



Verwundbarkeit von GNSS – Eine Chance für Galileo?

GNSS Interferenz Monitoring

Dr. Philipp Berglez

TeleConsult
AUSTRIA

TeleConsult Austria GmbH

7. Navigations-Get-Together zum Thema „Aktuelle Projekte im Bereich Navigation“

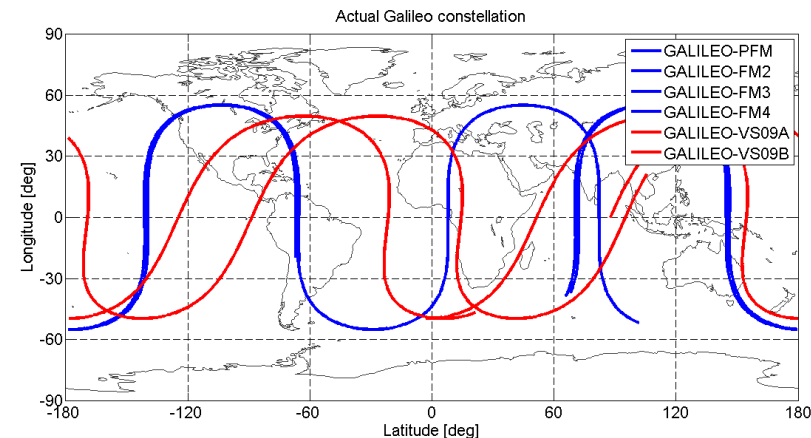
Wien, 20. Mai 2015

Aktueller Status und Probleme

- Galileo befindet sich am Anfang der Initial Operational Capability Phase
- Derzeit sind 8 Galileo Satelliten im Orbit
- Erster Start von zwei Galileo FOC Satelliten fand am 22. August 2014 statt
 - Satelliten befanden sich in einer nicht nominellen Umlaufbahn auf Grund von Problemen bei der Fregat

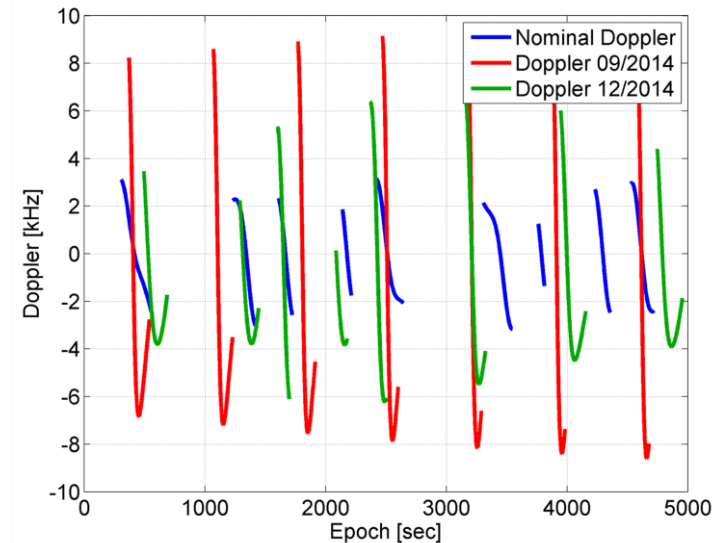
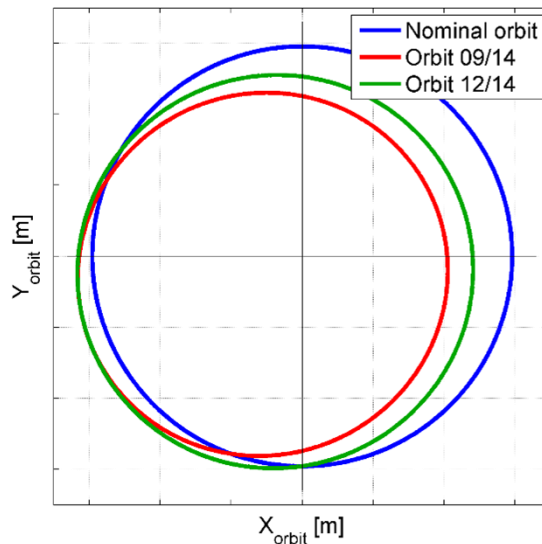
• Probleme:

- Viel zu elliptische Umlaufbahnen
 - Van-Allen-Strahlungsgürtel
 - Ausrichtung des Satelliten
 - Brennstoff ist limitiert
 - Große Doppler-Verschiebung
 - Bahnparameter können nicht in Navigationsnachricht abgebildet werden
- ESA untersucht die Möglichkeiten das Beste aus der Situation zu machen



