transportwege effizienter und reduziert so die Umweltverschmutzung. Durch Präzisionslandwirtschaft kann dank Galileo der Einsatz von Düngemitteln und Chemikalien verringert werden. So kann das europäische Navigationssystem Galileo dabei helfen, gesündere Nahrungsmittel umweltschonend zu produzieren, um der wachsenden Weltbevölkerung gerecht zu werden.

Innovation in Europa fördern

Das Galileo-Programm hat zu greifbaren technologischen Fortschritten und einer umfangreichen Verbesserung des Know-hows der Satellitennavigationstechnologien geführt. Daraus ergibt sich eine Fülle von wertvollen Ressourcen für Europa und insbesondere für seine Industrie. Große, mittlere und kleine Unternehmen sind heute besser als je zuvor gerüstet, um ihre Geschäftsmodelle erfolgreich umzusetzen. Dank Galileo entstehen Arbeitsplätze und neue Geschäftsfelder in den unterschiedlichsten Unternehmen, während Spin-offs auch außerhalb der Raumfahrtindustrie genutzt werden können.

International zusammenarbeiten

Für die Nutzer von Satellitennavigation verbessert sich ganz erheblich das Anwendungspotenzial und Qualitätsniveau. Denn Galileo wird mit anderen bestehenden Systemen (dem US-amerikanischen GPS, dem russischen GLONASS und dem chinesischen BEIDOU) zusammenarbeiten. So profitieren Anwender überall in Europa und auf der ganzen Welt von einer echten Verbesserung der bestehenden Dienste sowie einer Erweiterung des Angebots an neuen und innovativen Produkten und Dienstleistungen.

Galileo – Konstellation und Bodensegment

Galileo-System

Das Galileo-System besteht aus zwei Elementen: einer Konstellation von Satelliten im Weltraum und einem Netzwerk von Bodenstationen auf der Erde. Beide Elemente müssen perfekt zusammenspielen, damit Galileo sicher funktioniert und Navigationssignale von hoher Qualität zur Verfügung stellt.

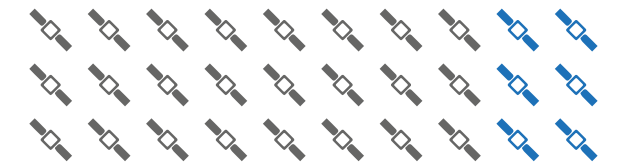
Galileo im Weltraum

Die Galileo-Konstellation besteht aus 30 Satelliten, die auf drei Umlaufbahnen in rund 23.000 Kilometer Höhe um die Erde kreisen. 24 Satelliten sind in Betrieb, sechs weitere dienen als Reserve. Sollte einer der regulären Satelliten gewartet werden oder ausfallen, wird ein Reservesatellit sofort dessen Aufgabe übernehmen. Die Anzahl der Satelliten und der Umlaufbahnen sowie ihre Flughöhe wurden so gewählt, dass schon 24 Satelliten ausreichen, damit die Galileo-Nutzer immer mindestens vier Satelliten empfangen können – egal, wo sie sich auf der Erde befinden.

Galileo auf der Erde

Die Galileo-Bodenstationen übernehmen drei Hauptaufgaben. Erstens überwachen und steuern sie die Satelliten auf ihren jeweiligen Umlaufbahnen. Zweitens kontrollieren und synchronisieren sie fortlaufend die Atomuhren an Bord der Satelliten. Drittens stellen sie sicher, dass die Navigationssignale für die offenen sowie verschlüsselten Dienste fehlerfrei laufen. Bei Bedarf werden Korrekturbefehle an die Satelliten gefunkt. Die beiden Kontrollzentren am DLR-Standort in Oberpfaffenhofen und in Fucino (Italien) für das Gesamtsystem, fünf Funkstationen für die Kommunikation mit den Satelliten, fünf sogenannte Telemetrie-Stationen zur Überwachung der Satelliten und 13 Referenzstationen zur Kontrolle der Navigationssignale bilden die Galileo-Infrastruktur am Boden.

30 Galileo-Satelliten



24 in Betrieb – sechs als Ersatz



Zwei Galileo-Kontrollzentren



Fünf Galileo-Tracking- und -Kontrollstationen



Fünf Galileo-Uplink-Stationen



13 Galileo-Sensorstationen

Galileo – Navigation im Dienst der Nutzer

Wie das Internet hat sich auch die Satellitennavigation zu einer Technologie entwickelt, die unser alltägliches Leben prägt. Galileo stellt im Zusammenspiel mit anderen Navigationssystemen wie zum Beispiel GPS sicher, dass immer mehr Navigationssatelliten genutzt werden können. So hat der Endnutzer immer eine ideale Verfügbarkeit und Genauigkeit von Positions-, Navigations- und Zeitdiensten. Galileo ist im Dezember 2016 in Betrieb gegangen. Bis 2021 werden alle geplanten Dienste verfügbar sein.

Galileo bietet folgende Dienste:

Der **offene Dienst (Galileo Open Service – GOS)** ist kostenlos für jeden Nutzer und hauptsächlich für Anwendungen im Massenmarkt vorgesehen. Zukünftig soll GOS auch über eine Authentifizierungsfunktion verfügen – die „Navigation Message Authentication“ (NMA). Navigationssignale werden dabei mit einer Art elektronischem Wasserzeichen versehen, sodass richtige von falschen Galileo-Signalen unterschieden werden können.

Der **Hochpräzisionsdienst (High-Accuracy Service – HAS)** kann gebührenfrei genutzt werden und ermöglicht mit Hilfe zusätzlicher Daten eine Positionsbestimmung von 20 Zentimeter Genauigkeit. Er ist in erster Linie für professionelle und kommerzielle Dienstleistungen bestimmt.

