

# Seminar Mobile Computing WS 04/05

## Positionsbestimmung

Jörg Feddersen

## Inhalt

- Grundlagen und Übersicht
- Innerhalb von Gebäuden
- Netzwerkgestützt
- Satellitensysteme

## Positionsbestimmung. Wofür?

- Navigation
- Notrufe
- Contextinformationen
- Kommunikation
- Militärische Anwendungen

## Verfahren zur Positionsbestimmung

- Tracking :
  - Die Position des Benutzers wird über ein System ermittelt.
- Positioning :
  - Die Positionsdaten fallen beim Benutzer direkt an.

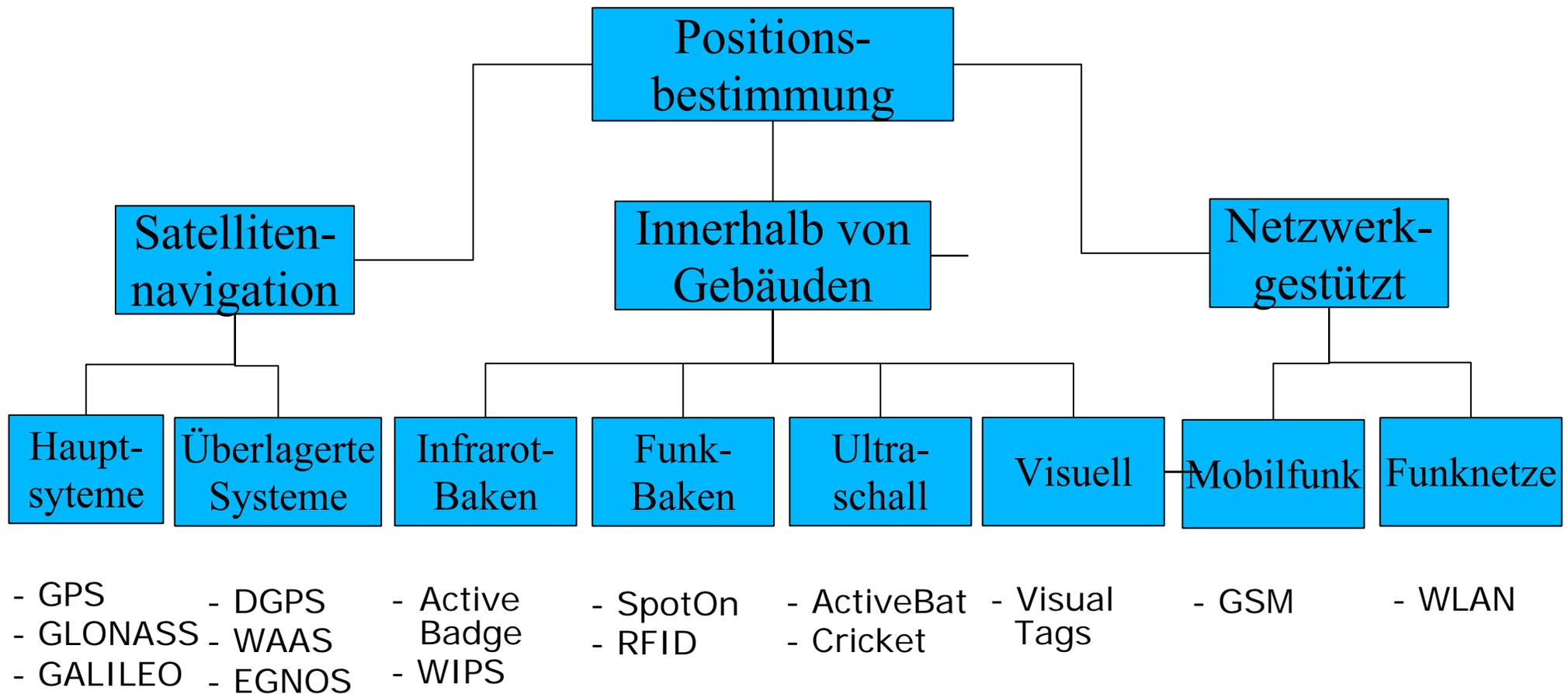
## Basistechniken

- Cell of Origin (COO) :
  - Bestimmung der Position durch Zellenstruktur.
- Time of Arrival (TOA) :
  - Ermitteln der Entfernung durch Signallaufzeitmessung.
  - Auch als Time Difference of Arrival (TDOA) bezeichnet, oder in GSM-Netzen Enhanced Observed Time Difference (E-OTD)

## Basistechniken

- Angle of Arrival (AOA) :
  - Richtungsbestimmung von Signalen.
- Messung der Signalstärke :
  - Ermitteln der Entfernung.
  - Vergleichsweise ungenau.

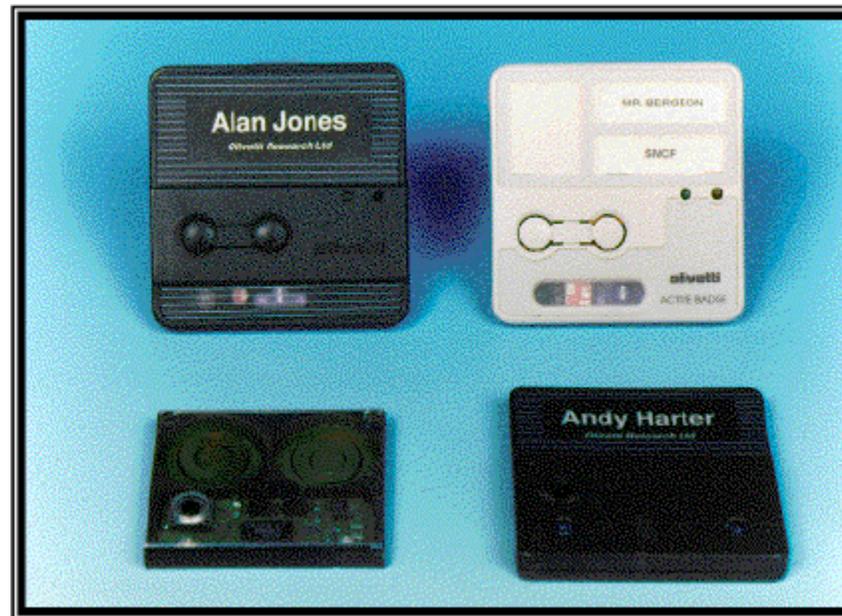
## Klassifikation der Systeme zur Positionsbestimmung



## Infrarot-Baken

- Active Badge System
  - „Badge“ sendet alle 10s ein Signal, das eindeutig codiert ist.
  - Position wird durch das Sensornetzwerk bestimmt
  - Zwei-Weg-Kommunikation
  - Position kann nur auf den Raum genau ermittelt werden
  - Nutzung bisher nur zu Erprobung

## Infrarot-Baken



4 Generationen „Active Badges“

## Infrarot-Baken

- WIPS
  - Wireless Indoor Positioning System
  - Die „Badge“ ermittelt ihre Position selbst durch das Empfangen von Infrarotsendern
  - Übermittlung der Position an das Netzwerk durch WLAN
  - Die „Badge“ ist komplexer als beim ABS, aber es wird kein Sensornetzwerk benötigt
  - bisher nur Forschungsprojekt

## Funk-Baken

- SpotON
  - Messung der Signalstärke des „Badge“-Signals.  
Bestimmung der Position durch mehrere Sensoren
  - bis zu 3m genau
  - empfindlich gegen Störungen : z.B.  
Abschattungen
  - nur Forschungsprojekt

## Funk-Baken

- RFID
  - Radiofrequenz-Identifikation
  - RFID-Transponder besteht aus Prozessor, Speicher und Antenne, aber ohne eigene Stromversorgung
  - Reichweite bis zu 30m
  - sehr unterschiedliche Bauformen, je nach Verwendung. z.B: Etiketten, Nägel, Schlüsselanhänger, etc.

## Funk-Baken

- RFID
  - sehr viele unterschiedliche Standards
  - erste System bereits seit den 1960er zur Warensicherung
  - Klassifikation in :
    - niedrige Frequenzen (30-500 kHz)
    - mittlere Frequenzen (10-15 MHz)
    - hohe Frequenzen (850-950 MHz, 2,4-2,5 GHz, 5,8 GHz)
  - SmartLabels arbeiten mit 13,56 MHz

## Funk-Baken

- RFID
  - Die Senkung der Produktionskosten bringen für die SmartLabels den Durchbruch
  - Stückpreis für z.B. eines SmartLabels zwischen €0,05 und €1,00 - je nach Auflage

## Ultraschallverfahren

- Active Bat
  - Positionsbestimmung durch orten eines Ultraschallsenders durch ein Sensornetzwerk
  - Messung der Signallaufzeit
  - Funkverbindung zum System
  - bis zu 3cm Genauigkeit

## Ultraschallverfahren

- Cricket
  - Positionsbestimmung beim Benutzer
  - Messung der Signallaufzeit
  - Funkbaken senden zeitgleich zum Ultraschallimpuls ein Funksignal
  - kein Netzwerk notwendig

## Visuelle Verfahren

- Visuelle Verfahren
  - Auswerten von Videoaufnahmen
  - sehr rechenaufwendig
  - kann durch „Visual Tags“ unterstützt werden

## Netzwerkgestützte Positionsbestimmung

- Netzwerkgestützte Positionsbestimmung
  - Es werden bestehende Netzwerkstrukturen benutzt
    - GSM
    - WLAN

## GSM

- Positionsbestimmung im GSM-Netz
  - Cell-Of-Origin-Verfahren bereits implementiert. Das GSM-Netz weiß genau in welcher Zelle sich das Mobiltelefon befindet -> VLR/ HLR
  - Erweiterung durch Mobile Positioning System (MPS)
    - kompatibel zum GSM-Standard
    - die mobilen Endgeräte müssen nicht modifiziert werden
    - Nutzung der Eigenschaften der GSM-Signalstruktur zur Ermittlung der Position
    - Genauigkeit bis zum 50m

## Netzwerkgestützte Verfahren

- WLAN
  - Microsoft, Nibble-System
    - Basierend auf Tabelle (x,y, Signalstärken aller Sender)
    - Aufwendiges Training
    - Genauigkeit ca. 1,5 - 4,0 m
    - Softwarelösung

## Geographische Adressierung

- Ansatz
  - geographische Position = Netzwerkadresse
  - Bei einer Genauigkeit von 1,8m 10Byte Adressraum nötig -> IPv4 nur 4Byte
  - Positionsbestimmung von mobilen Stationen
  - Internet-Adressierung reflektiert Netzwerktopologie
  - Geo-Routing
    - Hierarchisches System von Routern
    - Zieladressen und Routingbereiche sind Polygone

## Geographische Adressierung

- Geo-Routing fort.
  - aufwendiges Durchschnittsbilden von Ziel und Routingbereich
- Multicasting
  - Nutzung des IP-Multicastings
  - Einteilung in Atome und Partitionen
  - Atome werden Partitionen zugeordnet, auch mehreren
  - Partitionen können adressiert werden, und damit alle zugehörigen Atome

## Satellitenavigation

- Systeme zur Satellitenavigation
  - NAVSTART-GPS
  - DGPS
  - WAAS/LAAS
  - EGNOS
  - GLONASS
  - Galileo

## Satellitennavigation

- Grundlagen
  - Idee aus den 1960ern
  - Vorteile
    - Positionsbestimmung überall auf der Erde
    - Wetter hat nur einen geringen Einfluß
    - sehr genau
  - Nachteile
    - erheblicher Aufwand und Kosten für die Installation und den Betrieb
    - keine Positionsbestimmung innerhalb von Gebäuden

## Satellitenavigation

- Grundlagen
  - Voraussetzungen
    - Der Benutzer muß die exakten Positionen der Satelliten kennen
    - Exakte Zeitmessung im Satelliten und beim Benutzer
    - Entfernungsmessung durch Signallaufzeit
    - min. 3 Satelliten „in Sicht“

## Satellitennavigation

- Positionsbestimmung mit 3 Satelliten
  - mit 1 Satelliten : Position auf einer Kugel
  - mit 2 Satelliten : Position auf einem Kreis
  - mit 3 Satelliten : 2 Schnittpunkte, einer kann als unwahrscheinlich verworfen werden
  - Jeder Satellit sendet ein Signal, das den Zeitpunkt des Aussenden exakt kodiert.
  - Der Empfänger vergleicht diesen Zeitpunkt mit der internen Uhr. Aus dem Laufzeitunterschied wird die Entfernung ermittelt.

## Satellitennavigation

- Positionsbestimmung mit 3 Satelliten
  - Formel:  $r = c \cdot \Delta t$ .  $c = \text{ca. } 300.000 \text{ km/s}$
  - Problem: die Zeitmessung
    - $1\mu\text{s}$  Abweichung der internen Uhr -> Fehler von ca. 300m
    - Abgleichung der internen Uhr mit der „Systemzeit“ der Satelliten nicht direkt möglich
    - interne Uhr kann aus Kostengründen keine Atomuhr sein
  - daher ->

## Satellitenavigation

- Positionsbestimmung mit 4 Satelliten
  - Durch Hinzunahme eines vierten Satelliten kann aus den ermittelten „Pseudo-Entfernungen“, die Zeitdifferenz herausgerechnet werden.
  - Wenn die interne Uhr und die Systemzeit identisch wären, müßte Abstand zum vierten Satelliten genau zu dem ermittelten Schnittpunkt passen.
  - Wenn, das nicht der Fall ist wird solange das  $\Delta t$  verändert, bis es einen Schnittpunkt gibt.

## Satellitennavigation

- Positionsbestimmung mit 4 Satelliten
  - Konkret : iteratives Lösen eines linearen Gleichungssystem mit 4 Unbekannten.
  - Dieses Prinzip ist bei den folgenden Systeme gleich

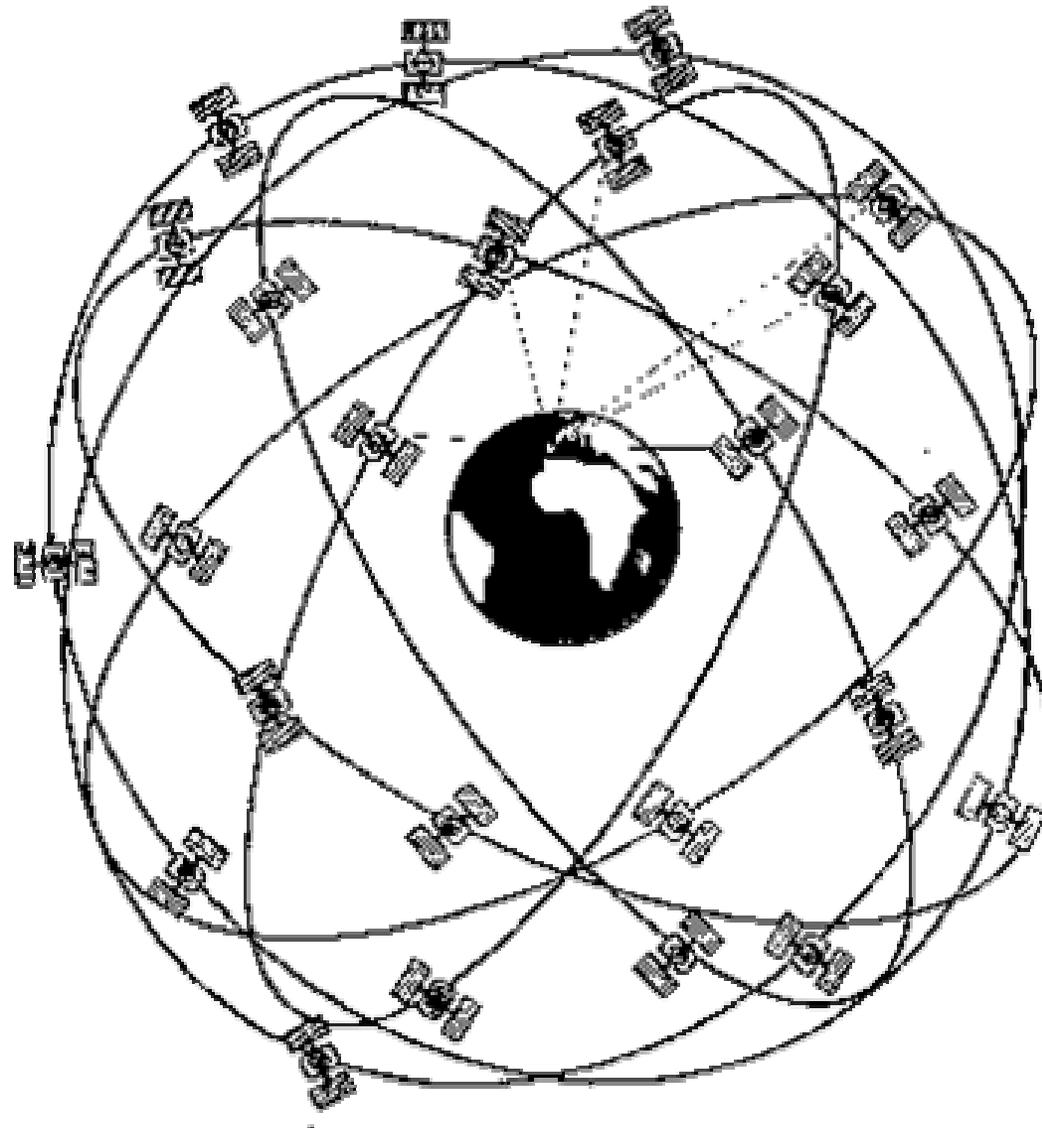
## Satellitennavigation

- NAVSTAR GPS
  - 1970 von Department of Defence (DOD) konzeptioniert
  - **N**avigation **S**ystem with **T**iming and **R**anging – **G**lobal **P**ositioning **S**ystem
  - 1974 erste Systemtests
  - 1984 Start des ersten GPS-Satelliten
  - 1990 sind 12 Satelliten im Orbit

## Satellitenavigation

- GPS
  - „Initial Operation Capability“ am 08.12.1993 mit 21 Systemsatelliten und 3 Reservesatelliten
  - „Full Operation Capability“ am 17.07.1995
  - Die Satelliten bewegen sich auf 6 Bahnen, die um  $60^\circ$  geneigt sind.
  - 4 Satelliten pro Umlaufbahn

## Satellitennavigation



## Satellitennavigation

- GPS
  - Abstand zur Erde ca. 20000km
  - Umlaufzeit 12h
  - Im Normalbetrieb
    - min. 5 Satelliten „zu sehen“
    - max. 11 Satelliten
  - Lebensdauer eines Satelliten ca 7-8 Jahre

## Satellitennavigation

- GPS-Dienste
  - Precise Positioning System (PPS)
    - Genauigkeit : 22m horizontal, 27m vertikal
    - verschlüsselt, nur für Streitkräfte der Nato verfügbar
    - häufig als P-Code bezeichnet

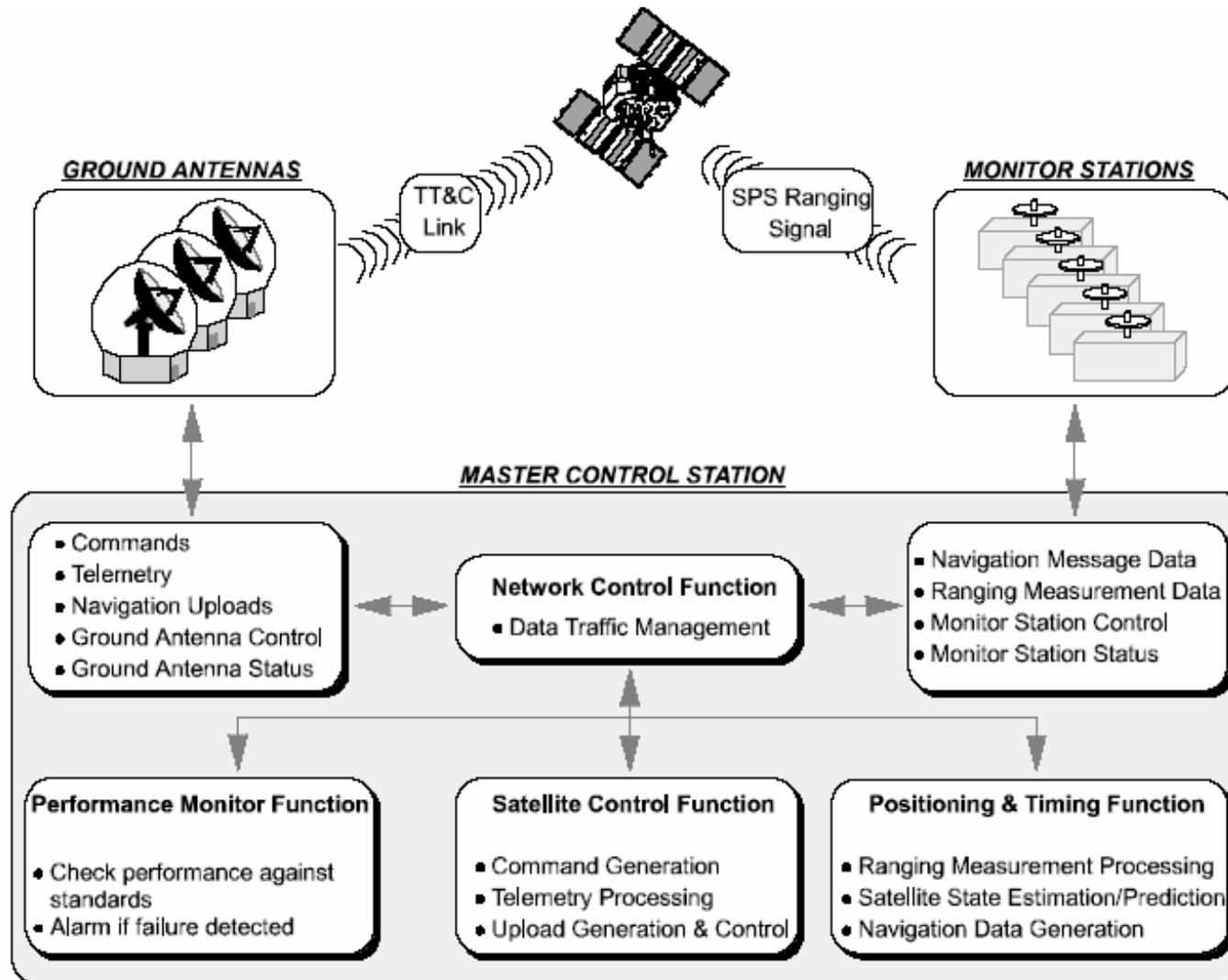
## Satellitenavigation

- GPS-Dienste
  - Standard Positioning System (SPS)
    - meist als C/A-Code (Coarse/ Acquisition-Code)
    - bis zum 30.04.2000 eine Genauigkeit von 100m horizontal und 156m vertikal
    - seit dem 01.05.2000, 25m horizontal und 43m vertikal
    - am 01.05.2000 wurde die künstliche Verfälschung (Selective Availability – SA) des C/A-Codes abgeschaltet

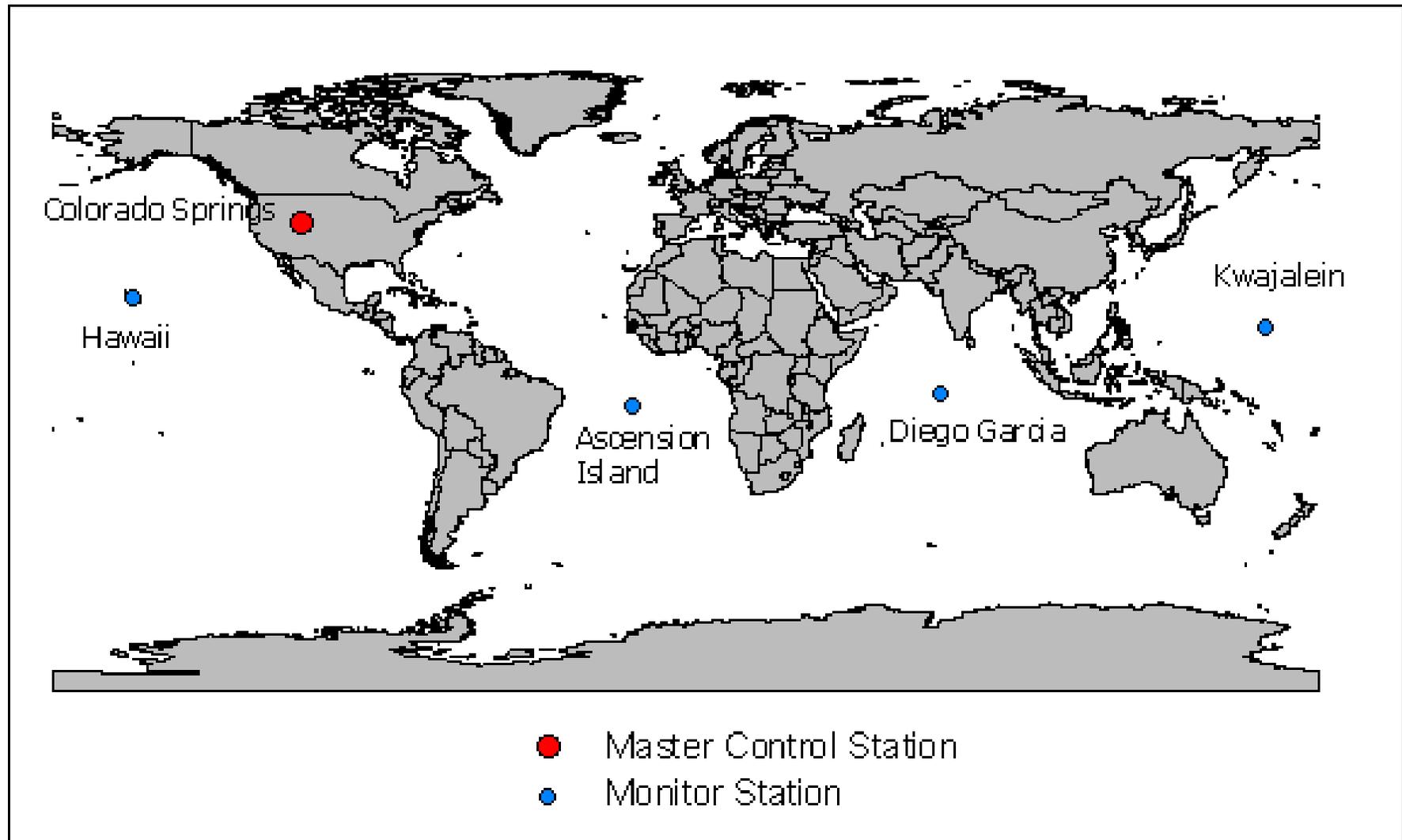
## Satellitennavigation

- GPS-Segmente
  - Raumsegment
    - die Satelliten
  - Kontrollsegment
    - Monitorstationen zur Verwaltung und Kontrolle der Satelliten
  - Benutzersegment
    - der GPS-Empfänger

# Satellitennavigation



## Satellitennavigation



## Satellitennavigation

- GPS-Signale
  - Frequenzen
    - L1: 1575,42 MHz für PPS/SPS
    - L2: 1227,6 MHz PPS
  - Alle Satelliten senden auf den selben Frequenzen, CDMA-Verfahren (Code Division Multiple Access)
  - Bi-Phase Shift Key Modulation (BPSK)
  - 20W Sender

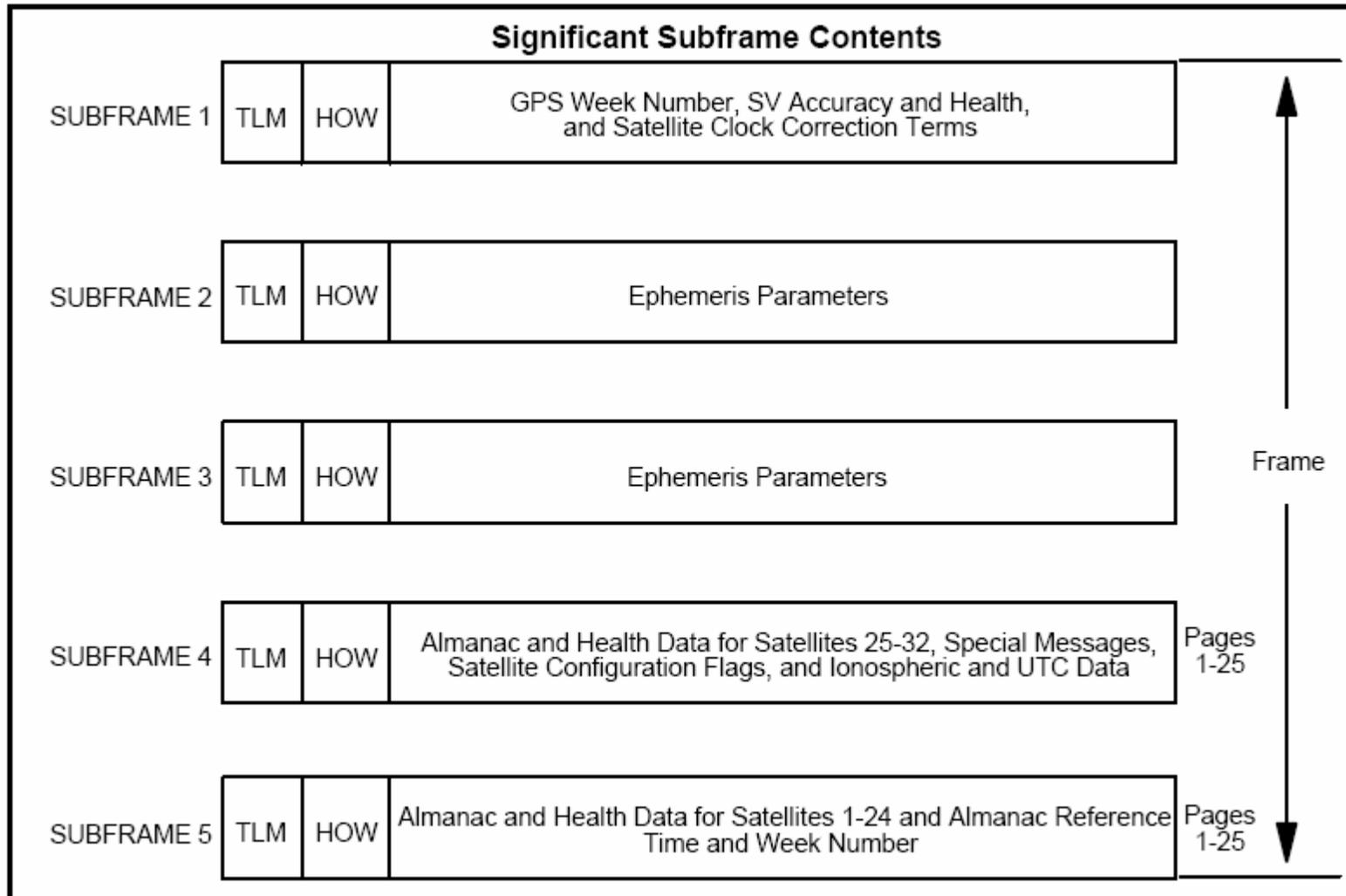
## Satellitennavigation

- GPS-Signale
  - PRN-Code : Pseudo-Random-Noise-Code
  - Länge von 1023 Bit für SPS
  - 37 PRN definiert 1-32 für Satelliten
  - Erzeugung durch 2 Schieberegister

## Satellitennavigation

- GPS-Signale
  - Navigationsdaten
    - 50bps auf den PRN moduliert (Modulo 2)
    - 1500 Bit, pro Subframe 300 Bit
    - Frame 4 und 5 in 25 Seiten aufgeteilt
    - mit paritybits zur Fehlererkennung

## Satellitennavigation



## Satellitennavigation

- GPS-Signale

PARAMETER	C/A SIGNAL	P SIGNAL
CODE CLOCK RATE - $R_C$	1.023 MCHIPS/SEC	10.23 MCHIPS/SEC
CODE LENGTH	1023 CHIPS (1 ms)	≈ 6 TRILLION CHIPS (1 WEEK)
DATA RATE	50 BITS/SEC	50 BITS/SEC
TRANSMISSION FREQUENCY	L1 = 1575.42 MHz = 1540 $R_C$	L1 = 1575.42 MHz = 154 $R_C$ L2 = 1227.6 MHz = 120 $R_C$

## Satellitennavigation

- Fehlerquellen
  - Ionosphären/Troposphären-Fehler
  - Multipath Fehler
  - Falsche Satellitendaten (Uhr, Orbit)
  - GDOP (Geometric Dilution of Precision)
  - Ungenauigkeiten im Empfänger

## Satellitenavigation

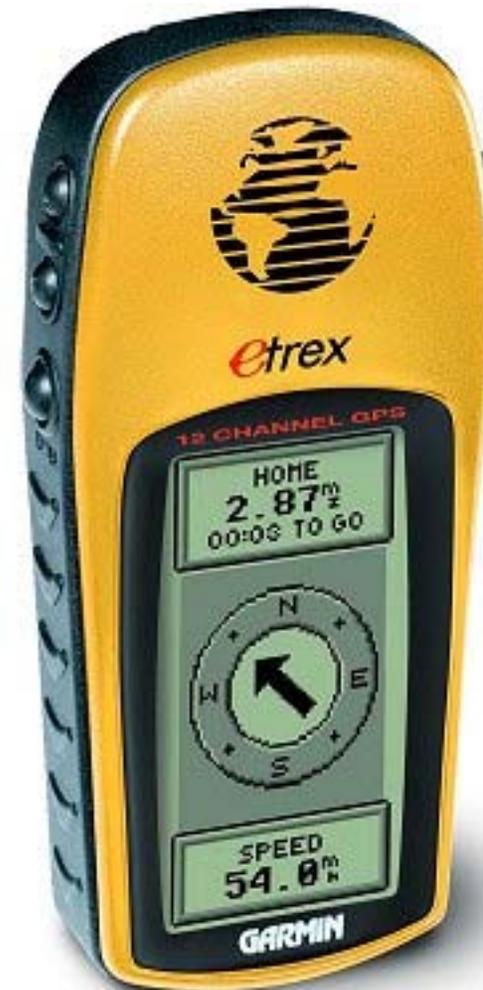
- GPS-Empfänger
  - Weitere Funktionen
    - Geschwindigkeitmessungen
    - Wegpunkte und Rückführung
  - Warmstart :
    - Almanachdaten aktuell
    - Dauer : 15s
  - Kaltstart :
    - keine aktuellen Almanachdaten vorhanden.
    - Dauer : 45s

## Satellitennavigation

- GPS-Empfänger
  - typische Betriebsdauer 12h mit einem Batteriesatz
  - teure Geräte mit Kartenmaterial
  - Preise ab €100 für einfach Geräte
  - ca. €400 für Geräte mit Farbdisplay

## Satellitennavigation

- GPS-Empfänger
  - Beispiele :



## Satellitennavigation

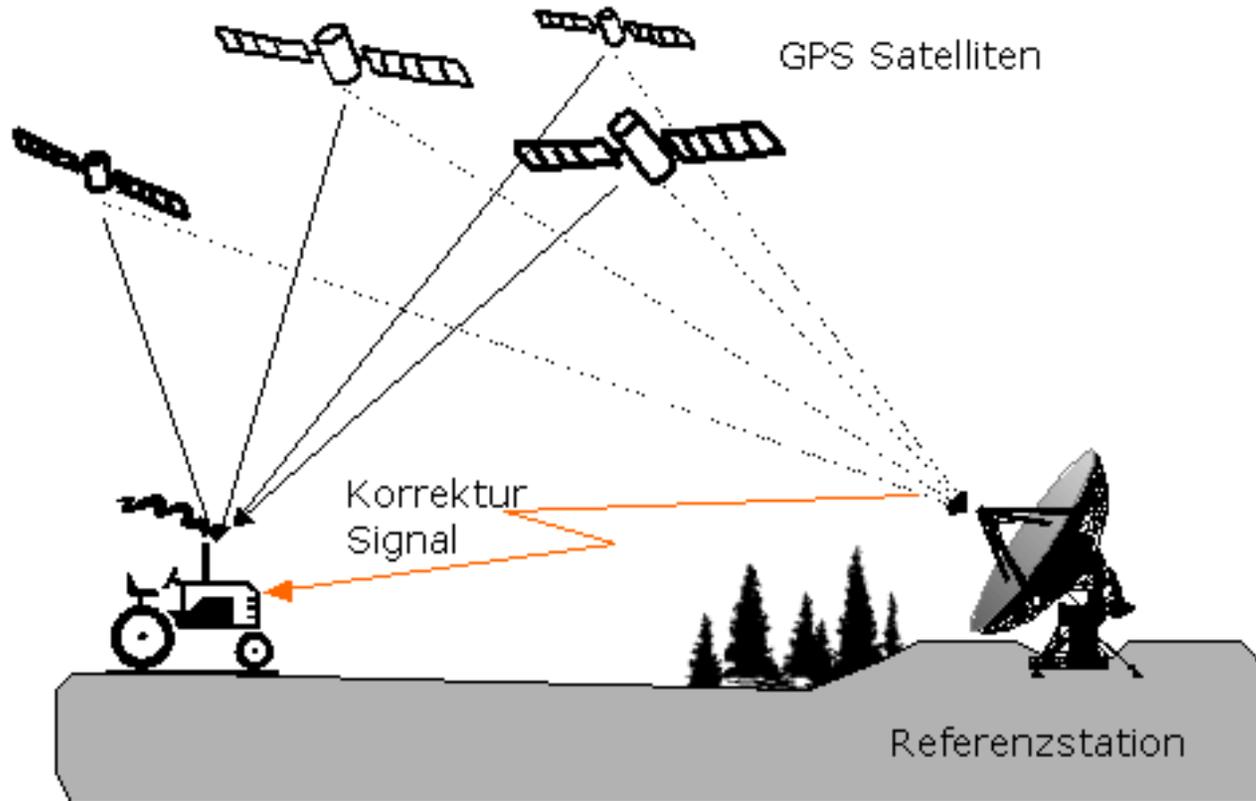
- DGPS
  - Bei kleinem Abstand der Empfänger sind Fehler sehr ähnlich
  - Basisstation berechnet Fehler und verschickt diese Information
  - Voraussetzung: die selben Satelliten werden zur Fehlerberechnung genutzt

## Satellitenavigation

- DGPS
  - Umsetzung: lokale Fehler der Abstandsberechnung fuer jeden Satelliten werden verschickt und Gleichungssystem wird korrigiert
  - Ergebnis: Genauigkeit viel besser: nur 1-3 Meter Abweichung

## Satellitennavigation

- DGPS



## Satellitennavigation

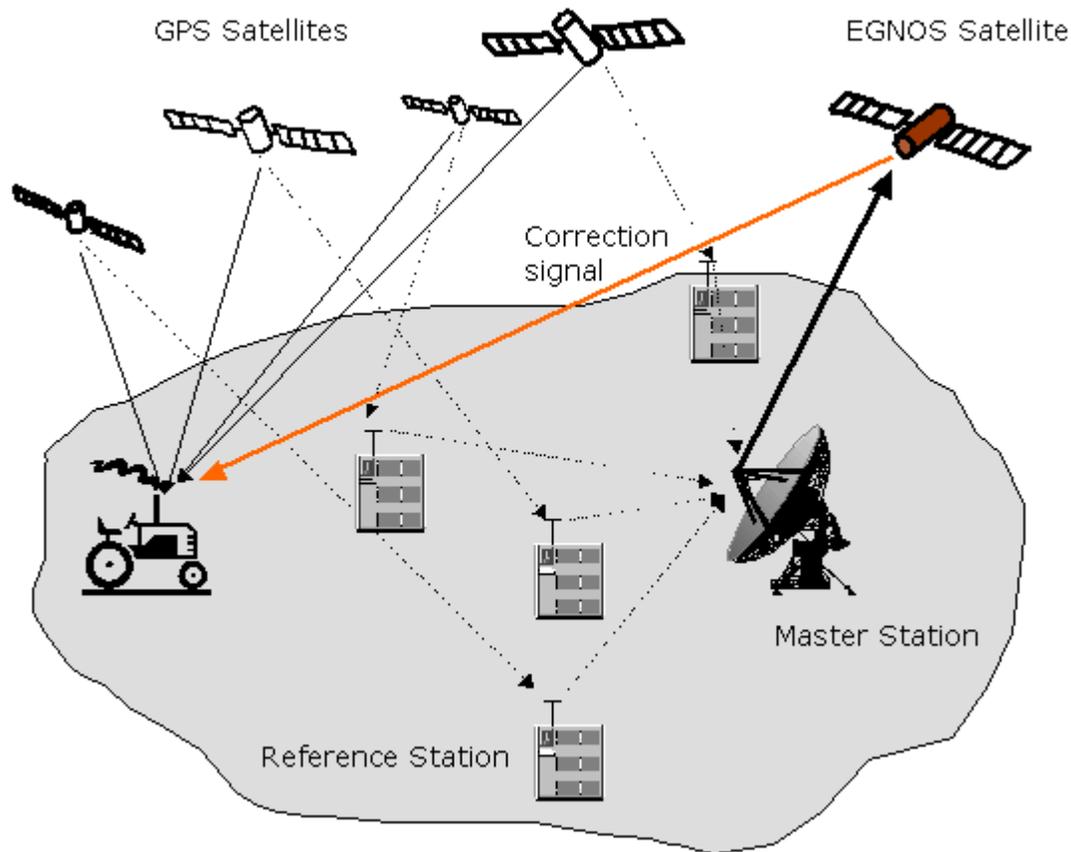
- WAAS (Wide Area Augmentation System)
  - Uebertragung der Fehler nicht terrestrisch, sondern mit geostationaeren Satelliten
  - Entwickelt für den Luftverkehr in der USA
  - LAAS (Local Area Augmentation System)
    - lokale Referenzsender, sehr genau
  - MSAS in Japan
  - EGNOS in Europa

## Satellitennavigation

- EGNOS
  - European Geostationary Navigation Overlay System
  - zur Zeit im Testbetrieb
  - europäisches WAAS
  - 34 Refrenzstationen
  - Korrektursignale auf L1-Frequenz
  - 1.Stufe des GNSS (Global Navigation Satellite System)

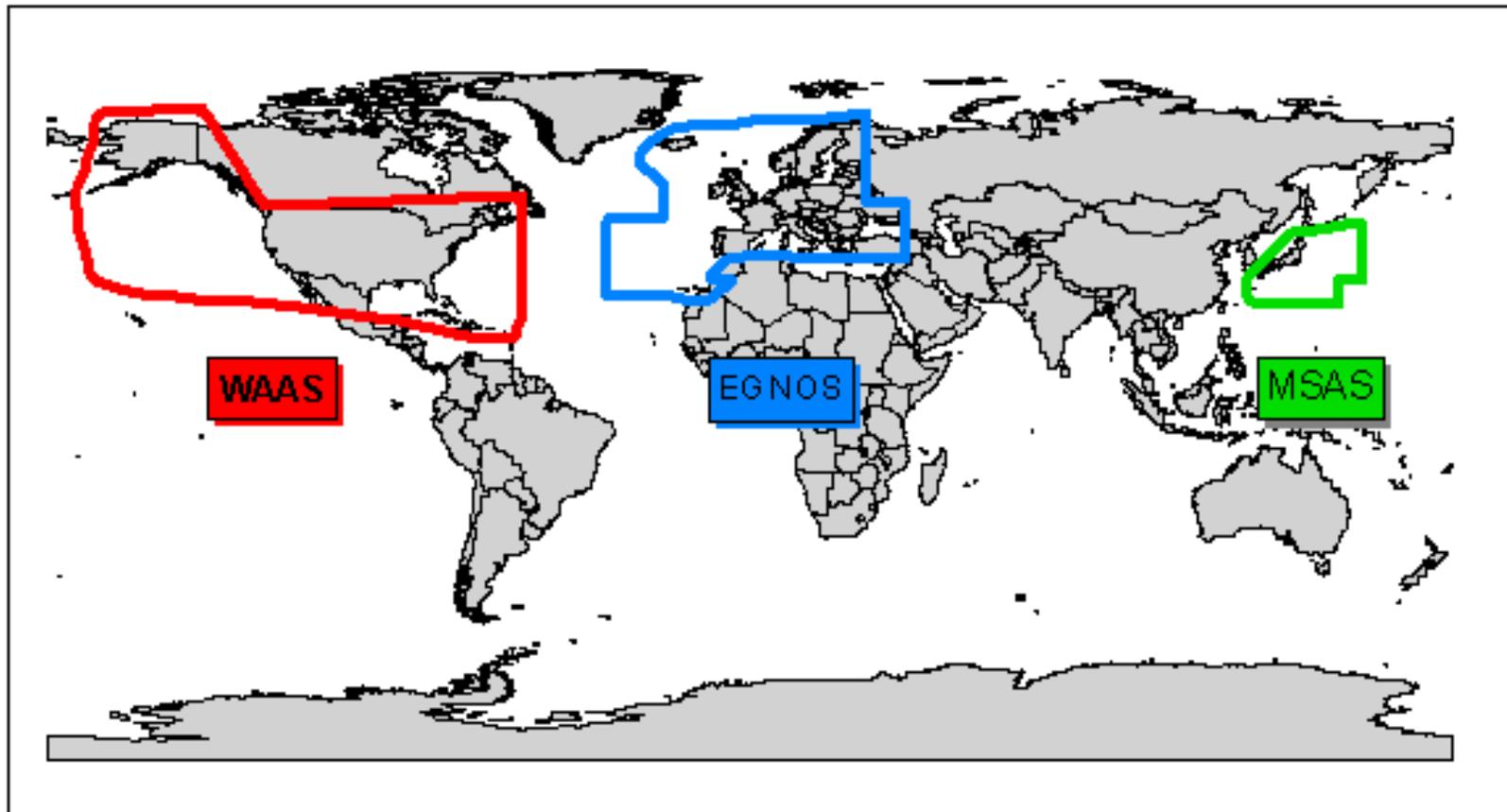
## Satellitennavigation

- Funktionsprinzip WAAS/ EGNOS/ MSAS



## Satellitennavigation

- Reichweite WAAS/ EGNOS/ MSAS



## Satellitennavigation

- Fehlerquellen Zusammenfassung

Fehlerart	GPS	DGPS
Sat.-Uhr	1,5m	0,0m
Orbit	2,5m	0,0m
Ionosphäre	5,0m	0,4m
Troposhäre	0,5m	0,2m
Rauschen	0,3m	0,3m
Multipath	0,6m	0,6m

## Satellitenavigation

- GLONASS
  - Betriebsbeginn 1996
  - Alle Satelliten benutzen den selben PRN-Code, aber eine andere Frequenz
  - Zum Start 24 Satelliten
  - zur Zeit nur noch 8 Satelliten funktionsfähig
  - Zukunft ungewiss...

## Satellitennavigation

- Galileo
  - Beschluß von 1999
  - 2.Stufe für das GNSS
  - Erster Testsatellit für 2005 geplant
  - Geplante Fertigstellung 2008
  - Unterschiede zu GPS
    - 3 Dienste
      - freier Dienst
      - verschlüsselter Bezahltdienst
      - verschlüsselter Dienst für die Staatsorgane

## Satellitennavigation

- Unterschiede zu GPS fort.
  - Höhere Zuverlässigkeit
  - integration vom SAR-System
  - Zivile Kontrolle

noch Fragen???