Aktueller Status und Probleme

- Umlaufbahnen von Galileo 5 und 6 wurden angehoben
 - Höherer und kreisförmigere Umlaufbahn
 - Außerhalb des Van Allen Strahlungsgürtels
 - Orbit-Wiederholrate von 20 Tagen



- Anfang Dezember 2014 wurde das erste Signal von Galileo 5 empfangen und zur Positionsbestimmung verwendet

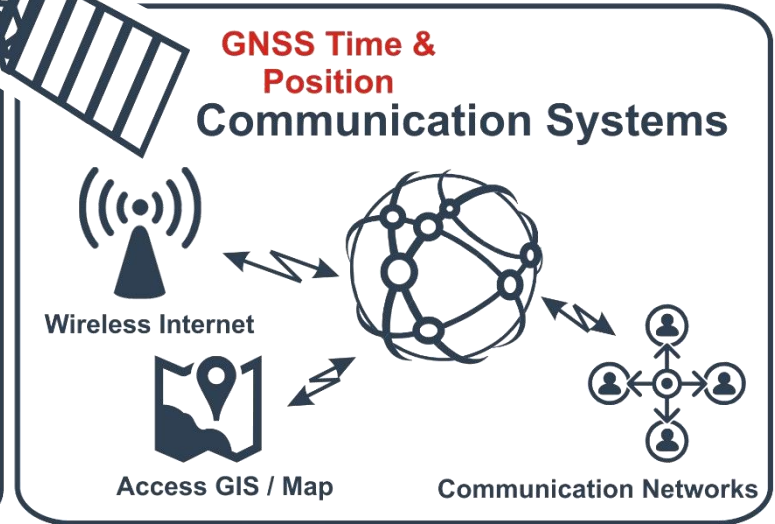
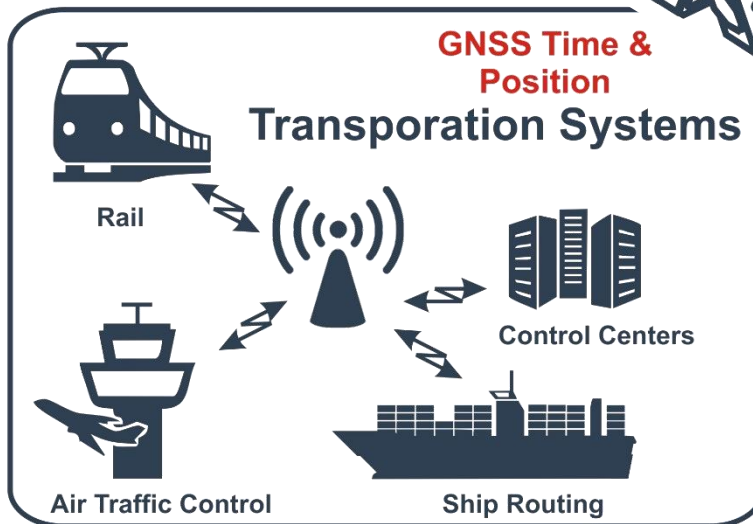
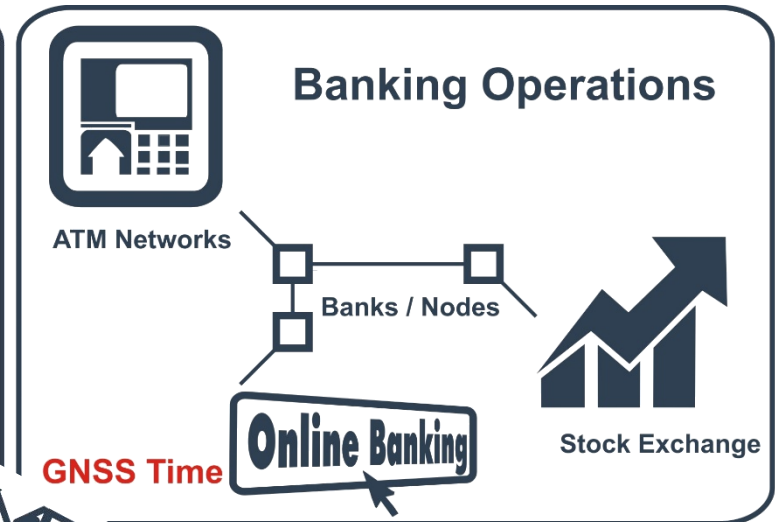
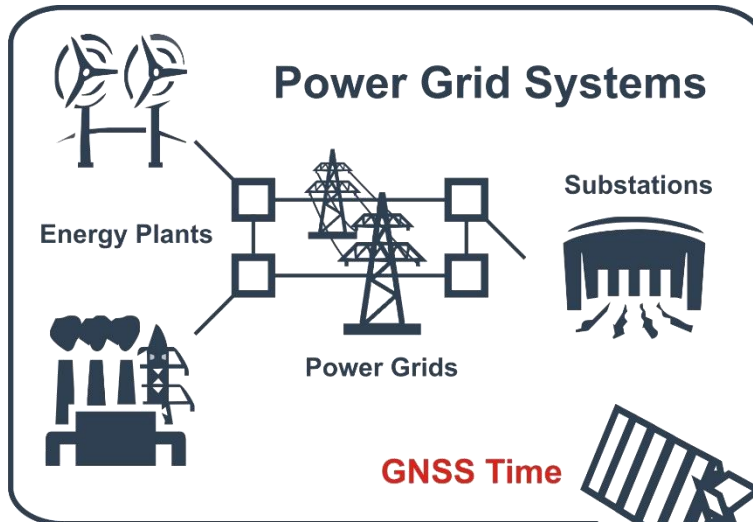
Ist Galileo ein Erfolg?