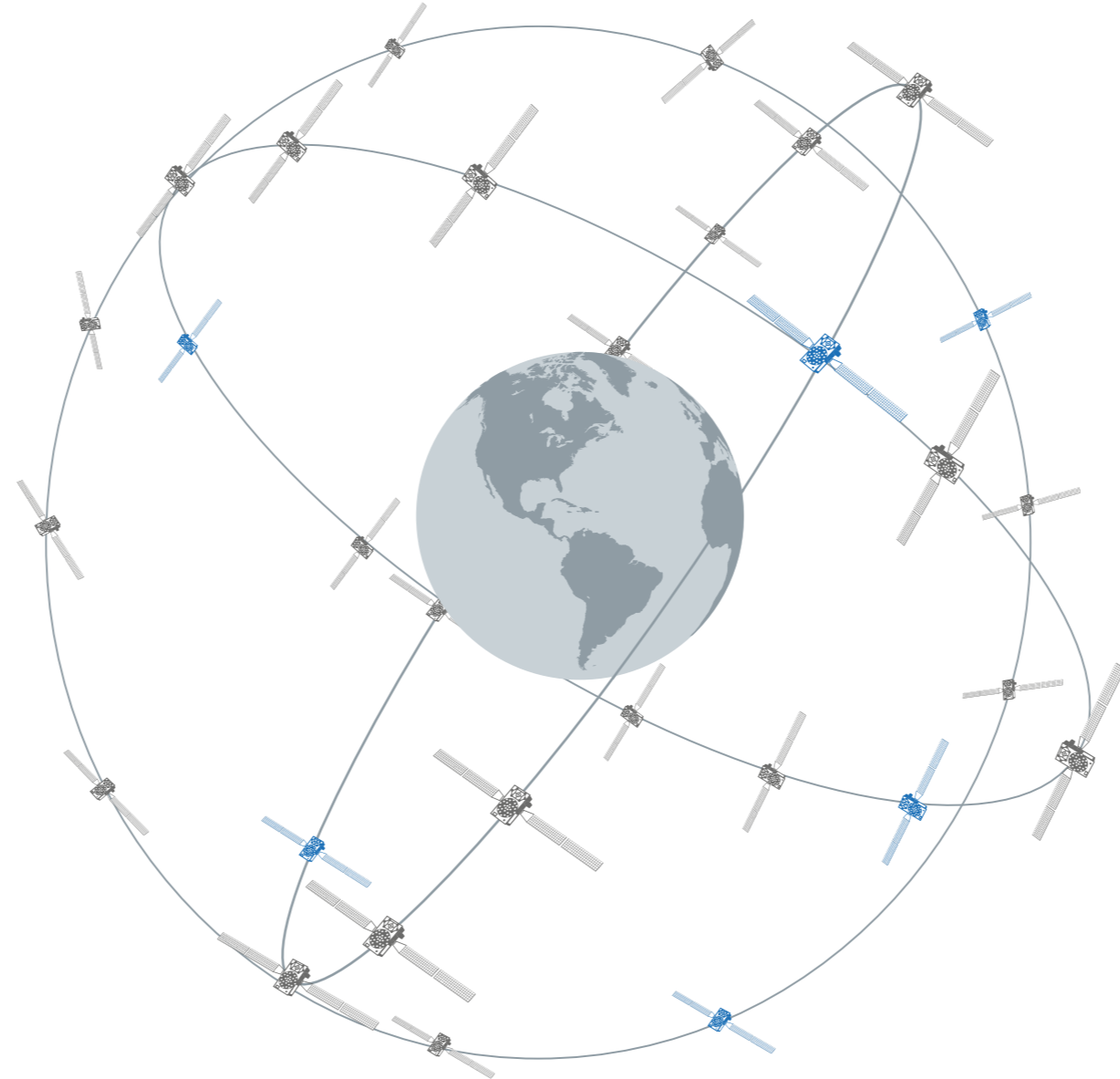
Der **kommerzielle Signalauthentifizierungsdienst (Signal Authentication Service – SAS)** ist kostenpflichtig. Er zielt besonders auf professionelle und kommerzielle Anwender ab, die in besonderem Maße auf die Zuverlässigkeit der Signale angewiesen sind. Deshalb werden die Nutzer hier rechtzeitig vorgewarnt, sollten Störungen auftreten, die die Genauigkeit der Signale verfälschen.

Der **öffentlich regulierte Dienst (Public Regulated Service – PRS)** ist für sensible Anwendungen konzipiert, die eine absolute Dienstkontinuität und besondere Sicherheitsstruktur verlangen. Dazu verwendet er verschlüsselte und besonders leistungsstarke Funksignale. PRS zielt auf Anwender im Bereich Sicherheit und Verteidigung, Behörden und Organisationen mit Sicherheitsaufgaben sowie staatlich autorisierte zivile Nutzer ab.

Die Signale des **Notfalldienstes (Emergency Service – ES)** warnen vor Naturkatastrophen oder anderen Notfällen in bestimmten Gebieten. Im Falle eines Ausfalls der terrestrischen Mobilfunk-Notfalldienste kann die Bevölkerung mit ES trotzdem großräumig informiert und gewarnt werden.

Der **Zeitgebungsdienst (Timing Service – TS)** ist für Nutzer gebührenfrei und stellt eine sehr exakte und robuste Referenzzeit bereit. Sie ist mit der Weltzeit (UTC) gekoppelt, wodurch die Verwendung von Galileo-Zeitsignalen für alle Arten von zeitkritischen Anwendungen erleichtert wird.

Der **Such- und Rettungsdienst (Search and Rescue Support Service – SAR)** unterstützt das internationale Notrufsystem COSPAS-SARSAT. Die Galileo-Satelliten können die von Funkbarken gesendeten Notsignale erfassen und sie an Seenotretter weiterleiten. In umgekehrter Richtung können Rettungskräfte per „return link“ auch Kontakt mit den Verunglückten aufnehmen.



Galileo – Konstellation und Bodensegment

Galileo-System

Das Galileo-System besteht aus zwei Elementen: einer Konstellation von Satelliten im Weltraum und einem Netzwerk von Bodenstationen auf der Erde. Beide Elemente müssen perfekt zusammenspielen, damit Galileo sicher funktioniert und Navigationssignale von hoher Qualität zur Verfügung stellt.

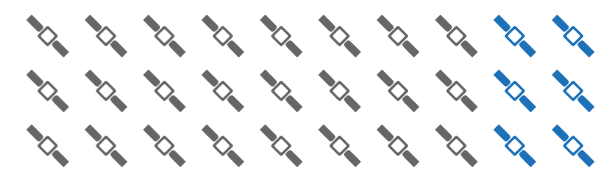
Galileo im Weltraum

Die Galileo-Konstellation besteht aus 30 Satelliten, die auf drei Umlaufbahnen in rund 23.000 Kilometer Höhe um die Erde kreisen. 24 Satelliten sind in Betrieb, sechs weitere dienen als Reserve. Sollte einer der regulären Satelliten gewartet werden oder ausfallen, wird ein Reservesatellit sofort dessen Aufgabe übernehmen. Die Anzahl der Satelliten und der Umlaufbahnen sowie ihre Flughöhe wurden so gewählt, dass schon 24 Satelliten ausreichen, damit die Galileo-Nutzer immer mindestens vier Satelliten empfangen können – egal, wo sie sich auf der Erde befinden.

Galileo auf der Erde

Die Galileo-Bodenstationen übernehmen drei Hauptaufgaben. Erstens überwachen und steuern sie die Satelliten auf ihren jeweiligen Umlaufbahnen. Zweitens kontrollieren und synchronisieren sie fortlaufend die Atomuhren an Bord der Satelliten. Drittens stellen sie sicher, dass die Navigationssignale für die offenen sowie verschlüsselten Dienste fehlerfrei laufen. Bei Bedarf werden Korrekturbefehle an die Satelliten gefunkt. Die beiden Kontrollzentren am DLR-Standort in Oberpfaffenhofen und in Fucino (Italien) für das Gesamtsystem, fünf Funkstationen für die Kommunikation mit den Satelliten, fünf sogenannte Telemetrie-Stationen zur Überwachung der Satelliten und 13 Referenzstationen zur Kontrolle der Navigationssignale bilden die Galileo-Infrastruktur am Boden.

30 Galileo-Satelliten



24 in Betrieb – sechs als Ersatz



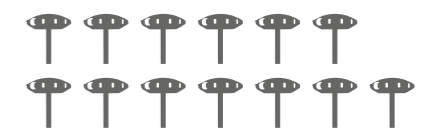
Zwei Galileo-Kontrollzentren



Fünf Galileo-Tracking- und -Kontrollstationen



Fünf Galileo-Uplink-Stationen

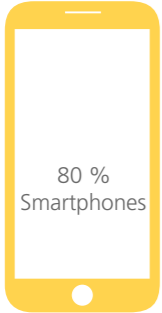




13 Galileo-Sensorstationen

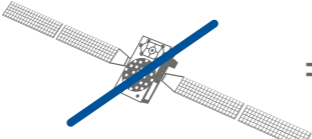

Galileo – ein dynamischer Wirtschaftsfaktor

 rund **50 Mrd. Euro**
Marktvolumen für Empfänger-technologie inklusive Software

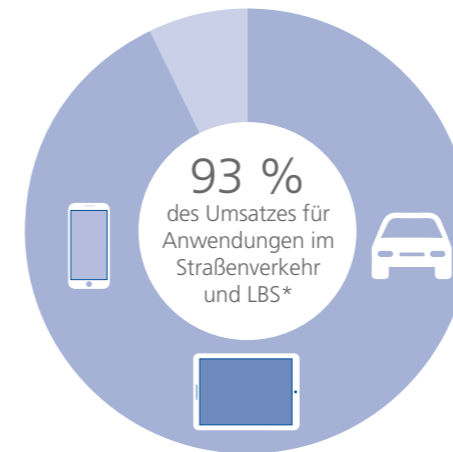
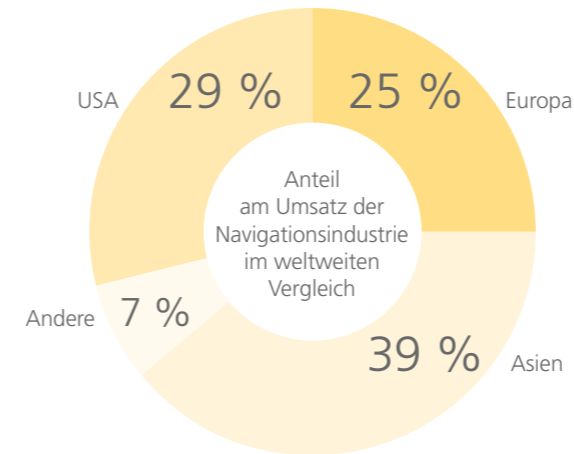
rund **75 Mrd. Euro**
Marktvolumen für Navigations-, Positions- und Zeitdienstleistungen 

 80 % Smartphones
 19,7 % Navigationsgeräte
 0,3 % Profigeräte

5,8 Mrd. Empfänger
Anzahl von weltweit verwendeten GNSS-Empfängern

 = 
2 Tage Ausfall = **1 Mrd. Euro**
Schaden allein in Europa

GNSS Market Report, Issue 5, 2017



* Standortbasierte Dienste (Location Based Service LBS)

Die Satellitennavigation hat weltweit enorme wirtschaftliche Bedeutung erlangt. Das Potenzial für Wirtschaftswachstum, Effizienzsteigerung und neue Arbeitsplätze ist aber bei Weitem noch nicht ausgeschöpft. So liefert Galileo Impulse in drei verschiedenen Marktsegmenten:

Das erste Marktsegment umfasst **Entwicklung, Bau und Betrieb der gesamten Infrastruktur** – also der Satelliten im All und der zahlreichen Kontrollstationen auf der Erde. Die Europäische Union investiert dafür rund **eine Milliarde Euro pro Jahr**. Dieses Geld fließt vor allem in die europäische Raumfahrt und Hightech-Industrie.

Das zweite Marktsegment enthält den **Bau und Vertrieb der Galileo-Empfänger**, deren Komponenten und der nötigen Software. Nach Schätzungen der europäischen Global Navigation Satellite Systems Agency (GSA) in Prag wurden allein im Jahr 2017 in diesem Marktsegment **mehr als 50 Milliarden Euro weltweit umgesetzt**.

Von volkswirtschaftlich größter Bedeutung ist das dritte Marktsegment, die sogenannten **nachgelagerten Dienste**. Dort entsteht der Mehrwert durch die Nutzung der Galileo-Signale und durch die Veredelung mit zusätzlichen Informationen – zum Beispiel aus der Erdbeobachtung. Der Umsatz hat hier bereits **die Marke von 75 Milliarden Euro überschritten**.

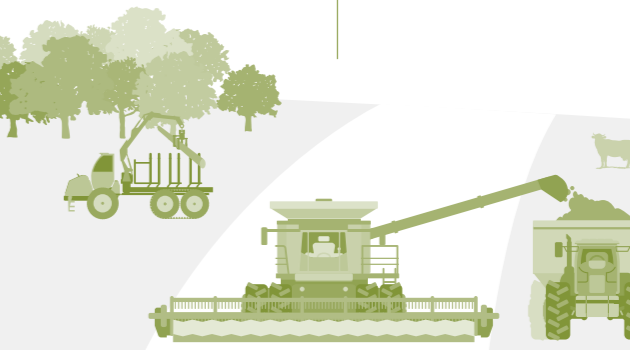
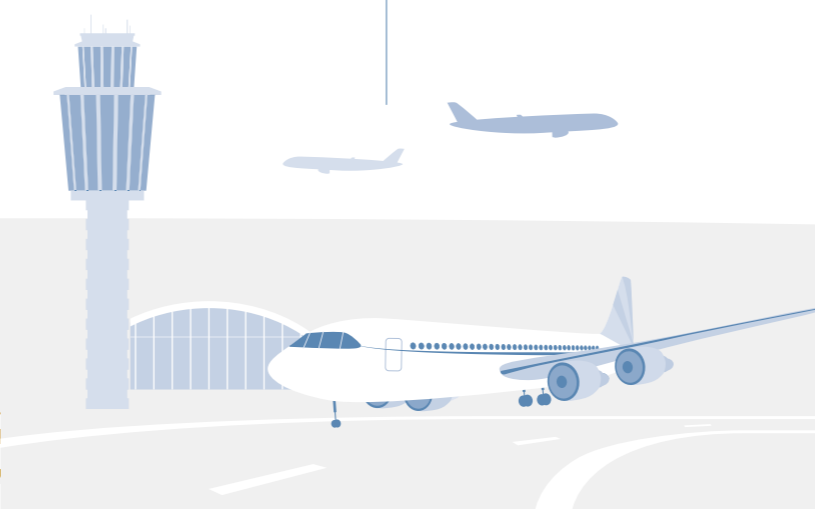
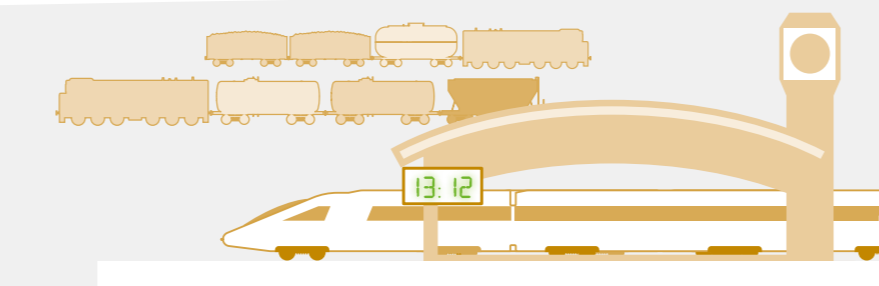
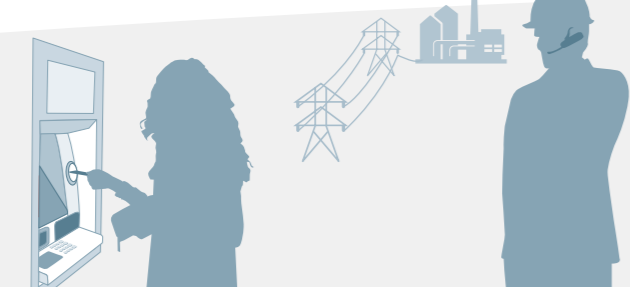
Navigationsdienstleistungen haben sich zu einem eigenständigen und dynamischen Wirtschaftszweig entwickelt. Die Wachstumsraten sind seit Jahren auf konstant hohem Niveau. Galileo ist für die digitale Wirtschaft der Zukunft eine Schlüsseltechnologie. Die Weiterentwicklung der Galileo-Infrastruktur und die erfolgreiche Vermarktung von Galileo- und EGNOS-Diensten ist eine große Chance für den Technologiestandort Deutschland.

