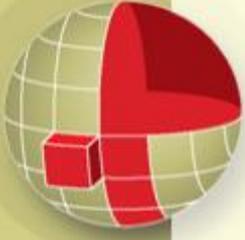


Bedeutung der Satellitennavigation für die künftige Nutzung des Radars

Dr.-Ing. Martin Sandler

in – innovative navigation
GmbH

Leibnizstr. 11
70806 Kornwestheim



Gliederung

- Historisches und Grundlagen
- Differentielles GPS
- GPS Kompass
- Von GPS zu GNSS
- Ausblick



Historisches und Grundlagen

Geschichte GPS

- Entwickelt als militärisches System USA
 - „Ziviles“, allgemein verfügbares Signal, C/A Code (**C**oarse **A**cquisition)
 - „Militärisches“, geheimes Signal, P(Y)-Code (**P**recision)
- Start des ersten Satelliten: 1978
- „Initial operational capability“: 12 / 1993
- „Full operational capability“: 07 / 1995



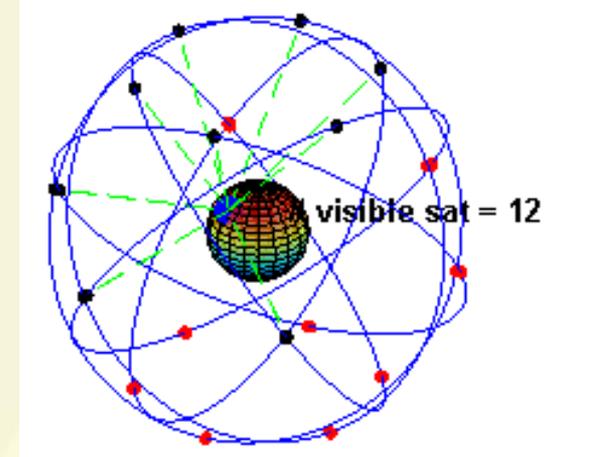
Quelle: de.wikipedia.org/wiki/GPS



Historisches und Grundlagen

Aufbau GPS

- Satelliten im Weltraum
 - 6 Bahnen
 - Signale auf Trägerfrequenzen L1 (1,57 GHz) und L2 (1,23 GHz)
- Kontroll-Segment am Boden
 - ermittelt u.a. genaue Bahn- und Uhrendaten der Satelliten, die mit ausgestrahlt werden



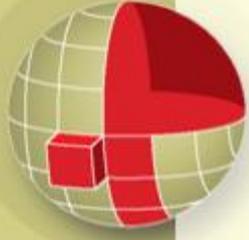
Quelle: de.wikipedia.org/wiki/GPS



Historisches und Grundlagen

Aufbau GPS

- Benutzersegment: GPS-Empfänger
 - Empfang von mind. 4 Satelliten für Bestimmung der 4 „Unbekannten“
 - Position (3D)
 - Zeitdifferenz Empfänger – Satelliten
- Unterschiedliche Messungen im Empfänger
 - Code-Phase (C/A-Code Segmentlänge ca. 300 m)
 - Trägerphase (Wellenlänge L1: ca. 20 cm)

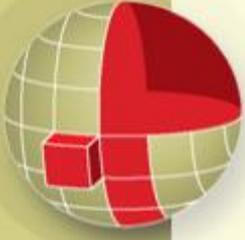


Historisches und Grundlagen

Aufbau GPS

Besondere Herausforderungen beim Einsatz in der Binnenschifffahrt

- Eingeschränkte Satellitensichtbarkeit (enge Täler, in Schleusenkammern)
- Abriss des Empfangs bei Brückendurchfahrt



Differentielles GPS

- Fehlerquellen bei GPS
 - Fehler in den Satelliten
 - Fehler bei der Signalausbreitung
 - Fehler im Empfänger
 - Bis zum Jahr 2000: Selective Availability, absichtliche Fehler in zivilem GPS – Signal
- Differentielles GPS: relativ zu einer Messung an einer bekannten Position
 - Eliminierung der Satellitenfehler
 - Reduktion der Fehler bei Signalausbreitung (Übertragungswege ähnlich)



Differentielles GPS

Echtzeit-Realisierung

- Empfänger an bekannter Position bestimmt Fehler in den Messungen
- Erzeugung von Korrekturdaten (z.B. RTCM Format)
- Übertragung zum navigierenden Empfänger



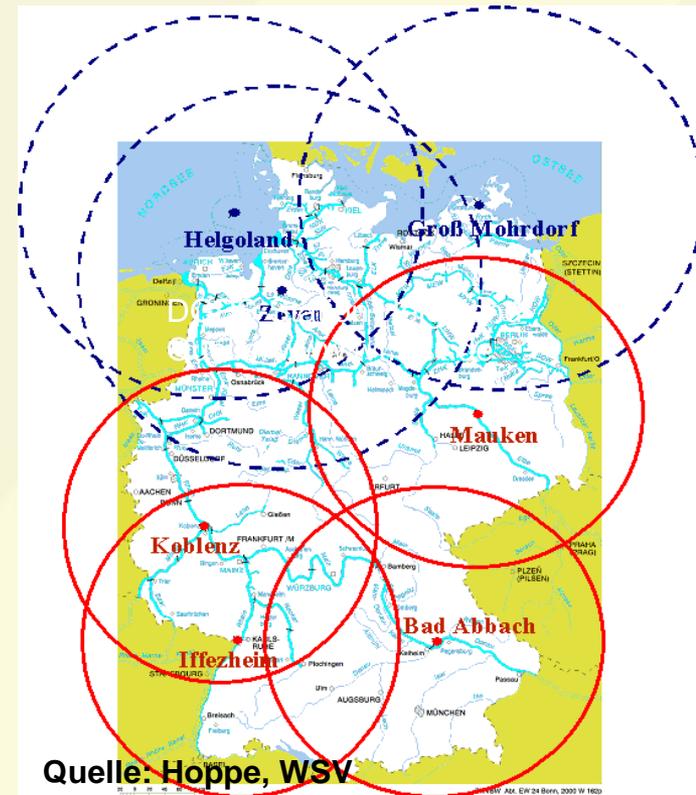


Differentielles GPS

Operationelle Korrekturdatendienste

IALA – Beacons

- Netzwerk von Referenzstationen und Sendern in Deutschland
- Übertragung auf Mittelwellen-Frequenz (285 – 325 kHz, 100 bit/s)
- flächendeckend verfügbar
- Empfänger muss über Mittelwellen-Empfänger verfügen.



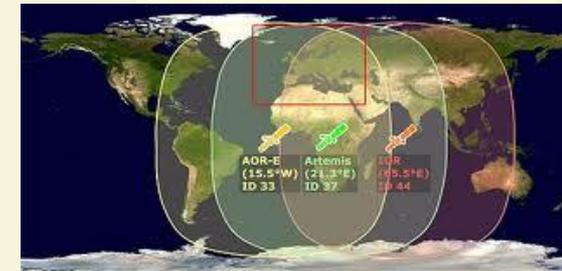


Differentielles GPS

Operationelle Korrekturdatendienste

EGNOS

- Netzwerk von Referenzstationen
- Übertragung durch geostationären Satellit
- Codierung / Format analog zu GPS
- Empfang durch „GPS-Kanal“ im Empfänger
- Integrität (Schwelle 40 m)



Quelle: www.kowoma.de



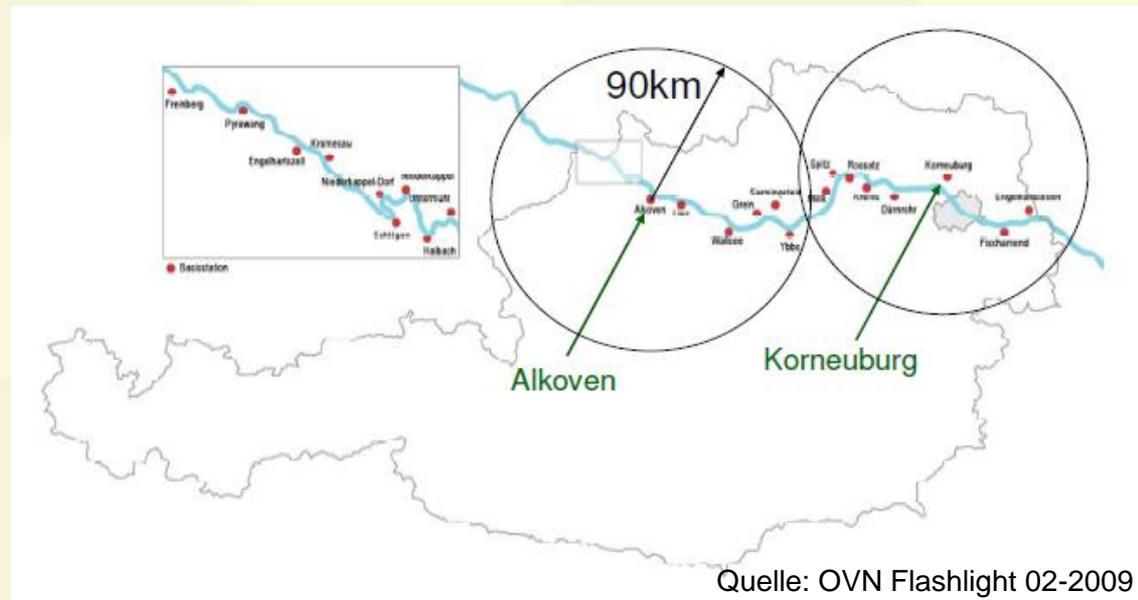


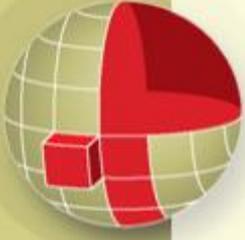
Differentielles GPS

Operationelle Korrekturdatendienste

AIS Message 17

- Ausstrahlung über AIS-Basisstationen (VHF)
- In Österreich im Einsatz
- Für interne GPS-Empfänger im AIS-Transponder





Differentielles GPS

Nutzung von GPS in der Schifffahrt

- Position mit Genauigkeit besser 5 m
- Heute fast auf jedem Schiff zu finden
- Basis für Kartenanzeige in Inland-ECDIS-Systemen
 - Position
 - Course over Ground / Speed over ground
- Positionen bei Inland-AIS (über internen GPS-Empfänger)



GPS-Kompass

Bestimmung der Vorausrichtung des Schiffes

- GNSS-Systeme mit mehreren Antennen
 - Abstände zwischen den Antennen sind bekannt
 - Auswertung von Trägerphasenmessungen
 - Stützung durch Inertialsensoren bei Signalunterbrechungen





GPS-Kompass

Gegenwärtige Nutzung

- Ersatz für Magnetkompass bei Fahrt in Zone 2 (Seeschifffahrtsstraßen)
- Vorausrichtung des Schiffes wird benötigt um Radarbild (schiffsfest) in einer Karte der Wasserstraße darstellen zu können
→ Inland-ECDIS-Navigationssysteme
- Einblendung von AIS auf Radarschirm (Head-Up-Darstellung)
- Schiffsorientierung für AIS-Transponder



GPS-Kompass

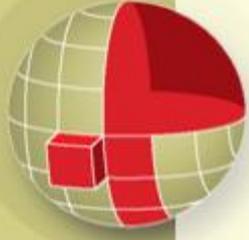
Zukünftige Nutzung

- Fahrerassistenzfunktionen
 - Automatische Bahnführung
- Größere Verbreitung in der Binnenschifffahrt

Frage:

Integritätsprüfung der GPS-Auswertung -

Wie kann man erkennen, dass ein GPS-Ergebnis zuverlässig ist ?

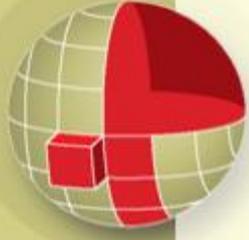


Von GPS zu GNSS

Global Navigation Satellite System

Aufbau eigener Satellitennavigationssysteme außerhalb der USA

- Russland: **GLONASS** 24 Satelliten
- China: **BeiDou** ca. 16 Satelliten, im Aufbau
- Europa: **Galileo** 4 Satelliten, im Aufbau
- Japan: **QZSS** Ergänzung, z.Z. 1 Satellit



Von GPS zu GNSS

Weiterentwicklung der GNSS-Satelliten

Nutzung zusätzlicher Frequenzen / Signale

- GPS zivil: L1, L2C, L5 (1,17 GHz)
- Glonass: L1, L2
- BeiDou: E1, E2, E5B, E6
- Galileo: 3 Frequenzbereiche L1, E6, L5 (ähnlich GPS)

→ Empfang auf mehreren Frequenzen ermöglicht Korrektur ionosphärischer Effekte



Von GPS zu GNSS

Nächste Generation von GNSS-Chips kann Signale verschiedener Frequenzen und Systeme verarbeiten, z. B.

- **Garmin:** GPS 19, 32 Kanal,
GPS + GLONASS + Galileo + QZSS
- **Trimble:** R10, 440 Kanal,
GPS + GLONASS +
BeiDou + Galileo





Von GPS zu GNSS

Nutzen für die Binnenschifffahrt

- Höhere (Positions)genauigkeit
 - Mittelung über mehrere erfasste Satelliten
 - bei eingeschränkter Satellitensichtbarkeit, z.B. Einfahrt in leere Schleusenkammer
 - Bei Mehrfrequenz-Auswertung, Korrektur der Einflüsse der Ionosphäre

- Bessere Integritätsprüfungen



Von GPS zu GNSS

Hochgenaue Auswertung

Erforderlich nach heutigem Stand:

- GNSS Empfänger mit Trägerphasenauswertung, ab ca. 7000 €
- Korrekturdatendienste für hochgenaues GPS, ca. 3000 €/Jahr

→ Positionsgenauigkeit 10 cm oder besser

→ Preise wahrscheinlich weiter fallend





Von GPS zu GNSS

Hochgenaue Auswertung

Zusätzliche Vorteile:

Weitergehende Fahrerassistenzfunktionen

- ✓ beim Anlegen
- ✓ bei Schleuseneinfahrten
- ✓ als Brückenanfahrwarnung



Von GPS zu GNSS

Korrekturdatendienste für hochgenaues GPS

Nutzung von AIS VDE für die Übertragung von Korrekturdaten

- Zusätzliche Datenkanäle im VHF – Bereich
- Voraussetzung ist flächendeckende AIS-Landinfrastruktur



Von GPS zu GNSS

Korrekturdatendienste für hochgenaues GPS

Neue Art von Auswertung und Korrekturdaten:

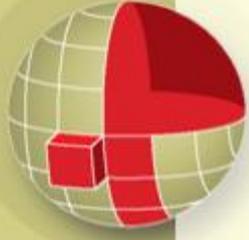
PPP (Precise Point Positioning)

- Unabhängig von lokalen oder regionalen Referenzstationen, hochgenaue Bahn- und Uhrdaten der Satelliten
- Ausstrahlung über Satellit oder Mobilfunk
- Kommerziell verfügbar:
z.B. Trimble Centerpoint RTX
- Nachteil: Lange Initialisierungszeit (30 Min)



Ausblick

- Ein GNSS-Empfänger ist heute Standardausrüstung eines Binnenschiffs
- Die Ausrüstung mit GNSS-Kompassen ist angelaufen
- Empfängersysteme, die auf Satelliten mehrerer GNSS-Systeme zurückgreifen, werden weitere Verbesserungen bringen
- Nutzung von Trägerphasen-Auswertung und mehreren Frequenzen wird Genauigkeiten im cm-Bereich erlauben



Ausblick

- Radar wird seine herausragende Stellung als Sensor zur Erfassung der Navigationsumgebung bei „Nacht und Nebel“ behalten
- Von GNSS „gestützte“ Darstellungen, Funktionen und Anwendungen werden an Bedeutung zunehmen
- Weitergehende Integration der Systeme zur Schiffsführung

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit !

