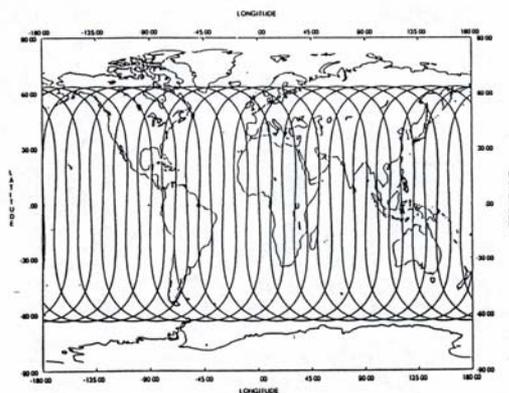
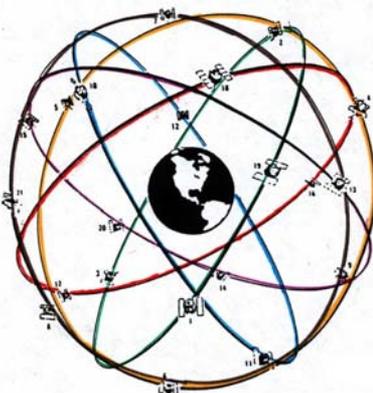


Quo Vadis ?

### Das SPACE-SEGMENT

Besteht aus 24 Satelliten die in 6 Ebenen auf elliptischen (Kepler-) Bahnen in 11:58 Stunden um die Erde laufen.

Die Inklination beträgt etwa  $50^\circ$ , dadurch werden die Polargebiete **nicht** abgedeckt



## Systemgenauigkeit

Die von den Herstellern angegebene Genauigkeit von lateral  $\pm 30$  ist rein theoretischer Natur. Tatsächlich sieht das Fehlerbudget folgendermaßen aus:

Uhrenfehler der Satelliten	$\pm 2$ ft
Bahnfehler der Satelliten	$\pm 2$ ft
Laufzeitfehler in der Ionosphäre	$\pm 12$ ft
Empfängerfehler	$\pm 4$ ft

Die Wurzel aus der Quadratsumme ( RMS / Root Means Square) beträgt etwa 13 ft, das ist die bei L-1 / CA Code mögliche Genauigkeit. Als Faustformel wird dieser Wert mit dem P-DOP Wert (Precision Dilution of Position) multipliziert, dieser beträgt je nach Satelliten-Konstellation 1,5 bis 3,5 für brauchbare Signale.

## Zuverlässigkeit

Das US-DOD geht davon aus, dass **in 98% der Zeit mindestens 21 von 24 Satelliten nutzbar** sind.

Integritätsüberwachung geschieht durch das Controlsegment, es besteht aus

5 MONITOR-STATIONEN, der MASTER-CONTROL-STATION und 3 UPLINK-ANTENNEN

Beim Überflug über die Monitorstationen empfangen diese die Status-Reports (Healthreports) der Satelliten, sie werden ausgewertet und publiziert.

Ein defekter Satellit ‚flagged‘ und wird zur Navigation nicht mehr heran gezogen.

**Trotzdem kann es bis zu 30 Minuten dauern, bis ein Problem erkannt wird,** eine für die Luffahrt nicht akzeptable Zeit.

Die in der Luffahrt geforderten Warnzeiten sind

ENROUTE (Atlantic)		120 sec
ENROUTE (Domestic)		60 sec
TERMINAL NAVIGATION		15 sec
<b>NONE PREC: APPROACH</b>		<b>10 sec</b>
PREC. APPROACH	CAT I	6 sec
PREC. APPROACH	CAT II	2 sec
PREC. APPROACH	CAT III	1 sec

Bis einschließlich NONE-PRECISION APPROACH sind diese Warnzeiten von modernen Bordsystemen autonom realisierbar.

## **MASSNAHMEN ZUR SYSTEMVERBESSERUNG**

### **RAIM Receiver Autonomous Integrity Monitoring**

Benötigt 6 Satelliten: 4 für die Navigation, 2 für RAIM

Funktion: in Zeitabständen wird einer der 4 Navigations-Satelliten ersetzt durch den 5. oder 6. ‚RAIM‘ Satelliten und das Messergebnis verglichen

RAIM erlaubt Vorhersage der zu erwartenden Positionsgenauigkeit, es wird unterschieden zwischen

ENROUTE-, TERMINAL- und APPROACH-RAIM

Voraussetzung: ETA-für den nächsten Waypoint muss bekannt sein. Das System berechnet dann ein ETA  $\pm 15$  Minuten RAIM-Fenster.

RAIM-Vorhersagen (Prediction) **vor dem Start** über Computerprogramme, moderne Bordsysteme z. B. GARMIN GNS 430, haben es integriert.