Galileo – ein System mit vielfältigen Anwendungsmöglichkeiten

Galileo-Satelliten übermitteln hochgenaue Zeit- und Positionssignale. Diese beiden wichtigen Informationen öffnen uns im Alltag die Tür zu unzähligen und sehr vielfältigen Anwendungsmöglichkeiten: Die Nutzung von Satellitennavigationsignalen ist fester Bestandteil vieler Smartphone-Apps. Nur mit Galileo-Signalen kommt Geld aus unseren Bankautomaten. Auch der Handel an unseren Börsen und der zuverlässige Stromfluss zu unseren Steckdosen sind von Satellitensignalen abhängig. Flugzeuge und Schiffe sowie in naher Zukunft autonome Autos erreichen dank Galileo sicher ihr Ziel. Galileo

warnet sogar vor Geisterfahrern, die uns auf derselben Spur entgegenkommen. Züge können genauer getaktet und so die Pünktlichkeit verbessert werden. In der Landwirtschaft steigert sich der Ertrag und die Kosten sinken, weil der Bauer den Einsatz von Düngemitteln präziser steuern kann. Beim Bau von Autobahnen und Bahntrassen unterstützen die Satellitennavigationssignale bei der Vermessung der Bauflächen. Diese Beispiele zeigen: Satellitennavigation hilft uns dabei, unseren Alltag zu meistern und sichert gleichzeitig kritische Infrastrukturen wie die Aufrechterhaltung der Stromnetze und des Finanzsektors.

Hersteller: **OHB System AG, Bremen**
 Startmasse: **730 kg**
 Größe: **2,7 m × 1,2 m × 1,1 m**
 Spannweite Solarpanels: **14,8 m**
 Leistung: **1,5 kW**
 Lebensdauer: **mehr als 12 Jahre**
 Genauigkeit bei Positionsbestimmung: **besser als 2 m**
 Genauigkeit der Galileo-Zeit: **weniger als 8 Nanosekunden**
 Abweichung zur Weltzeit UTC





Standortbasierte Dienste

Unter dem Begriff Location Based Services (LBS), auch standortbasierte Dienste genannt, sind alle Dienstleistungen zusammengefasst, die Positionsdaten nutzen. Zumeist laufen diese Anwendungen auf mobilen Geräten wie zum Beispiel Smartphones, Smartwatches oder Tablets. Praktisch in jedem Smartphone steckt mittlerweile ein Empfänger für Satellitennavigationssignale. Daher hat auch fast jeder schon einmal standortbasierte Dienste genutzt. Das typischste Beispiel sind Apps, die Wegbeschreibungen erstellen können. Ein weiteres sind bestimmte Handyspiele wie Pokémon-Go. Rund 800 Millionen „Fans“ weltweit verknüpfen hier über Satellitennavigationssignale ihre virtuelle Spielwelt mit der realen Umgebung. Smartwatches zeichnen mit diesen Signalen die Trainingsleistung ihrer Träger auf und werten sie damit aus. So kann jeder Sportbegeisterte

sein eigenes Fitnessprogramm verbessern. Auch „Geocacher“ suchen und finden bei ihrer modernen Form der Schnitzeljagd versteckte Gegenstände anhand von geografischen Koordinaten, die ihnen von Satellitennavigationssignalen übermittelt werden. Auch viele Digitalkameras haben mittlerweile solche Empfänger eingebaut. Sie können damit erkennen, wo sich der Fotograf gerade befindet und was er fotografiert. Diese Information wird dann automatisch in die Bildunterschrift eingetragen. Standortbasierte Dienste können aber auch einen sehr ernsthaften Hintergrund haben. Viele Notrufeinrichtungen greifen auf Satellitennavigationssignale zurück, um eine Person in Not zu finden und ihren Standort an die Rettungskräfte zu übermitteln. Marktanalysen zeigen, dass weltweit über zwei Milliarden Geräte standortbasierte Dienste anbieten – Tendenz steigend.

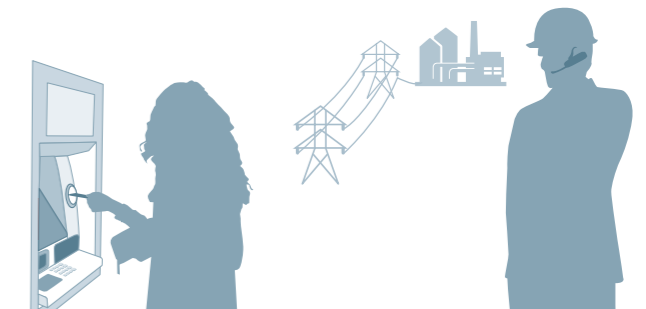




Zeitdienste und Synchronisation

Zeit ist Geld – vor allem in der Navigation. Galileo-Satelliten senden hochgenaue und exakt synchronisierte Zeitsignale aus. Empfänger können daraus ihre Position, aber auch die Galileo-Systemzeit berechnen, die als Referenzzeit für vielfältige Anwendungen genutzt wird. Auch bei kritischen Infrastrukturen wie den modernen Finanz-, Kommunikations- und Energienetzen sind diese Zeitsignale und die Synchronisation durch Galileo-Satelliten fester Bestandteil für den zuverlässigen und sicheren Betrieb. Im Börsenhandel bekommt zum Beispiel jede Transaktion über diese Signale einen Zeitstempel. Mit seiner Hilfe wird sichergestellt, dass auch im weltweit vernetzten Hochgeschwindigkeitshandel immer die Reihenfolge von Verkauf und Kauf eingehalten wird. Ohne einheitliche Synchronisation der Börsen könnten Aktienpapiere schon weiterverkauft werden, bevor der Handel abgeschlossen ist. Kursentwicklungen würden so völlig aus dem Ruder laufen.

Galileo-Zeitempfänger geben auch beim Mobilfunk den Takt vor, denn jeder Handybesitzer nutzt indirekt Zeitsignale. So werden Telefongespräche, WhatsApp-Nachrichten oder ein Video-Stream in Datenpakete zerlegt und in den Datenstrom eingefügt. Damit dieser Strom nicht abreißt, müssen alle Mobilfunkantennen im Gleichtakt Daten senden und empfangen. Heutige Netzwerke arbeiten mit dem 4G-Standard. Mit dem zukünftigen 5G werden die Ansprüche an die zeitliche Präzision nochmals steigen. Hier sind dann Galileo-Zeitsignale genauso taktgebend wie bei der Synchronisation von Energienetzen, in die konventionelle Großkraftwerke, Windparks, aber auch Tausende Photovoltaikanlagen ihren Strom einspeisen. Um diese Verbundnetze nicht zu überlasten, muss der Strom synchron zur Netzfrequenz einfließen. Auch müssen die Netzwerke flächendeckend und in Echtzeit überwacht werden. Nur dann können Leistungsspitzen oder Kurzschlüsse schnell entdeckt und behoben werden. Am einfachsten geht das mit Galileo-Zeitsignalen, die so zur Voraussetzung für das integrierte Stromnetz (Smart Grid) der Zukunft und zu einem wichtigen Baustein der Energiewende werden.





Straßenverkehr und autonomes Fahren

Im Straßenverkehr gehören Navigationsgeräte zur Standardausrüstung und zählen bei vielen Autos und Nutzfahrzeugen zur Serienausstattung. Sie bestimmen klassisch die Position des Fahrzeugs und führen die Insassen sicher zum Ziel. Daneben gibt es aber zahlreiche innovative Anwendungen. Logistikunternehmen können beispielsweise den Standort ihrer Fahrzeuge fortlaufend überwachen und den nächsten Transportauftrag entsprechend planen. Bei Gefahrguttransporten wird auch der Zustand der Ladung jederzeit übertragen. Empfänger für professionelle Nutzer zeichnen die gefahrene Wegstrecke und Geschwindigkeit auf, woraus sich der tatsächliche Verschleiß der Fahrzeuge ermitteln lässt. Wartungsintervalle werden so bedarfsgerecht geplant und Pannen vermieden. Dies alles hilft Logistikunternehmen, ihr Flottenmanagement zu verbessern.

Viele Mautsysteme wie das deutsche Toll Collect bauen auf Satellitennavigationsdaten auf. Eine On-Board-Unit (OBU) bestimmt die Position des Fahrzeugs und übermittelt die gefahrene Wegstrecke per Mobilfunk an ein Rechenzentrum. Dort werden die zurückgelegten Kilometer berechnet und der Mautbetrag in Rechnung gestellt.

Um Wartezeiten im Stau zu vermeiden, senden einige Empfänger ihren Standort an die Herstellerfirmen. Aus diesen Informationen wird dann die aktuelle Verkehrsdichte und Stausituation bestimmt und per Mobilfunk an die Nutzer zurückgesendet, damit das Navi Alternativrouten vorschlagen kann. Zudem muss seit dem 31. März 2018 in allen neuen europäischen Autos und leichten Nutzfahrzeugen „eCall“ eingebaut sein. Bei Unfällen werden automatisch der Unfallort sowie die Fahrtrichtung an die nächste Rettungsleitstelle übermittelt. Gleichzeitig wird per Mobilfunk die Notrufnummer gewählt und Rettungsmaßnahmen eingeleitet. So soll „eCall“ die Zahl der Verkehrstoten in der EU deutlich senken. Damit Fahrzeuge in einigen Jahren autonom fahren können, muss der Bordcomputer den absoluten Standort des Fahrzeugs kennen. Im Zusammenspiel mit hochgenauen und brandaktuellen digitalen Karten weiß der Autopilot, wann die nächste Kreuzung kommt oder ob die vorausliegende Baustelle ein- oder zweispurig angelegt ist. Während der Fahrt erhöhen dann die Satellitensignale durch die stetige Positionskontrolle die Sicherheit beim Fahren.



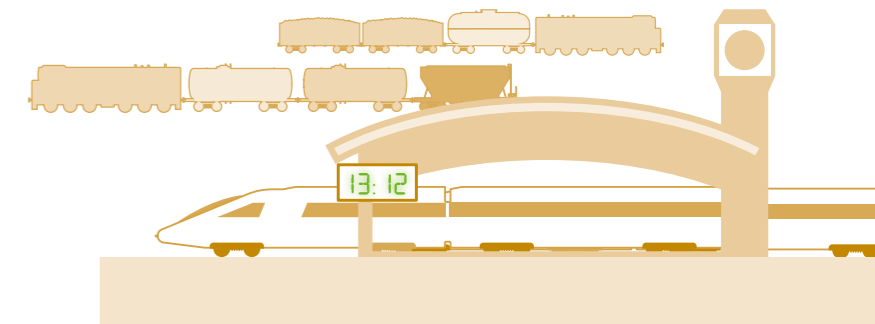


Bahnverkehr

Der Einsatz von Satellitennavigationssignalen im Bahn- und Güterverkehr ist nicht ganz einfach. So gibt es entlang von Eisenbahnstrecken in bergigen Regionen Schwierigkeiten, die Satellitensignale ungestört zu empfangen. In Tunneln oder überdachten Bahnhöfen reißt der Empfang komplett ab. Verlässt ein Zug einen Tunnel, vergehen mitunter kostbare Sekunden, bis das Satellitensignal wieder sicher erfasst wird. Besonders bei Hochgeschwindigkeitszügen wie dem ICE ist das problematisch. Ebenso muss die Genauigkeit und Zuverlässigkeit der Positionsrechnung sehr hoch sein, denn auf vielen Bahnstrecken in Deutschland liegen die Gleise nur 3,5 Meter auseinander. Ohne exakte Positionsbestimmung kann niemand entscheiden, ob zwei entgegenkommende Züge einander gefahrlos passieren oder womöglich kollidieren werden. Daher wurden Navigationssignale bisher nicht für sicherheitsrelevante Anwendungen im Bahnverkehr eingesetzt. Mit Galileo soll sich das nun ändern. Dennoch sind bisherige Satellitenempfänger auch im Eisenbahnver-

kehr weit verbreitet. So werden Passagiere dank Unterstützung aus dem All über die genaue Ankunftszeit ihres Zuges am nächsten Bahnhof via Smartphone und App informiert. Im Güterverkehr sind viele Waggons mit kleinen, kompakten Empfängern und Mobilfunksendern ausgestattet, sodass die Leitstelle immer die aktuelle Position der Güterwaggons und die gefahrenen Kilometer kennt. Eisenbahnspediteure verbessern so den Einsatz ihres Fuhrparks, planen bedarfsgerechte Wartungsarbeiten und sparen so durch innovative Satellitentechnologie Kosten ein.

Die Europäische Eisenbahnagentur (ERA) hat in Zusammenarbeit mit der Europäischen Global Navigation Satellite System (GNSS-) Agentur (GSA) mehrere weiterführende Studien in Auftrag gegeben. Es wird untersucht, wie GNSS-Technologie zukünftig die hohen Sicherheitsanforderungen im Bahnverkehr erfüllen und dann uneingeschränkt genutzt werden kann.





Luftfahrt

In der kommerziellen Luftfahrt werden Satellitennavigationsempfänger vornehmlich in drei Bereichen eingesetzt: dreidimensionale Navigation im Luftraum (Performance Based Navigation, PBN), automatische Positionsübermittlung (Automatic Dependent Surveillance – Broadcast, ADS-B) und in Notfallsendern (Emergency Locator Transmitter, ELT). In vielen Passagierflugzeugen unterstützen diese Geräte sowohl Piloten als auch Autopiloten während des Strecken- und Landeanflugs. Die Anforderung an die Navigationsgeräte bezüglich Genauigkeit, Verlässlichkeit und Verfügbarkeit ist dabei besonders hoch. Satellitennavigation ist dann besonders vorteilhaft, wenn die Wetterbedingungen schwierig sind oder Flugplätze angefliegen werden, die nicht mit bodengestützten Leitsystemen ausgestattet sind. Das ADS-B-System an Bord vieler Flugzeuge bestimmt ebenfalls über Satellit die Position, Flugrichtung und Fluggeschwindigkeit. Diese Daten werden anschließend an alle Maschinen in der Nähe sowie die Flugsicherung am Boden gefunkt. Nähern sich zum Beispiel bei

schlechter Sicht zwei Maschinen gefährlich an, wird das rechtzeitig erkannt und die Piloten können Ausweichmanöver einleiten. Da die ADS-B-Signale auch im Weltraum empfangen werden, lassen sich Flugbewegungen auch über den Ozeanen überwachen. So ist es heute so gut wie ausgeschlossen, dass ein modernes Flugzeug spurlos verschwindet. Auch ELT-Notfallsender mit eingebauter Positionsbestimmung gehören seit dem Jahr 2016 zur Pflichtausrüstung von Flugzeugen, die mehr als sechs Passagiere befördern. Sollte es zu einem Unfall kommen, übermittelt der Notfallsender die Position des havarierten Flugzeugs und leitet Rettungskräfte schnell zum Unglücksort. Bei kleineren Maschinen sind diese Notfallsender nicht vorgeschrieben, dennoch haben viele Piloten häufig tragbare Geräte dabei. In den letzten Jahren gab es einen großen Boom bei unbemannten Fluggeräten. Heute sind diese Drohnen die größte Gruppe von Luftfahrzeugen, die Satellitennavigationssignale nutzen.