- Galileo hat einen nutzerorientierten Ansatz
 - Unterschiedliche Services für zivile Nutzer
 - Vollständig unter ziviler Kontrolle
 - Unabhängig von GPS, GLONASS, Beidou
 - Interoperabel mit anderen GNSS
- Galileo – die bisherige Erfolgsgeschichte
 - Praxistauglichkeit von Schlüsseltechnologien wurde gezeigt
 - Außergewöhnlich stabile passive Wasserstoff-Maser-Uhr – die fortschrittlichste Uhr, die bisher für Navigation verwendet wurde
 - Erste Positionslösung mit ausschließlich Galileo Satelliten am 12. März 2013
 - Galileo Services wurden demonstriert
- „Galileo works, and it works well“ (ESA 2014)

Der weitere Plan

- Zwei weitere Galileo Satelliten wurden am 27. März 2015 erfolgreich gestartet
- Vier weitere Galileo Satelliten sollen noch im Jahr 2015 gestartet werden
- Bis Ende 2016 sollen erste Services (Open Service, Public Regulated Service und Search and Rescue Service) zur Verfügung gestellt werden
- Bis zum Jahr 2020 soll dann die volle Konstellation, mit 24 Satelliten, 6 Reservesatelliten und Commercial Service, von Galileo erreicht werden.

GNSS Abhängigkeiten



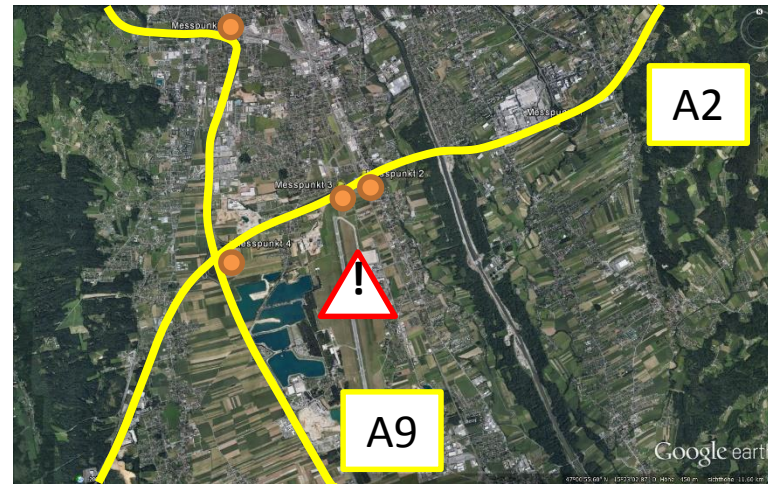
Störungen von GNSS Signalen selbst durch kleine und günstige Geräte können nicht absehbare Fehler in den Ergebnissen bewirken!