**AIIM** Aircraft **A**utonomous Integrity **M**onitoring,

Integritätsüberwachung der GPS-Auswertung durch autonome **bordeigene** Systemen Das bekannteste hierfür ist das INS (Inertial **N**avigation **S**ystem).

INS überwacht die GPS-Integrität bis zu 30 Minuten nach Ausfall aller externen Sensoren.

Damit ist der sensible Zeitrahmen eines Approaches abgedeckt, selbst wenn das GPS vollständig ausfällt.

**AUGMENTATION**

Systemverbesserung durch externe Korrekturmaßnahmen:  
Multisensor-Systeme, Differential-GPS (DGPS), LAAS und WAAS.

**LAAS** (Local Area Augmentation System)

**WAAS** (Wide Area Augmentation System)

**LAAS**

ist ein **GBAS** (**G**round **B**ased **A**ugmentation **S**ystem), Bodenanlagen ermitteln die lokalen Ortsfehler, die Korrekturdaten werden über Bodenstationen an die Bordempfänger übermittelt.  
Erzielbare Genauigkeit kann im Sub-Meter-Bereich liegen, die Überdeckung beträgt etwa 15 nm.

**WAAS**

ist ein **SBAS**, (**S**pace **B**ased **A**ugmentation **S**ystem), ein Netz von Bodenanlagen ermittelt Korrekturdaten, die durch Up- und Downlink mittels INMARSAT Satelliten direkt auf der L-1 Frequenz in dafür **geeignete Bordempfänger** übertragen wird.  
Erzielbare Genauigkeit liegt bei etwa  $\pm 5$  Meter.  
Die Überdeckung kann kontinent-weit sein

Das System wird z. Zt. in den USA installiert, die vollständige Inbetriebnahme (FOC) wird deutlich nach 2004 erfolgen.

Beide Systeme übermitteln außer den Positions-Korrekturdaten (auf der Basis von Differential GPS) u. A. auch durch Mehrfrequenz-Auswertung ermittelte sehr genaue Ionosphären-Daten, die dann im Bordempfänger ausgewertet werden. Durch die große Zahl von Monitor-Stationen haben diese Werte über eine große Area Gültigkeit.

## WAS TUT EUROPA ?

Das europäische Konzept besteht aus zwei Projekten

GNSS 1            EGNOS

GNSS 2            GALILEO

**EGNOS** nutzt die Signale des US-GNSS und des russischen GLONASS, überprüft deren Integrität und sendet über geo-stationäre Satelliten Korrekturdaten auf der L-1 Frequenz an die Nutzer.

Das Raumsegment überdeckt die Ostküste der USA, ganz Südamerika und Mittelasien bis etwa zum Ural. Die tatsächliche Nutzbarkeit hängt von der Infrastruktur am Boden ab

**GALILEO** ist ein eigenständiges ziviles System mit eigener Boden- und Rauminfrastruktur. Es deckt mit 30 Satelliten den gesamten Globus ab.

## EGNOS

### EUROPEAN GEOSTATIONARY OVERLAY SYSTEM)

befindet sich z. Zt. in der Einführungs-Phase, das FOC soll in Jahr 2005 bis 2006 erreicht werden. Es werden keine aktiven Navigations-Signale abgestrahlt, sondern nur Korrektur- und Integritätsdaten.

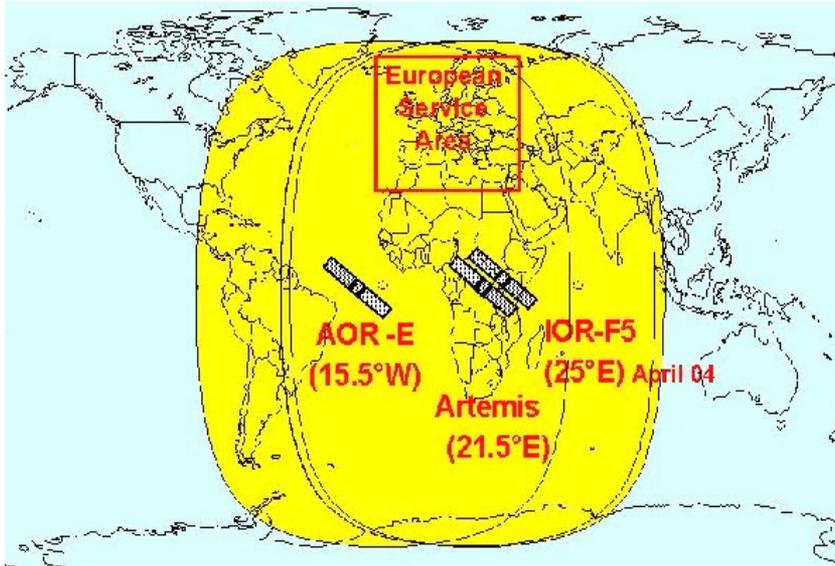
Das System besteht aus 34 RIMS (**R**anging and **I**ntegrity **M**onitoring **C**enter) zur Überwachung der Signal-Integrität, 4 MCCs (**M**aster **C**ontrol **S**tation) zur Signalaufbereitung und 3 NLES (**N**avigation **L**and **E**arth **S**tation) für das Uplink der Korrekturdaten zu drei geostationären Satelliten, zwei INMARSAT und einem systemeigenen.

