

Globale Navigations Satelliten Systeme - GNSS

Inhalt

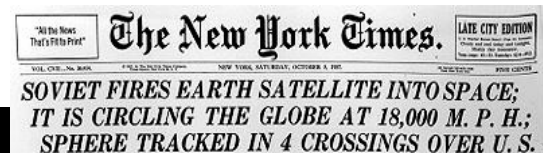
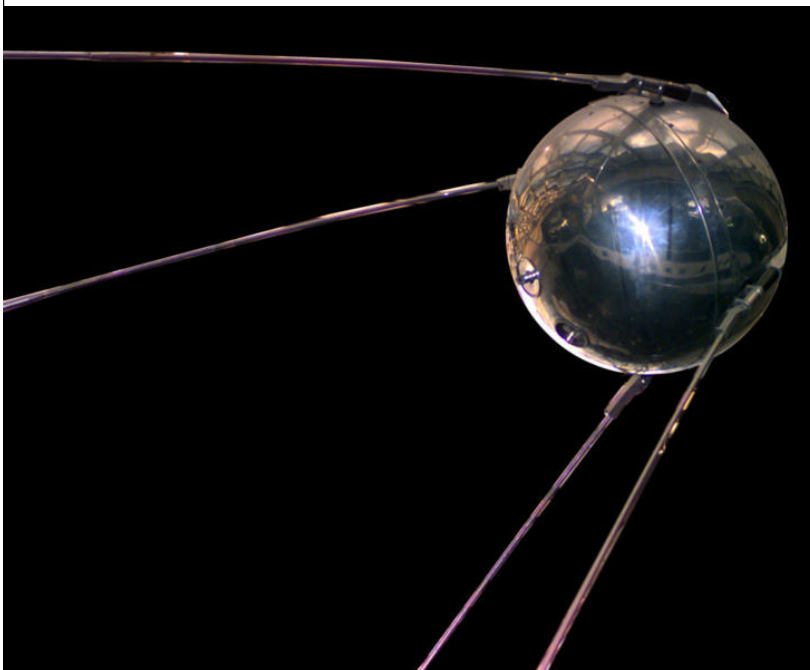
Sputnik 1 und die Folgen

Die ersten "GNSS" - Navy Navigation Satellite System und Tsikada

Entwicklung des Global Positioning System und des Glonass

Die kommenden Systeme - Galileo, GPS III, Baidou, etc.

4. Oktober 1957 Sputnik 1 (Спутник-1)



58 cm Durchmesser
84 kg Gewicht
4 Antennen
20 MHz und 40 MHz Signale
215 km x 940 km Orbit
96 Min. Umlaufzeit

Signale bis 26. Oktober

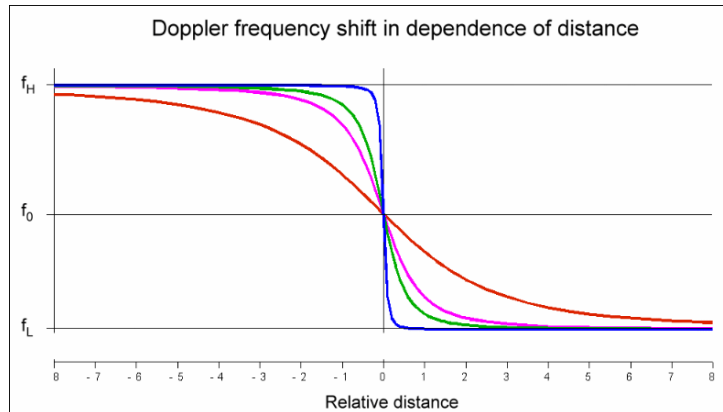
Wiedereintritt: 4. Jan. 1958?
1440 Erdumrundungen
Ca. 60 Mio. km

Sputnik 1 Signale für 21 Tage

Sputnik 1 - Signal wird weltweit empfangen und aufgezeichnet
Relativbewegung Sputnik → Empfänger: Dopplereffekt

Vereinfacht:

$$\frac{\Delta f}{f} \approx -\frac{v \cos \theta}{c}$$



Dopplereffekt → Bestimmung der Bahn der Sputnik 1

Idee des Frank McClure (USA):
+ gemessene Dopplereffekt
= Position des Empfängers

Wenn Bahn bekannt

Navy Navigation Satellite System (NNSS, Transit)

13.4.1960 Start des ersten Satelliten (Transit 1B)

Nominal 6 Satelliten in polaren Bahnen

Nominale Bahnhöhe 1000 km

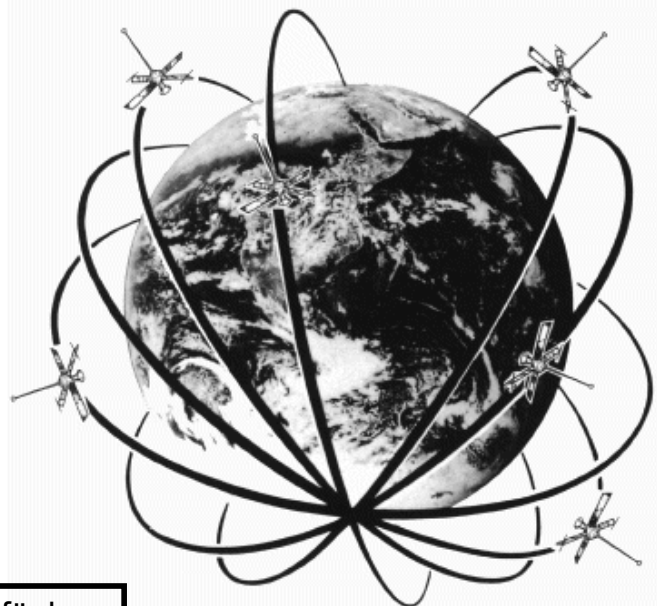
Umlaufzeit ca. 107 Minuten

150 MHz und 400 MHz Signale

Ca. 15 Satelliten / Tag (mittl. Breite)

Überflug ca. 20 Minuten Dauer

Eine Positionsbestimmung / Überflug



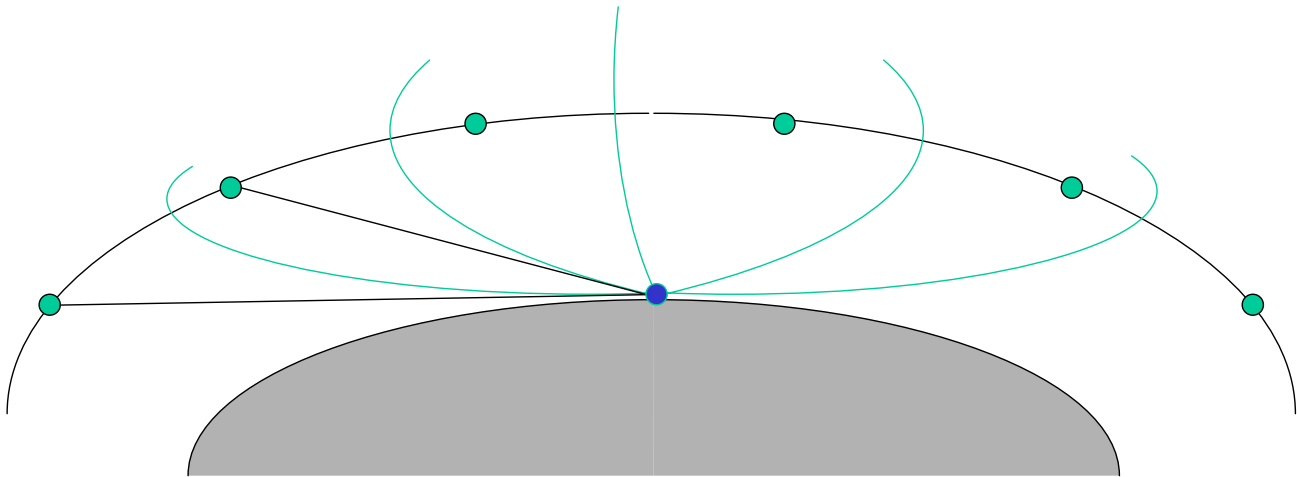
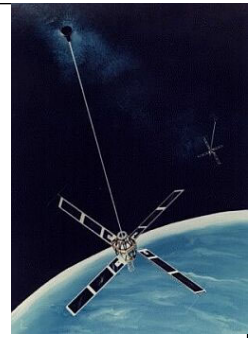
Weder räumlich noch zeitlich global verfügbar.

Positionsbestimmung mit dem NNSS

Für 2 Min. wird die Dopplerverschiebung des Signals integriert
Int. Dopplerfrequenzverschiebung → Entfernungsdifferenzen

Entfernungsdifferenz → hyperbolische Positionsfläche

Schnitt der hyperbolischen Positionsflächen → Empfängerposition



Einschränkungen der NNSS Positionsbestimmung

1. Nur ca. 15 Positionsbestimmungen pro Tag möglich
→ nicht jederzeit an jedem Ort
2. Positionsbestimmung dauert ca. 20 Minuten
→ Eigenbewegung des Empfängers muss modelliert werden
3. Signale stark beeinflusst durch Refraktion in der Ionosphäre
→ Einfrequenzmessungen → >100 m Positionsfehler
Zweifrequenzmessungen → ca. 50 m Positionsfehler



Hauptnutzer:

- Initialisierung (Position und Geschwindigkeit) der ICBM auf U-Booten
- Positionsbestimmung für Navigation im maritimen Bereich (SatNav)
- Aufbau großräumiger Geodätischer Grundlagennetze (statisch für Tage!)
→ kontinentale Netze mit relativer Positionsgenauigkeit im m-Bereich

Navy Navigation Satellite System - heute

Seit 1996 nicht mehr zur Positionsbestimmung zur Verfügung
(Datenformat wurde geändert, SatNav Empfänger funktionieren nicht mehr)

Viele Satelliten noch im Orbit, einige Satelliten noch aktiv

Noch aktive Satelliten gehören zum

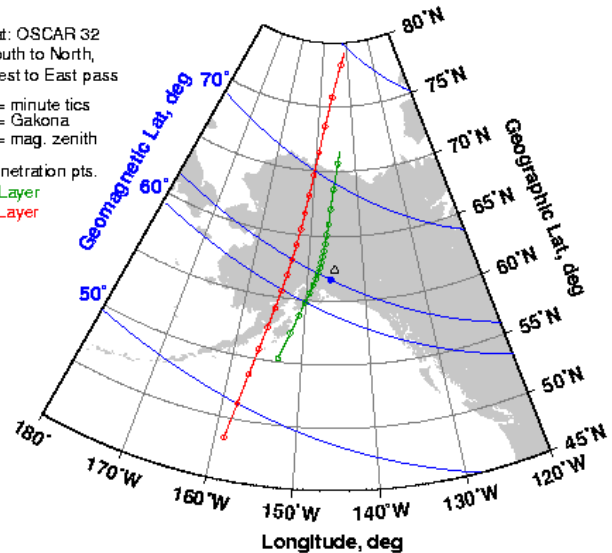
Navy Ionospheric Monitoring
System (NIMS)

Hohe Empfindlichkeit der Signale bez.
der ionosphärischen Refraktion (nicht
gut für Positionierung!) erlauben
Tomographie der Ionosphäre!

Sat: OSCAR 32
South to North,
West to East pass

○ = minute tics
△ = Gakona
● = mag. zenith

penetration pts.
E Layer
F Layer



Global Positioning System (GPS) - Geschichte

1973 Entscheidung zur Entwicklung eines satellitenbasierten Systems
zur Positionsbestimmung mit den Eigenschaften

- Positionsbestimmung instantan (keine Verzögerung)
 - mehrere Satelliten müssen gleichzeitig sichtbar sein (18)
 - anderes Messprinzip als beim NNSS
- Globale kontinuierliche Verfügbarkeit
 - mehr Satelliten als beim NNSS
 - höhere Satellitenbahnen als beim NNSS
- Positionsgenauigkeit ~10m
 - anderes Messprinzip als beim NNSS
 - andere Signalstruktur (Modulation) als beim NNSS
 - höhere Trägersignalfrequenzen als beim NNSS

1974 – 1977 System Design, Tests mit „GPS-Satelliten“ am Boden

Global Positioning System (GPS) - Geschichte

- 1978 – 1985 11 GPS Satelliten der ersten Generation (Block I) im Orbit
- 1979 Entscheidung für eine Gesamtzahl von 24 Satelliten (vorher 18)
- 1983 Abschuss KA007 (Navigationsfehler)
→ Entscheidung, GPS zivil nutzbar zu machen
- 1986 Space Shuttle Challenger Verlust bedeutet große Verzögerung
→ Space Shuttle war als Startvehicle für Block II Satelliten geplant
→ Entscheidung für Delta Rakete als Startvehicle (3 Jahre Verzög.)
- 1989 Erster Block II Satellit im Orbit. Block II Satellitensignale sind für zivile Nutzer künstlich verschlechtert (Selective Availability, SA)
- 1990 – 1991 Golfkrieg: das amerikanische Militär hat nicht genug militärische Empfänger und muss mit zivilen Empfängern ausgerüstet werden
→ Selective Availability wird vorübergehend abgestellt

Global Positioning System (GPS) - Geschichte

- 1993 Definitive Entscheidung für zivile Nutzung des GPS ohne Gebühren
- 1995 Full Operational Capability (FOC)
- 2000 Entscheidung der Einstellung von SA; Genauigkeit 100m → 20m
- 2004 Der 50. GPS Satellit geht in den Orbit
- 2005 Erster Satellit der Block IIR-M Generation
→ Bessere Signale für zivile Nutzer

GPS - Empfänger

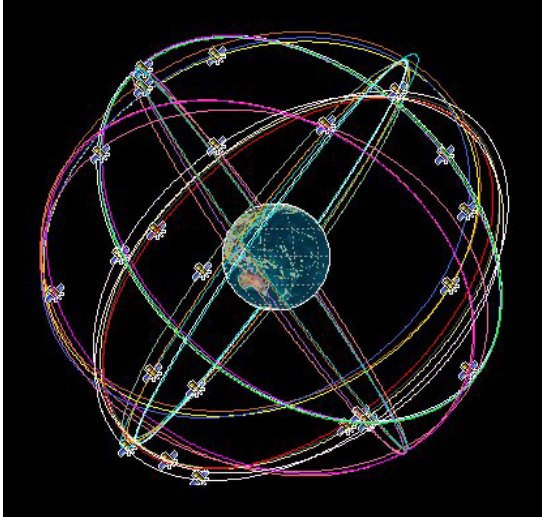
1982
(m)



2006
(cm)



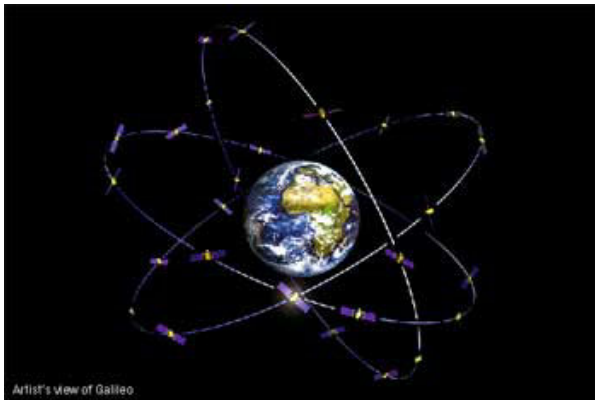
Global Positioning System (GPS) - heute



- 28 Satelliten operationell
- 6 Bahnebenen
- 55° Inklination
- Umlaufzeit $\frac{1}{2}$ Sterntag
- Bahnhöhe ca. 20 000 km
- Signale 1,6GHz und 1,2GHz
- Satellit bis zu 4,5 h sichtbar

Nutzer: militärische Navigation (Luft, Wasser, Land, UAV, Geschosse, etc.)
zivile Navigation in nicht kritischen Umgebungen (keine Luftfahrt)
Geodäsie: globale geod. Netze mit cm-Genauigkeit
globale Zeitverteilung in sub-Nanosekunde - Genauigkeit
zunehmend im Bereich der Mehrwertdienste (LBS)

Andere Systeme - Glonass - ГЛОНАСС (Russland)

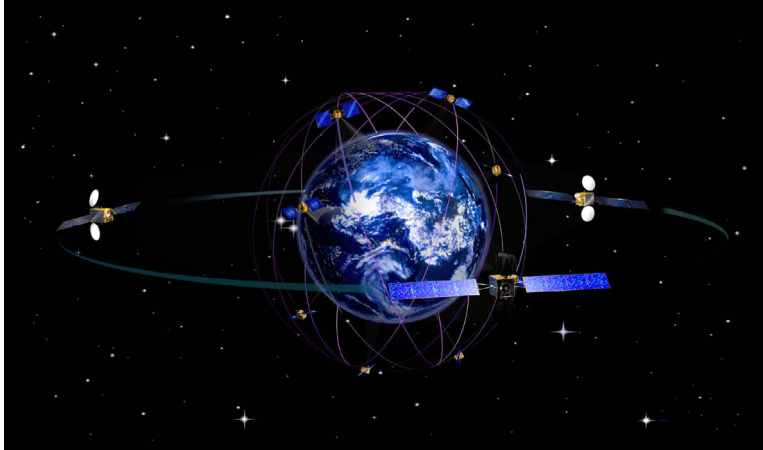


- 24 Satelliten
- 3 Bahnebenen
- 65° Inklination
- Umlaufzeit $\frac{8}{17}$ Sterntag
- Bahnhöhe ca. 19 000 km
- Signale FDMA (GPS: CDMA)

Äquivalent zu GPS

von der UdSSR geplant und aufgebaut
Anfang der 90-er Jahre operationell
Zerfall der UdSSR → größere finanzielle Probleme
→ Satelliten fallen aus → Degradierung des Systems
z.Zt. wieder 10 Satelliten operationell
klares Bekenntnis Putins zum Wiederaufbau (2010?)

Andere Systeme - Galileo (Europa)



30 Satelliten

3 Bahnebenen

56° Inklination

Bahnhöhe ca. 24 000 km

Zus. GEO Satelliten

Zus. Integritätssignal

Ein erster Testsatellit ist im Orbit (Giove-A) → Sicherung der Signalfrequenzen
Technische Konzeption des Systems abgeschlossen

Aber: Geschäftsplan beruhte (bis 12. Mai 2007) auf der Idee der PPP
Konsortium der Europäischen Raumfahrtindustrie „ausgestiegen“
Neuer Geschäftsplan (Finanzierung des Aufbaus durch EU) in Arbeit
Galileo wird wahrscheinlich kommen!

GNSS in 10 Jahren

Optimistisches Szenario: drei unabhängige GNSS mit 75 – 100 Satelliten
GPS III und Galileo mit 2-3 m Positionsgenauigkeit
Zus. Regionale Systeme: Baidou in Fernost
erhebliche Systemredundanz (Integrität)
Evtl. Ersatz der INS in Ziviler Luftfahrt

Pessimistisches Szenario: Galileo wird nicht eingerichtet
frostiges Verhältnis U.S.A ↔ Russland
verminderte Systemredundanz
zu wenig Integrität für zivile Luftfahrt

In jedem Fall: Massenmarkt ist in Landanwendungen
Präzise Position ist als Infrastruktur vorhanden
Präzise Position kostet (fast) nichts

Was kann man mit einer Position alles machen?!