GNSS Verwundbarkeit – einige Beispiele

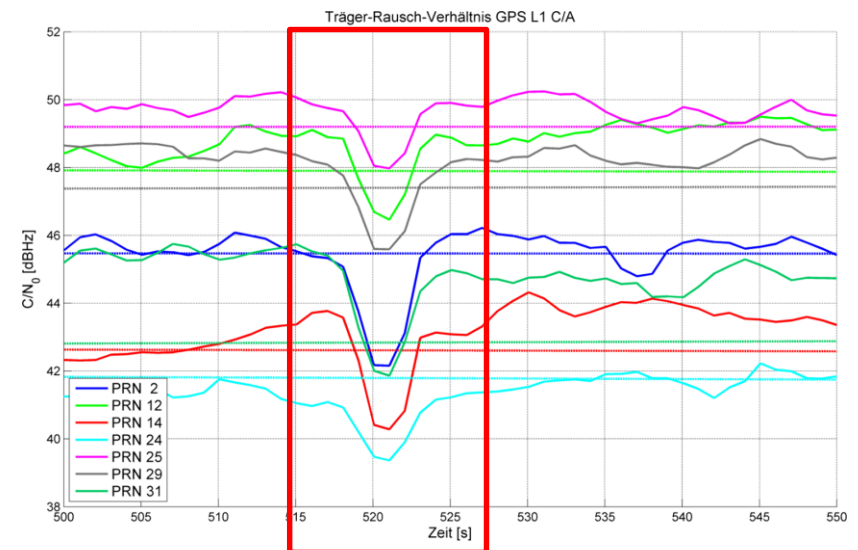
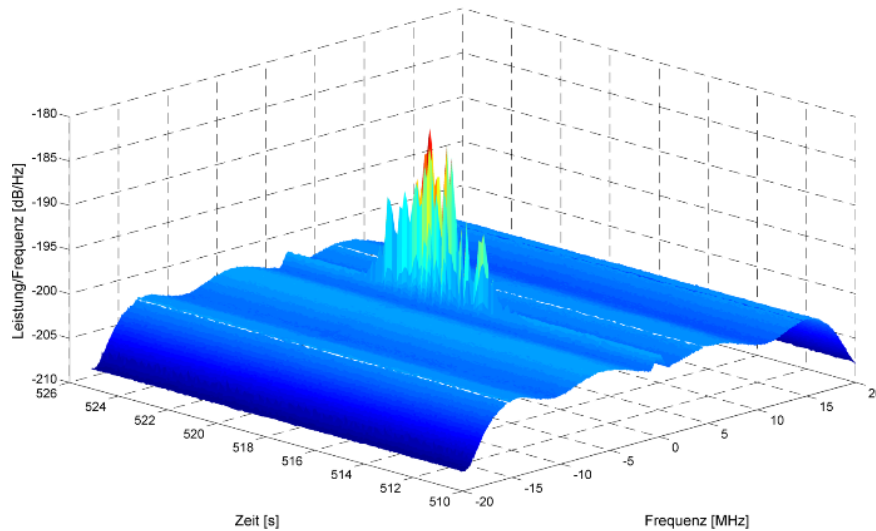
- Störung des GBAS am Newark Airport durch Jammer
- GNSS Störattacke von Nordkorea gegen Südkorea → eLoran
- 117 Zwischenfälle am Flughafen Kaohsiung in Taiwan
- Drohne wurde in USA durch Spoofingattacke (University of Texas) zum Landen gezwungen
- 65m Yacht wurde im Rahmen eines Feldversuchs vom Kurs abgebracht
- Untersuchung der Auswirkung von Störungen des Zeitsignals bei Finanzinstituten
- Ausfall von Notfallpagern, Verkehrsmangementsystemen und Bankomaten in San Diego 2007, verursacht durch US Marine
- Detektion eines Jammers im August 2014 in Graz, Österreich

Not just an urban legend

- Detektion eine Jammers im Raum Graz (August 2014)



spektrale Leistungsdichte



GNSS Verwundbarkeit & Bedrohungen

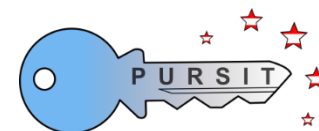
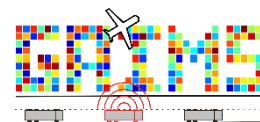
- GNSS Bedrohungen
 - Jamming, Spoofing, Meaconing
 - Volpe Report 2001: Vulnerability assessment of the transportation infrastructure relying on GPS
- Gegenmaßnahmen
 - Galileo Signaldesign
 - Verwendung von PRS
 - Signalverarbeitungsalgorithmen
 - Datenverarbeitungsalgorithmen
 - Detektion und Lokalisierung von Jammern und Spoofern
- Projekte bei TeleConsult Austria
 - Detektion, Klassifizierung und Lokalisierung von Jammern und Spoofern
 - Position und Signal Authentifizierung
 - Untersuchungen hinsichtlich der Verwendung des Galileo PRS in Österreich

bmvt

Bundesministerium
für Verkehr,
Innovation und Technologie

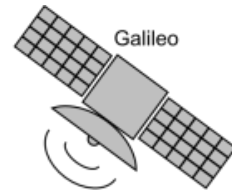
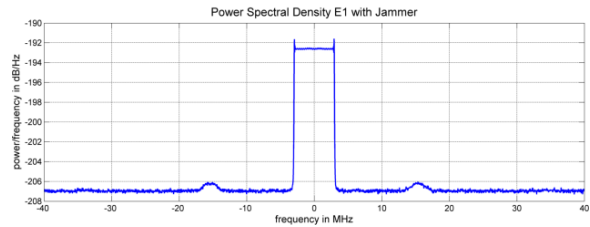
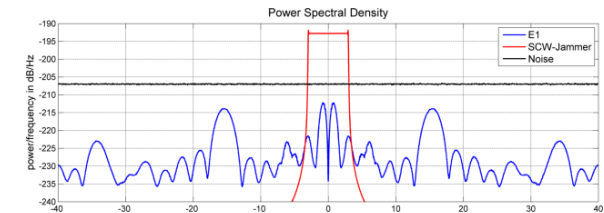
FFG
>asap>

TeleConsult
AUSTRIA



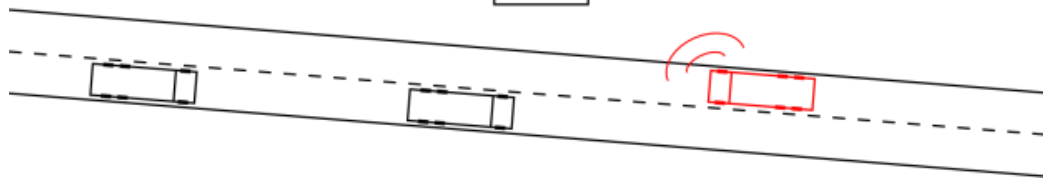
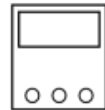
Mehrwert von Galileo PRS

- PRS Signale sind äußerst resistent gegenüber Jamming und Spoofing
- CS Signale bieten hohe Genauigkeit und Authentifikationsmöglichkeit
- Simulation eines Jammers



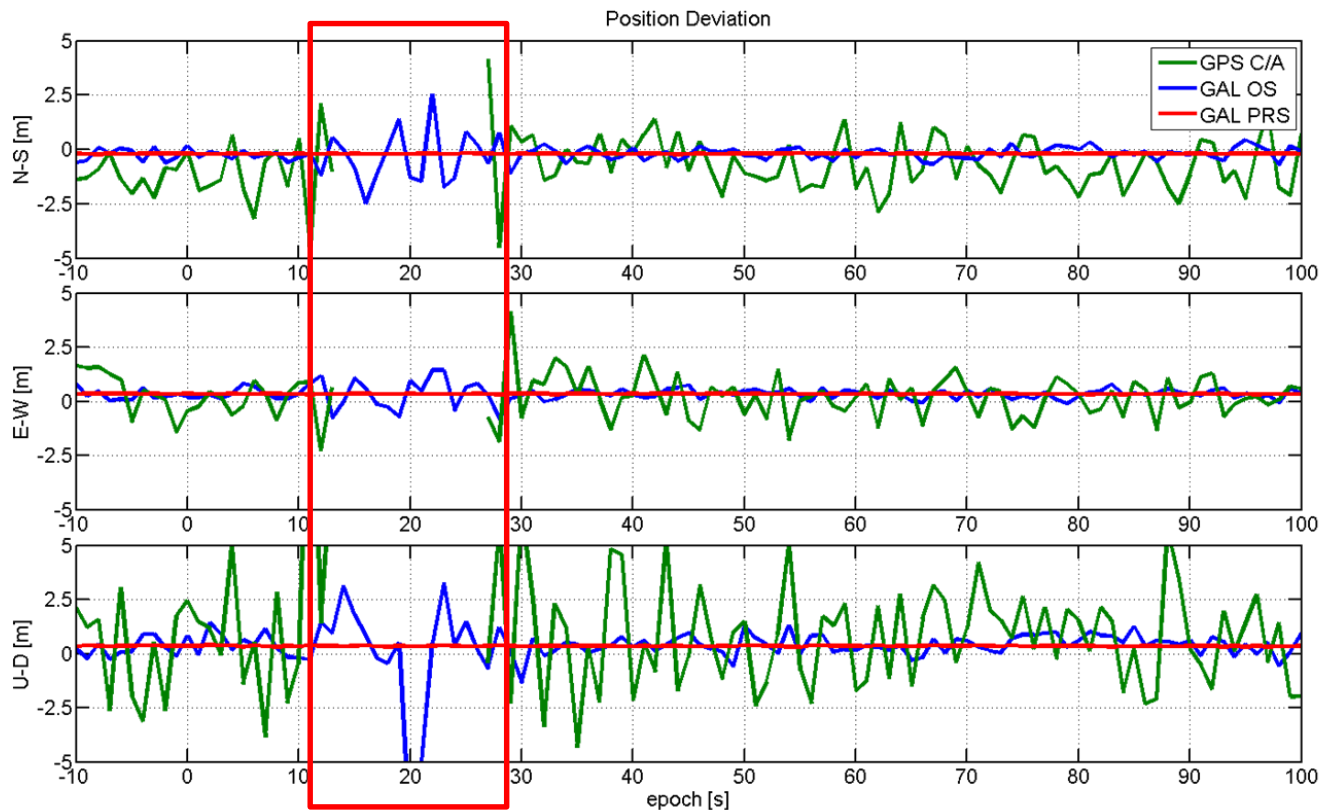
Galileo E1
Galileo E6
GPS L1

Receiver



Vorteile von Galileo Signalen

- Vergleich von GPS C/A, Galileo OS und Galileo PRS Positionsgenauigkeit
- Keine GPS Positionslösung während des Jamming Ereignisses
- Verschlechterung bei Galileo OS
- Galileo PRS Positionslösung unbeeinflusst