Eines der MCCs befindet sich in Langen bei der DFS, es wurde am 31.03.2003 in Betrieb genommen.

Mit EGNOS könnte theoretische eine CAT-I Genauigkeit erzielt werden, wegen der zeitweise mangelhaften Überdeckung durch das amerikanische GPSS werden jedoch keine CAT I äquivalente Verfahren eingerichtet.

Das amerikanische Pendant ist das USA-WAAS (**W**ide **A**rea **A**ugmentation **S**ystem), das pazifische ist Japans MSAS (**M**ulti-**S**atellite **A**ugmentation **S**ystem)

Die drei Systeme sind kompatibel



Abdeckung der EGNOS-Signale

## **GALILEO** **Eine Homage an Galilei Galileo**

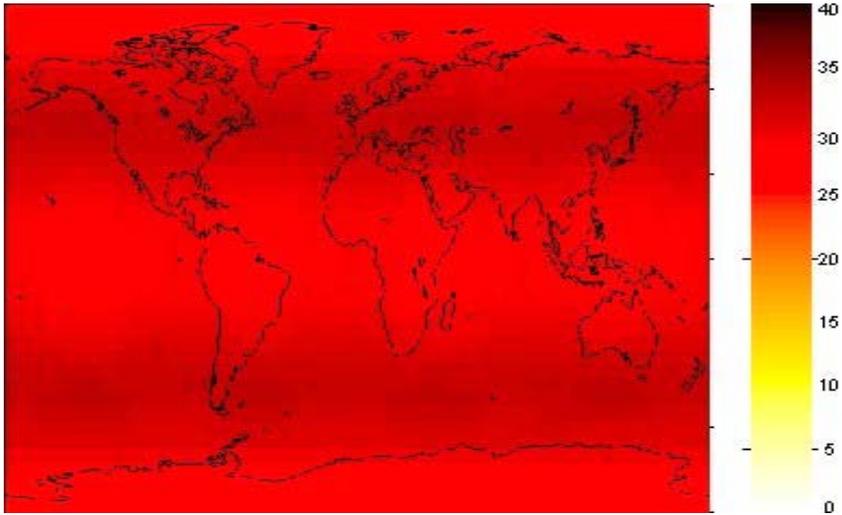
Im Gegensatz zu dem US DOD-System GNSS, welches wegen der militärischen Kontrolle von der ICAO als alleiniges System abgelehnt wird, ist GALILEO ein ziviles System, welches ebenso wie EGNOS von der Europäischen Gemeinschaft errichtet wird. Nach dem FOC wird es voraussichtlich an eine zivile Betreiberorganisation übertragen.

Das System besteht im Raumsegment aus 30 Satelliten in drei MEOs (Medium Earth Orbits) sowie dem Bodensegment mit Monitoring, Processing und Uplink. Die Umlaufzeit beträgt etwa 14 Stunden, die Inklination  $56^\circ$ , dadurch werden höhere Breitengrade abgedeckt..

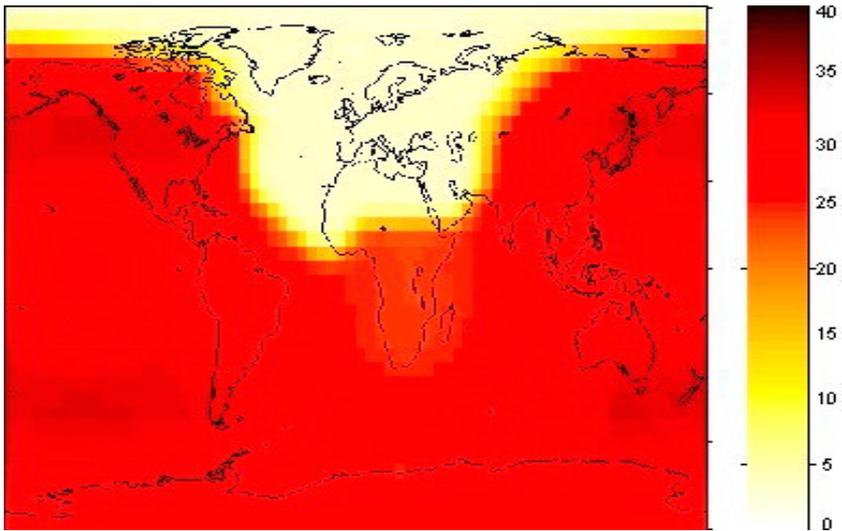
Die Satelliten senden auf 10 Kanälen, von denen 6 für offene (Massenmarkt) und sicherheits-relevante Dienste (z. B. Verkehr), 2 für kommerzielle (z. B. Datenübertragung) und 2 für öffentlich regulierte Dienste (z. Polizei und Zoll) bestimmt sind.