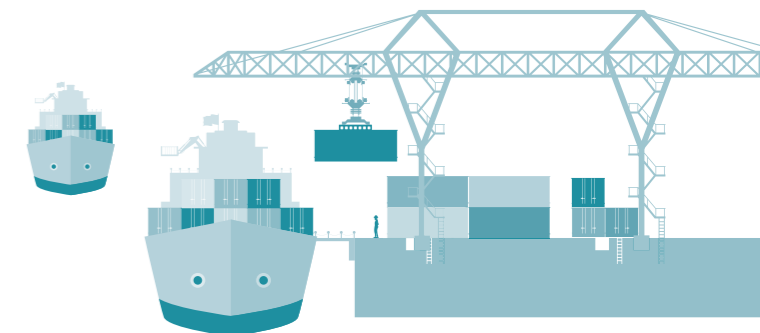




Schiffsverkehr

Im modernen Schiffsverkehr ist die Satellitennavigation auf hoher See, in Häfen und auf Binnenwasserstraßen nicht mehr wegzudenken. In der kommerziellen Schifffahrt sind heute aus Sicherheitsgründen praktisch alle Schiffe mit solchen Navigationsgeräten ausgerüstet. Aber auch kleine Privatsegelboote und -jachten haben sehr häufig Satellitennavigationsgeräte an Bord. Zusammen mit digitalen Seekarten ist diese Technologie so zu einer der tragenden Säulen in der modernen Schifffahrt geworden. Positionsdienste ermitteln fortlaufend den aktuellen Standort und funken ihn zusammen mit der Schiffsnummer an Boote, Hafenbehörden oder die Küstenwache. So halten auch auf dicht befahrenen Wasserstraßen oder bei schlechter Sicht alle Verkehrsteilnehmer die nötigen Sicherheitsabstände zueinander ein. In vielen großen Überseehäfen werden Positionsdienste eingesetzt, um Lade- und Entladevorgänge zentral zu überwachen. Ebenso werden große Seegebiete kontrolliert, um nicht registrierte Schiffe schnell zu identifizieren – beispielsweise Fischfangschiffe, die unerlaubt in fremde Gewässer oder Schutz-

zonen eindringen. Wenn ein Schiff in Seenot gerät, kann der Havarist zielgenau und ohne Zeitverlust angesteuert werden. Der Markt bietet auch tragbare Geräte an. Sollte jemand in stürmischer See oder bei Nacht über Bord gehen, können Seenotretter ihn mit diesem Gerät sehr viel schneller und zuverlässiger als bisher orten. Seine Überlebenschancen steigen dadurch erheblich. Fast alle Galileo-Satelliten empfangen auch Notrufe über das internationale Seenotrufsystem COSPAS-SARSAT und retten damit im Durchschnitt sechs Menschenleben pro Tag. Da auf See geografische Orientierungspunkte fehlen, ist die Satellitennavigation die ideale Technologie, um höchste Präzision bei jeder Witterung, Jahreszeit und in jedem Seegebiet zu gewährleisten. Deshalb unterstützt Galileo auch die Planung und Ausführung von maritimen Bauvorhaben wie Hochseepipelines für Öl und Gas, Unterwasserkabel für Strom und Telekommunikationsübertragungen oder den Bau der großen Windparks vor den europäischen Küsten.

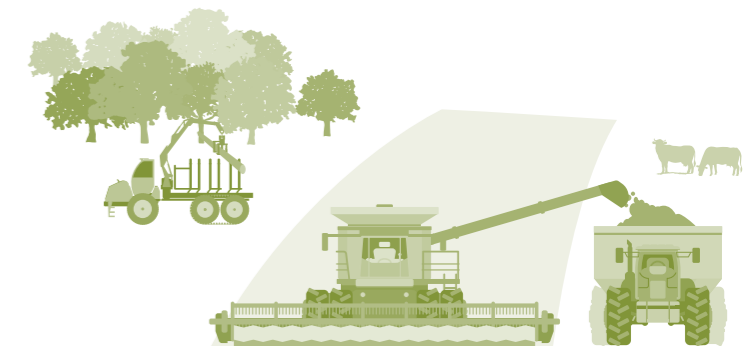




Land- und Forstwirtschaft

In der Land- und Forstwirtschaft steigt stetig der Bedarf an Navigationsdiensten, um Arbeitsabläufe, den Betrieb des Maschinenparks sowie die Dosierung von Pflanzenschutzmitteln, Dünger und Treibstoff zu verbessern – bei gleichbleibendem Ertrag und Qualität. Land- und Forstwirte senken so vor allem ihre Betriebskosten. Zudem werden die negativen Umwelteinflüsse wie die Chemikalienbelastung von Ackerböden und Grundwasser, Bodenverdichtung und Erosion verringert. In der Forstwirtschaft wird das empfindliche Ökosystem Wald durch effektive Arbeitsabläufe bestmöglich geschont. Navigationsgeräte steuern Traktoren und Erntemaschinen Tag und Nacht sowie bei Nebel präzise auf ihren Bahnen, ohne dass Lücken oder Überlappungen entstehen. Das beschleunigt Arbeitsabläufe, erhöht die Auslastung des Maschinenparks und verbessert die Ertragskontrolle. Kombiniert man Satellitennavigation mit Erdbeobachtungsdiensten, können Düngbedarf, Schädlingsbefall und Bodenfeuchtigkeit auf den Quadratmeter genau ermittelt und dann dank Galileo die richtige Dosierung von Dünger, Pflanzenschutzmit-

teln oder Bewässerung an den richtigen Stellen ausgebracht werden. Per Mobilfunk und „Global Navigation Satellite System (GNSS-) Tracker“ können Viehbauern jederzeit den genauen Standort ihrer Tiere abfragen und so „virtuelle Zäune“ aufbauen – ganz ohne Stacheldraht oder Elektrokabel. Nähert sich zum Beispiel eine Kuh dem Rand der Weide, so gibt der GNSS-Tracker, in dem die Weidemaße gespeichert sind, zunächst ein Warnsignal und beim Erreichen des virtuellen Zauns einen elektrischen Impuls ab. Das spart erhebliche Kosten für den Bau und Unterhalt von klassischen Weidezäunen ein und macht die Weidewirtschaft flexibler, weil Flächen sehr schnell und unkompliziert verschoben, ausgeweitet oder verringert werden können. In der Forstwirtschaft verbessern Satellitensignale die Holzernte der „Harvester“. Forstwirte können so zum Beispiel Rückegassen im Wald einmessen und die Position erntereifer Bäume in ihre digitalen Waldkarten eintragen. Damit findet der Harvesterfahrer dann zielgenau die zum Fällen ausgewählten Bäume, ohne dabei den empfindlichen Waldboden unnötig zu zerstören.





Vermessungswesen und Überwachung

Die verlangte Genauigkeit macht das Vermessungswesen zum anspruchsvollsten Anwendungsbereich der Satellitennavigation. Da die Anwender für Vermessungstechnik aber fast ausschließlich kommerzielle Nutzer sind, verfügt dieses Marktsegment auch über große Kaufkraft. Dementsprechend kommen viele Innovationen erstmals hier zum Einsatz. Sobald die Stückkosten für die neuen Geräte sinken, folgen weitere Marktsegmente und erreichen schließlich den Endkunden im Massenmarkt. Heute kommt keine moderne Baustelle ohne präzise Vermessungstechnik aus. Jede neue Verkehrsstraße, ob für Bahn oder Straße, wird mit Satellitennavigations-Positionsgeschäften vermessen. Auch der Grundriss von neuen Gebäuden muss exakt eingemessen werden. Mit zunehmendem Baufortschritt werden Referenzpunkte immer wieder überprüft. Baumaschinen, die für

Erdarbeiten eingesetzt werden, verfügen heute zumeist über Satellitenunterstützung. Damit lassen sich Steine, Sand, Geröll oder Erde genau dort abtragen oder aufschütten, wo es nötig ist. Geländeprofile werden so viel schneller und genauer als in der Vergangenheit modelliert. Diese Arbeit kann heute dank Galileo ohne erfahrene Spezialisten von einfachen Maschinenführern ausgeführt werden. Im Bergbau unterstützt Satellitennavigation die Planungsarbeiten. Die Erschließung der Lagerstätten und der fortschreitende Aushub erfordern genaue Geländekenntnisse. Alle Arbeiten müssen sich an den geologischen Gegebenheiten ausrichten. Bei großen und tiefen Tagebauten muss insbesondere die Stabilität der Hänge und Abraumhalden durch exakte Messungen immer wieder überprüft werden. So sorgt Galileo für mehr Sicherheit und Präzision im Bergbau.



EGNOS

EGNOS – was ist das?

Das erste globale Satellitennavigationssystem, das nicht nur vom Militär, sondern auch zivil verwendet werden konnte, war das US-amerikanische Global Positioning System (GPS). Die Nutzung von GPS hatte allerdings einige Einschränkungen. Insbesondere war der „zivile Baustein“ sehr ungenau. Der Positionsfehler war mitunter so groß, dass GPS für viele Anwendungen gänzlich ungeeignet war. Daher beschloss Europa, ein System zu entwickeln, mit dessen Hilfe die Fehler des zivilen US-Systems ausgeglichen werden können. Aus dieser Initiative ist der „European Geostationary Navigation Overlay Service“ – kurz EGNOS – hervorgegangen. Ein Netz von Bodenstationen in Europa bestimmt die Fehler von GPS, berechnet Korrekturdaten und funkt diese an einen Satelliten im geostationären Orbit. Von dort aus werden die Korrekturdaten über ganz Europa abgestrahlt. Derzeit verbessert EGNOS ausschließlich GPS-Signale. In Zukunft wird auch Galileo integriert werden. Zwar ist die Genauigkeit von Galileo schon sehr hoch, kann aber mit EGNOS weiter verbessert werden.

EGNOS – wozu nutzt man es?

Geeignete Navigationsgeräte können neben GPS- und Galileo- zusätzlich EGNOS-Signale (European Geostationary Navigation Overlay Service) empfangen. Dank EGNOS-Unterstützung erreichen sie damit eine Genauigkeit von unter einem Meter. Darüber hinaus informiert EGNOS die Nutzer sofort, sollte GPS oder Galileo plötzlich gestört sein und die Navigationssignale dadurch unzuverlässig werden. Damit ist dieser Service besonders für Anwendungen geeignet, bei denen der Schutz von Menschenleben im Fokus steht – zum Beispiel in der Luftfahrt. In diesem sehr dynamischen Umfeld könnten auch geringe Navigationsfehler schnell fatale Folgen haben. Beim Landeanflug zum Beispiel muss die Position in allen drei Raumrichtungen – Länge, Breite und Höhe – exakt stimmen, damit das Flugzeug punktgenau auf der Landebahn aufsetzt.

Galileo – heute und in Zukunft sicher ans Ziel kommen

Viele Menschen kommen täglich mit Galileo-Diensten in Kontakt – ob direkt oder indirekt, im privaten oder im beruflichen Umfeld. Galileo spielt daher in Wirtschaft und Gesellschaft der Gegenwart eine wichtige Rolle, die in der Zukunft noch bedeutender werden wird. Die Anforderungen an Galileo sind dabei nicht statisch, sondern verändern sich. Aus diesem Grund wird Galileo stetig verbessert und ausgebaut. Im Fokus stehen dabei immer die Anwender.

Die Planungs- und Entwicklungsarbeiten für die zweite Generation von Galileo haben bereits begonnen. Die Navigationsdienste sollen zukünftig noch genauer werden, weltweit leicht zu empfangen sein und unterbrechungsfrei zur Verfügung stehen. Auch das Spektrum an Dienstleistungen wird weiter ausgebaut – für Anwendungen im Massenmarkt ebenso wie für Spezialisten. Galileo soll Navigationsempfänger unterstützen, die besonders einfach gebaut sowie leicht und energiesparend sind, aber auch Hightech-Geräte, die hochprä-

zise arbeiten, resistent gegenüber Störungen und zertifiziert für Sicherheitsanwendungen sind. Denn Galileo soll auch weiterhin in Ergänzung und als vollwertige Alternative zu den übrigen globalen Satellitennavigationssystemen genutzt werden.

Je mehr Menschen, Unternehmen, Organisationen und staatliche Einrichtungen Galileo verwenden, umso häufiger kommt es zu Störversuchen. Aufgrund dieser Erfahrung steht auch in Zukunft die Sicherheit und Zuverlässigkeit der Galileo-Signale an oberster Stelle. In der Europäischen Union herrscht große Einigkeit darüber, Galileo weiterhin gemeinsam zu betreiben und zusammen weiterzuentwickeln. Das dafür nötige Budget wird wie bisher aus dem Haushaltsplan der Europäischen Union kommen. Voraussichtlich circa Mitte 2025 starten die Satelliten der neuesten Generation. Nahtlos und für uns Nutzer unmerklich werden sie die erste Generation ablösen und Galileo zu einer wichtigen Infrastruktur des 21. Jahrhunderts machen.

EGNOS

EGNOS – was ist das?

Das erste globale Satellitennavigationssystem, das nicht nur vom Militär, sondern auch zivil verwendet werden konnte, war das US-amerikanische Global Positioning System (GPS). Die Nutzung von GPS hatte allerdings einige Einschränkungen. Insbesondere war der „zivile Baustein“ sehr ungenau. Der Positionsfehler war mitunter so groß, dass GPS für viele Anwendungen gänzlich ungeeignet war. Daher beschloss Europa, ein System zu entwickeln, mit dessen Hilfe die Fehler des zivilen US-Systems ausgeglichen werden können. Aus dieser Initiative ist der „European Geostationary Navigation Overlay Service“ – kurz EGNOS – hervorgegangen. Ein Netz von Bodenstationen in Europa bestimmt die Fehler von GPS, berechnet Korrekturdaten und funkt diese an einen Satelliten im geostationären Orbit. Von dort aus werden die Korrekturdaten über ganz Europa abgestrahlt. Derzeit verbessert EGNOS ausschließlich GPS-Signale. In Zukunft wird auch Galileo integriert werden. Zwar ist die Genauigkeit von Galileo schon sehr hoch, kann aber mit EGNOS weiter verbessert werden.

EGNOS – wozu nutzt man es?

Geeignete Navigationsgeräte können neben GPS- und Galileo- zusätzlich EGNOS-Signale (European Geostationary Navigation Overlay Service) empfangen. Dank EGNOS-Unterstützung erreichen sie damit eine Genauigkeit von unter einem Meter. Darüber hinaus informiert EGNOS die Nutzer sofort, sollte GPS oder Galileo plötzlich gestört sein und die Navigationssignale dadurch unzuverlässig werden. Damit ist dieser Service besonders für Anwendungen geeignet, bei denen der Schutz von Menschenleben im Fokus steht – zum Beispiel in der Luftfahrt. In diesem sehr dynamischen Umfeld könnten auch geringe Navigationsfehler schnell fatale Folgen haben. Beim Landeanflug zum Beispiel muss die Position in allen drei Raumrichtungen – Länge, Breite und Höhe – exakt stimmen, damit das Flugzeug punktgenau auf der Landebahn aufsetzt.



EGNOS-Sender auf drei Satelliten



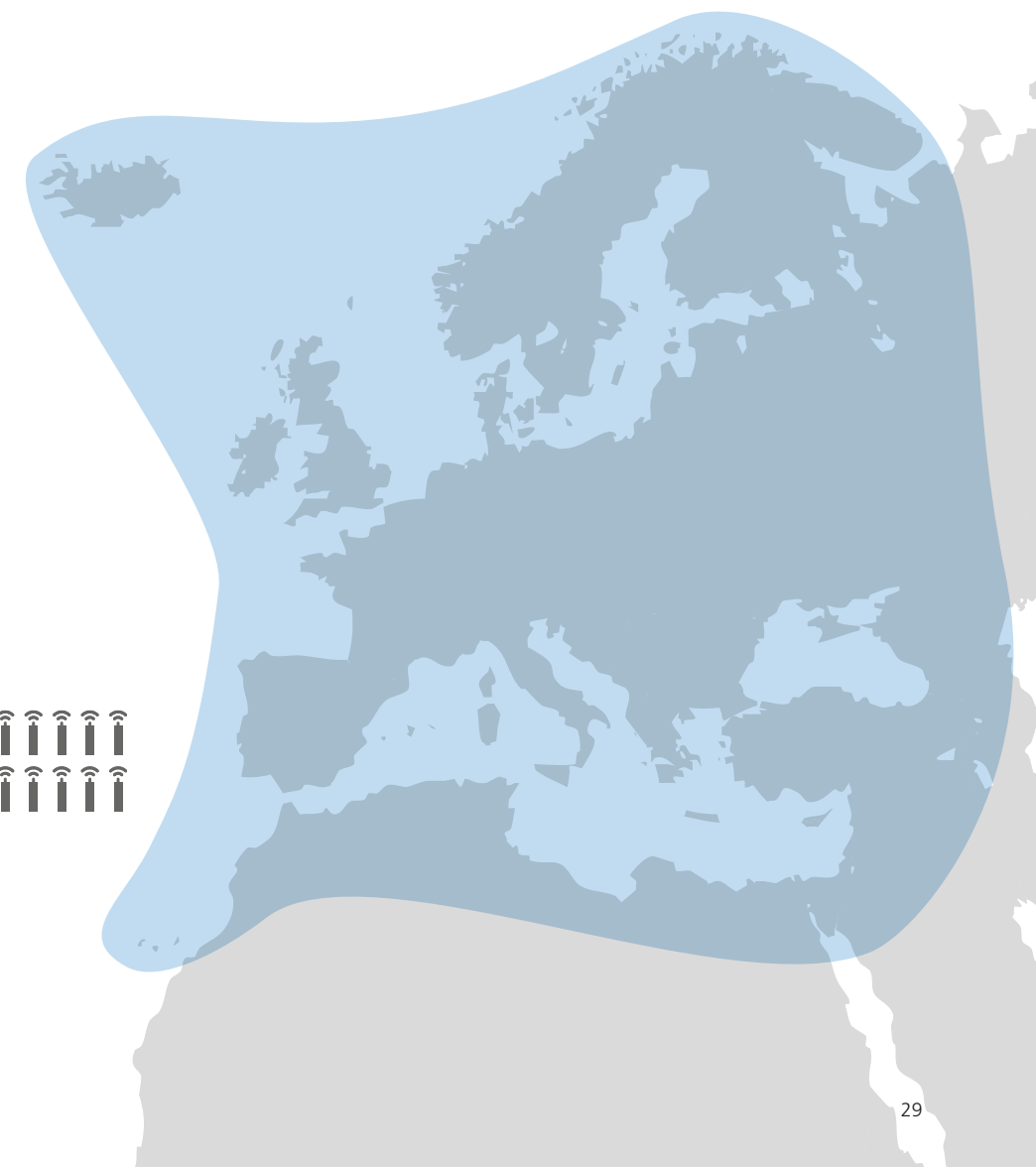
Vier EGNOS-Kontrollzentren



Sechs EGNOS-Uplink-Stationen

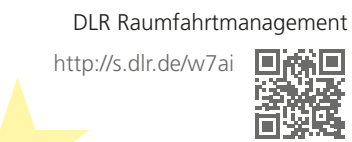
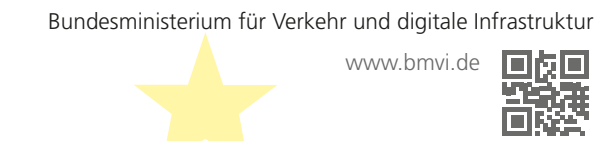
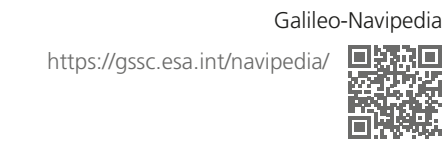
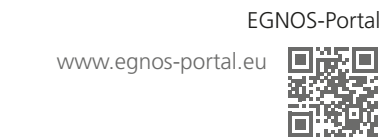
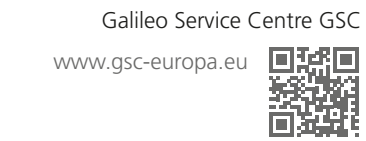
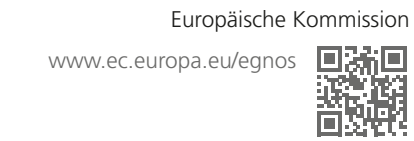


40 EGNOS-Sensorstationen



Partner und Links

Galileo ist ein europäisches Projekt. Auftraggeber von Galileo ist die Europäische Union. Die europäische Global Navigation Satellite Systems Agency (GSA) ist für den Betrieb und für die Vermarktung der Galileo-Dienste verantwortlich. Die europäische Weltraumorganisation ESA ist für die technische Entwicklung und den Aufbau des Galileo-Gesamtsystems zuständig. In Deutschland kümmert sich das Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur federführend um alle Galileo-Angelegenheiten. Das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie fördert Technologieentwicklungen für Galileo. Beide Ministerien werden dabei vom DLR Raumfahrtmanagement unterstützt.



Das DLR im Überblick

Das Deutsche Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) ist das Forschungszentrum der Bundesrepublik Deutschland für Luft- und Raumfahrt. Seine umfangreichen Forschungs- und Entwicklungsarbeiten in Luftfahrt, Raumfahrt, Energie, Verkehr, Sicherheit und Digitalisierung sind in nationale und internationale Kooperationen eingebunden. Über die eigene Forschung hinaus ist das DLR als Raumfahrtagentur im Auftrag der Bundesregierung für die Planung und Umsetzung der deutschen Raumfahrtaktivitäten zuständig. Diese Aufgabe wurde an das DLR Raumfahrtmanagement übertragen. Zudem fungiert das DLR als Dachorganisation für einen der größten Projektträger Deutschlands.

In den 20 Standorten Köln (Sitz des Vorstands), Augsburg, Berlin, Bonn, Braunschweig, Bremen, Bremerhaven, Dresden, Göttingen, Hamburg, Jena, Jülich, Lampoldshausen, Neustrelitz, Oberpfaffenhofen, Oldenburg, Stade, Stuttgart, Trauen und Weilheim beschäftigt das DLR circa 8.200 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter. Das DLR unterhält Büros in Brüssel, Paris, Tokio und Washington D.C.

Impressum

Herausgeber:

Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e. V. (DLR)

Anschrift:

DLR Raumfahrtmanagement
Strategie und Kommunikation
Königswinterer Straße 522–524
53227 Bonn
Telefon: 0228 447-0

DLR.de

Bild Titel: DLR



Gedruckt auf umweltfreundlichem,
chlorfrei gebleichtem Papier.

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages