Galileo, GNSS, EGNOS und WAAS - Neues aus der Welt der Satellitennavigation

47. Weinheimer UKW-Tagung 2002, Weinheim

Dipl.-Ing. Erich H. Franke
DK6II
Königsbach-Stein
erich.franke@afusoft.com

Öffentlich zugängliche Systeme

- **Global Positioning System GPS, (U.S.A.)**
  - 24 nutzbare Satelliten in sechs Bahnebenen bei ca. 20183km
  - Code-Multiplex auf zwei Frequenzen
    L1: 1575.42 MHz, L2: 1227.60 MHz
  - Codespreizung C/A : 1.023 Mch/s, P: 10.23 Mch/s
  - Zur Bestimmung einer 3D-Position ist der
    gleichzeitige Empfang von vier Satelliten notwendig.
  - nutzbare Genauigkeit (unkorrigiert)
    seit Mai 2000 ohne SA 20..50 m (SPS), 10..20 m (PPS)
    mit externer Genauigkeitssteigerung (DGPS): 3..10 m
    bei Trägerphasenmessung: Zentimeterbereich
  - Betreiber: U.S. Regierung,
    Interagency GPS Executive Board (IGEB)

Öffentlich zugängliche Systeme

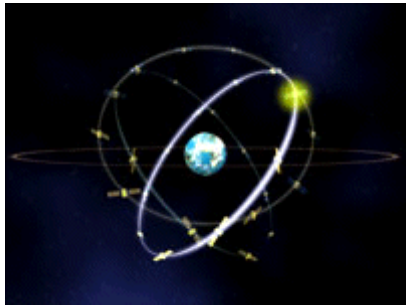
- **Global Navigation Satellite System GLONASS, (RUS)**
  - 24 nutzbare Satelliten in drei Bahnebenen bei ca. 19100 km
  - Frequenz-Multiplex
    f_c=1602,0 MHz, Offset=562,5 kHz
  - BPSK 50 bit/s
  - Zur Bestimmung einer 3D-Position ist der gleichzeitige Empfang von vier Satelliten notwendig.
  - nutzbare Genauigkeit (unkorrigiert)
    ca. 57..70 m (SP), k/a (HP)
    mit externer Genauigkeitssteigerung (wie bei DGPS): 3..10 m
    bei Trägerphasenmessung: Zentimeterbereich
  - Betreiber: RUS Regierung, Russian Space Force

Motivation für ein neues Systeme

- **Geplantes Europäisches System GALILEO, (EU)**
  - Sichtbarer Markt von +10Mrd Euro in Europa ab Y 2010, mehr als 50 Mrd Euro weltweit
  - Potentielles Volumen von +100k zus. Arbeitsplätzen in der EU
  - Reduktion der politischer Abhängigkeit bzgl.GPS (USA) und GLONASS (RUS)
  - Spezifischer Zuschnitt auf zivile / sicherheitskritische Anwendungen:
    - Nachweisbare Verfügbarkeit mit Warnmeldungen
    - Überprüfte und überprüfbare Integrität -> Luftfahrt
    - Verfügbarkeit auch in hohen geographischen Breiten
  - Eignung für den ‚Breitenmarkt' durch ‚Mehrwert-Dienste'

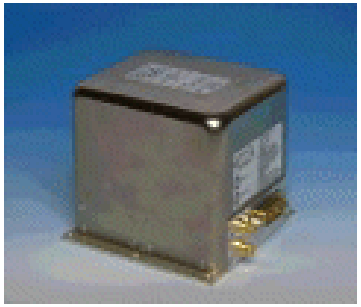
GALILEO

- **Geplantes Europäisches System GALILEO, (EU)**
  - 30 geplante Satelliten in drei Bahnebenen bei ca. 23222 km
  - E5A-E5B: 1164..1215 MHz, E6:1260-1300 MHz
    E2-L1-E1, 1559..1591 MHz (|| GPS)
  - Variable Datenraten 250 bit/s bis 1500 bit/s
  - 10 Datenströme: 6 zivil/kommerziell,
    2 kommerziell, 2 ‚public safety‘
  - Spezielle Inhalte zur Integritätsprüfung,
    z.B. Flags für ‚Time to alert‘ 6 Sekunden
  - nutzbare Genauigkeit (geplant)
    10m @ 70% availability : ‚Mass Market‘
    4m @ 99% availability: ‚Safety Critical Market‘



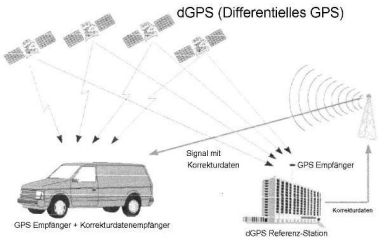
GALILEO Zeitplanung

- ab 1999: Start Definitionsphase durch ETC (EU Transport Commission)
- 2001-2005: Entwicklung kritischer Komponenten
  - Clock Monitoring/CU: Rubidium, $5*10^{-13}$ über 100 sec
  - Passiver Wasserstoff-MASER
  - 50W Power Aplifier und Output MUX
  - Navigation Antenna
- 2004-2005: In-Orbit-Validation (IOV)
- 2006-2007: Initial Operation Capability
- 2008-2010: Full System Deployment



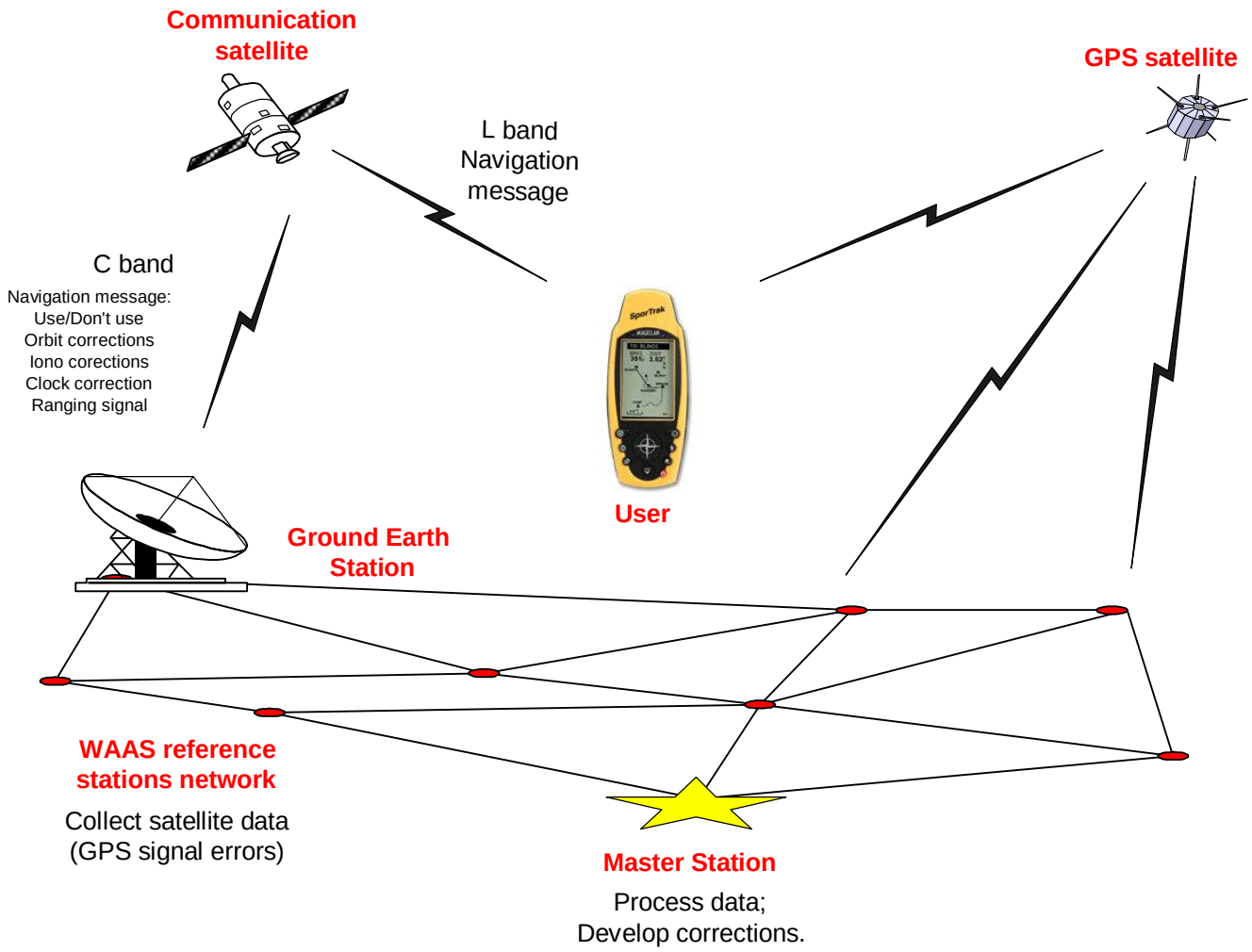
In der Zwischenzeit...

- **Genauigkeitsverbesserung durch Differenztechnologie (terrestrisch, GBAS)**
  - ‚öffentliche' Dienste (RTCM U.S. Coast Guard, RASANT)
  - kommerzielle Dienste (DCI, ALF)
  - Dienste für spezielle Anforderungen (z.B. SAPOS)
  - Kombination GPS / LORAN (EuroFix)
  - Pseudolites



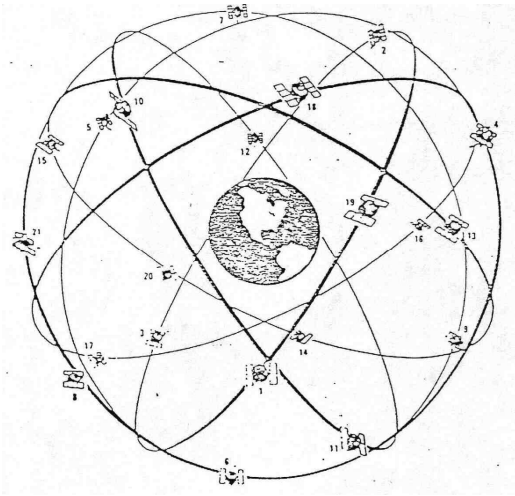
- **Genauigkeitsverbesserung durch Differenztechnologie (SBAS, satellitengestützt)**
  - European Ground Navigation Overlay System (EGNOS, E.U.)
  - Wide Area Augmentation System (WAAS, U.S.A.)
  - MTSAT Satellite-based Augmentation System (MSAS, JP)
  - Andere kommerzielle SBAS

Prinzip der SBAS



Eigenschaften von EGNOS & Co

- Liefert Korrektur für GPS und GLONASS
- Integrity-Information zusammen mit Korrektur-Signal
  (GNSS-Integrity Channel)
- Vorwarnzeit bei Ausfällen kleiner
  6 Sekunden (FAA!)
- GPS und Korrekturinformation über gleiche Antenne
- Der ‚Treiber‘ ist die Zivilluftfahrt



Satellite based Augmentation Systems SBAS

- **European Ground Navigation Overlay System (EGNOS, E.U.)**
  - ‚GALILEO Stufe 1‘ und E.U. Beitrag zu GNSS-1
  - Betreiber: European Tripartite Group /ESA, EU, Eurocontrol)
  - Aussendung kompatibel zu GPS (L-Band)
  - Geostationäre Satelliten:
    - INMARSAT 3-F2, Atlantic Ocean Region (AOR-E) 15,5° West
    - ARTEMIS 21.5° Ost
    - INMARSAT 3-F1, Indian Ocean Region (IOR) 65,5° Ost

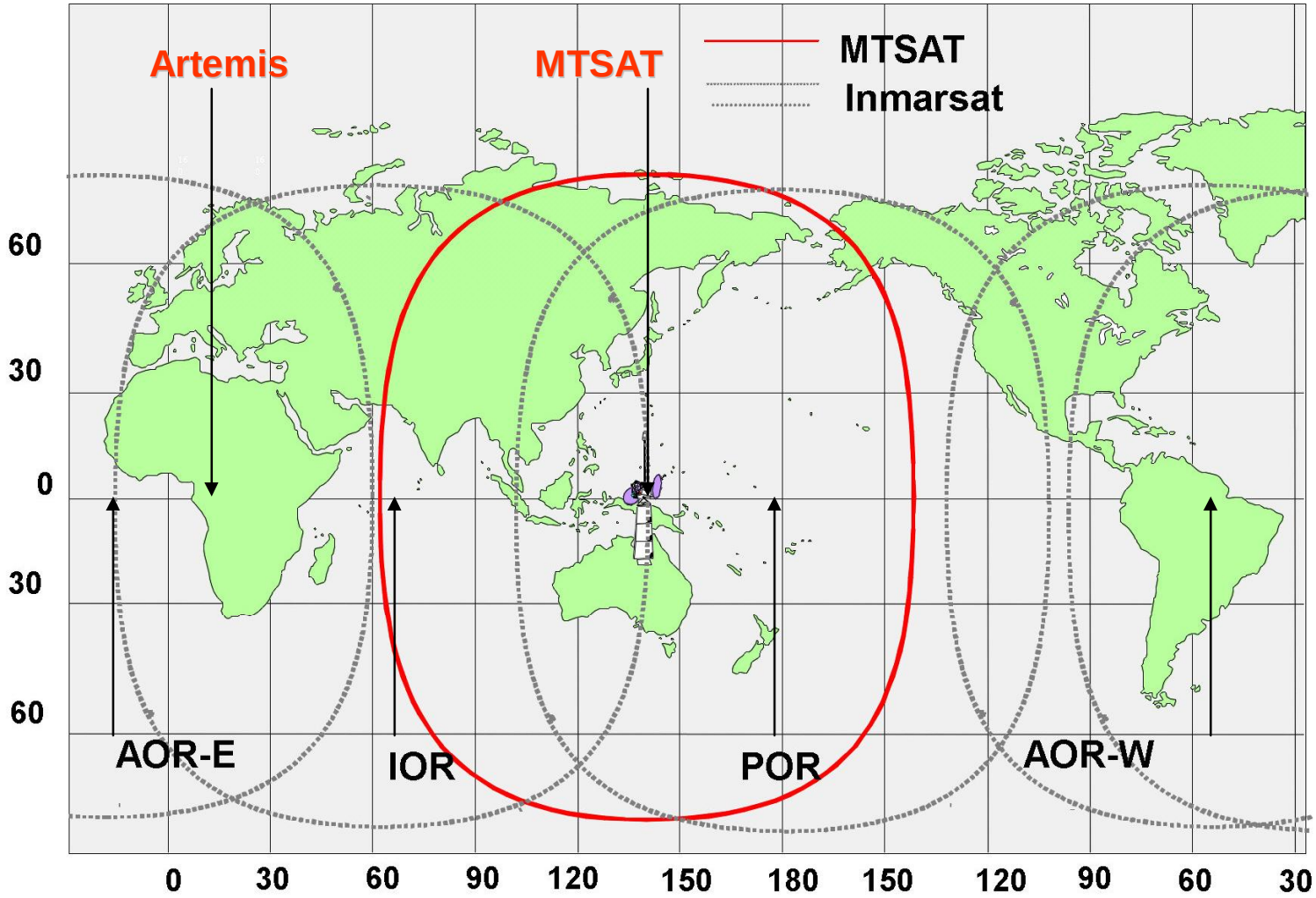
Satellite based Augmentation Systems SBAS

- **Wide Area Augmentation System (WAAS, U.S.A.)**
  - U.S. Beitrag zum Global Navigation Satellite System (GNSS-1)
  - Betreiber: U.S. Federal Aviation Administration (FAA)
  - Aussendung kompatibel zu GPS (L-Band)
  - Geostationäre Satelliten:
    - INMARSAT 3-F3, Pacific Ocean Region (POR) 178° Ost
    - INMARSAT 3-F4, Atlantic Ocean Region (AOR-W) 54° West

Satellite based Augmentation Systems SBAS

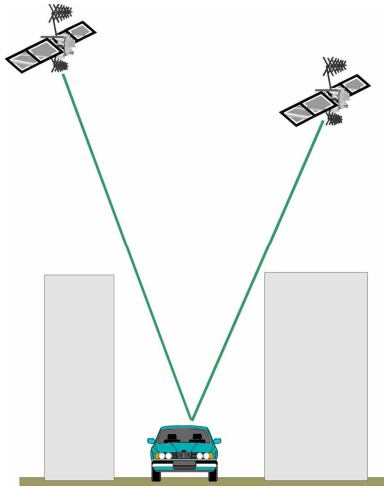
- **MTSAT Satellite-based Augmentation System (MSAS, Japan)**
  - Japanischer Beitrag zu GNSS-1
  - Betreiber: Civil Aviation Bureau of Japan (JCAB)
  - Aussendung kompatibel zu GPS (L-Band)
  - Geostationäre Satelliten:
    - MTSAT-1 (Start geplant FY 2003) 127° Ost
    - MTSAT-2 (Start geplant FY 2004)

Verfügbarkeit der SBAS



Planung der Implementierung

International Regions Implementing Satellite-Based Augmentation Systems (SBAS)

Was bringt SBAS in der Praxis

- Bereits heute zeitweise Genauigkeiten unter drei Meter ‚aus der hohlen Hand' erzielbar.
- ‚Nahtlose' Integration in bestehende Systeme
- Bereits heute tragbare GPS/WAAS Empfänger (Handheld) verfügbar
- Problemkreis: ‚tief' stehende geostationäre Satelliten
- Günstige Kombination SBAS / GBAS
  (z.B. RAVEN)