Das System soll ab etwa 2008 in die IOC (Initial Operation Capability) gehen und ab etwa 2012 und die FOC.

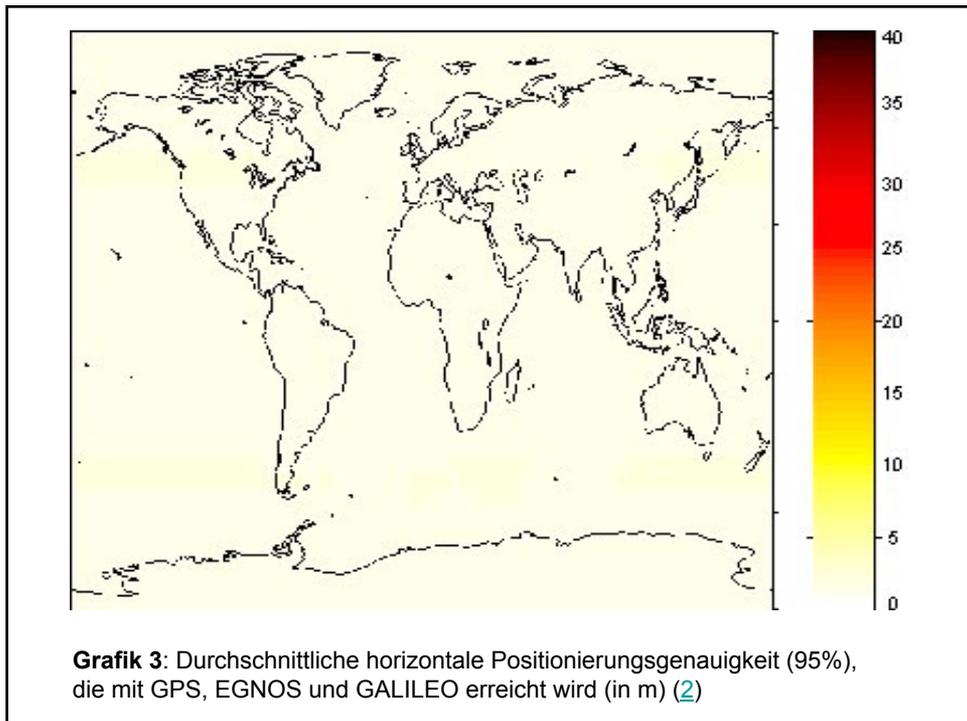
Der Zeitplan wird sich wahrscheinlich noch ändern, vor- oder rückwärts.



**Grafik 1:** Durchschnittliche horizontale Positionierungsgenauigkeit (95%), die mit der GPS-Konstellation allein erreicht wird (in m) (1)



**Grafik 2:** Durchschnittliche horizontale Positionierungsgenauigkeit (95%), die mit der durch EGNOS verstärkten GPS-Konstellation erreicht wird (in m)



Sind die neuen Dienste kostenlos ?

EGNOS vorerst ja, da es von der Philosophie her ein vorbereitendes System für GALILEO ist, mit dem die Machbarkeit verifiziert werden soll.

GALILEO mit Sicherheit nicht, da es ein kommerzielles System ist. Über das Umlageverfahren ist noch nichts entschieden

Können die z. Zt auf dem Markt angebotenen Systeme der Allgemeinen Luftfahrt EGNOS- oder gar GALILEO-Signale verarbeiten ?

Mit einer Ausnahme NEIN, nur das UPS AT (GARMIN AT) CNX 80 hat neben den 12 GPS noch 3 WAAS / EGNOS Kanäle.  
BENDIX/KING hat auf Anfrage (18.09.2003) mitgeteilt, dass die endgültige Definition des Systems (???) abgewartet wird und dann die **nächste** System-Generation WAAS-tauglich wird.

GARMIN hat auf die gleiche Anfrage bisher nicht offiziell geantwortet, es ist geplant, die Serie GNS 430 / 530 mit einem Hardware-Update für ca. \$ 1.500,- WAAS / EGNOS-tauglich zu machen (Factory Mod only , ab dem 4. Quartal 2004!).  
Neue Panel-Units werden ab Dezember 2004 zur Verfügung stehen.

?

FRAGEN ?

**DANKE**

für Ihre Aufmerksamkeit