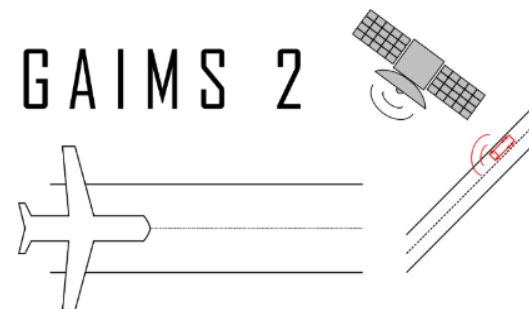
GNSS Interferenz Monitoring

- GAIMS 2 - GNSS Airport Interference Monitoring System including Localization Capabilities
- Programm: Austrian Space Applications Programme, 10. Ausschreibung
- Laufzeit: April 2014 – September 2015

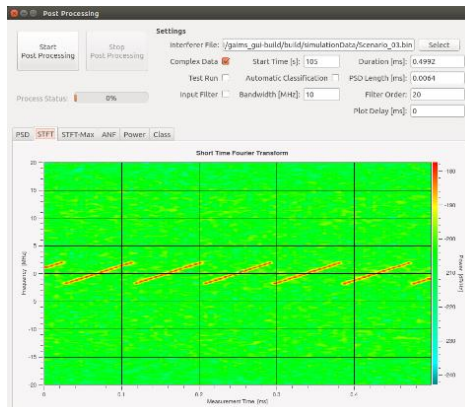
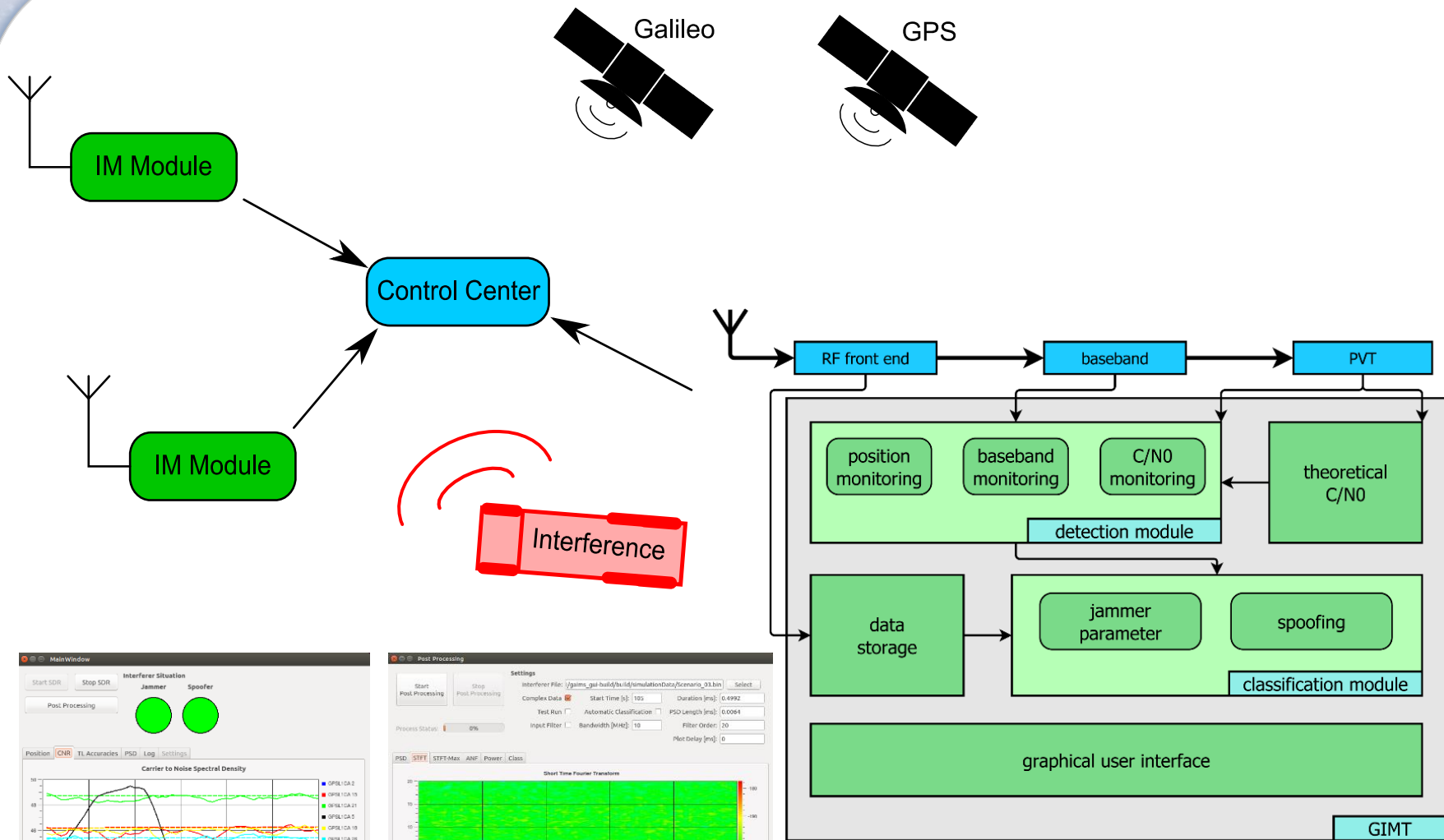


- Ziele:
 - Entwicklung eines Demonstrators, der zuverlässig GNSS Störsignale detektiert und lokalisiert
 - Spoofer oder Jammer
 - Implementierung der Algorithmen in eine softwarebasierte Struktur
 - Implementierung mehrerer Monitoring Stationen
 - Tests und Validierung

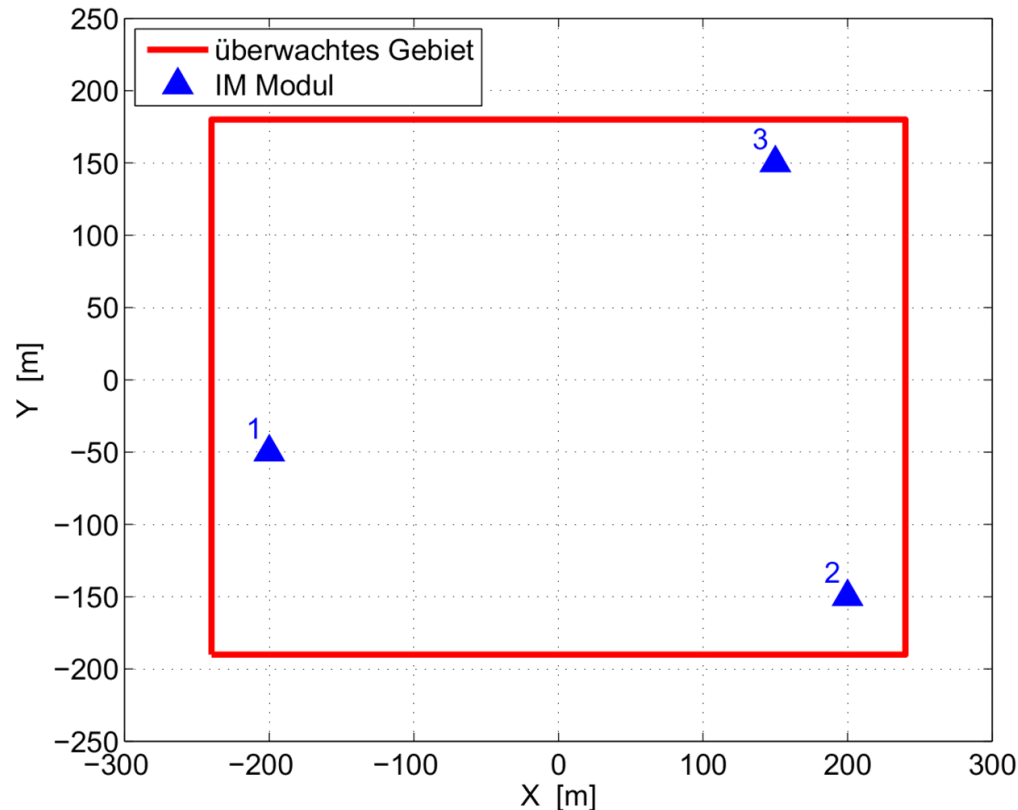
- Konsortium:
 - TeleConsult Austria GmbH
 - Brimatech Services GmbH
 - Frequentis AG



GNSS Interferenz Monitoring - Konzept

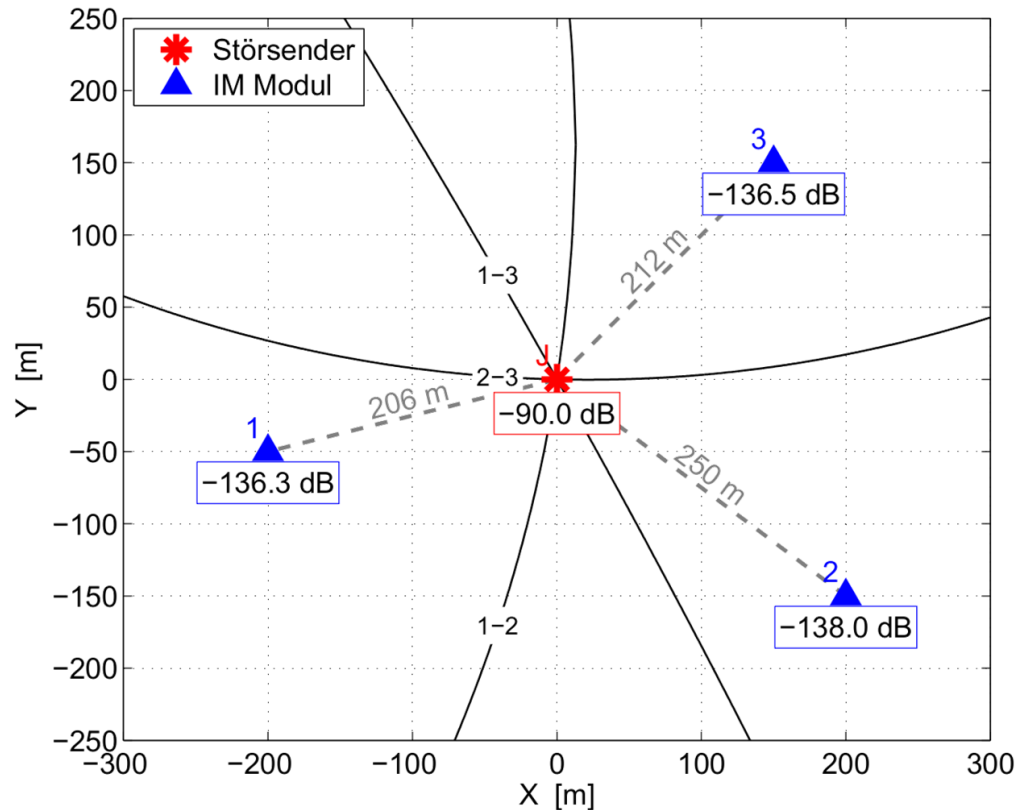


DRSS – Differential received signal strength



- **IM Modul**
 1. Jammer Detektion
 2. Schätzung der empfangenen Leistung
- **Lokalisierungsserver**
 1. A priori Schätzung für Jammer Position
 2. Differenzen zwischen empfangener Leistung
 3. Gauß-Markov Modell

DRSS Lokalisierung - Beobachtungen



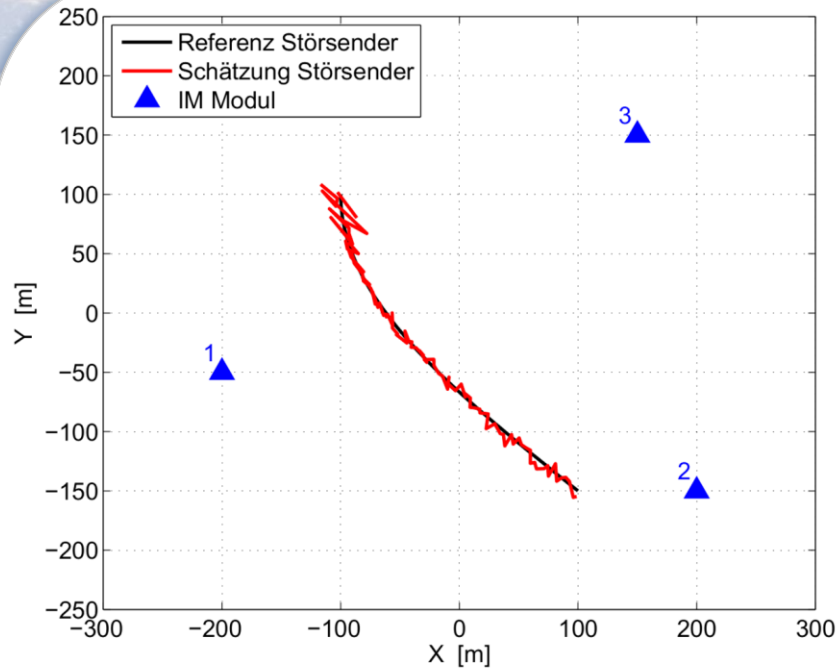
- Signalabschwächung

$$P_r = P_t - 10 \cdot \alpha \cdot \log_{10}(d)$$

- P_t • gesendete Leistung
- P_r • empfangene Leistung
- α • Path loss coefficient
- d • Distanz

- Empfangene Leistung proportional zu Entfernung zwischen Jammer und IM
- Bildung der Differenz eliminiert Abhängigkeit von gesendeter Leistung
- Lösung erfolgt über Schnitt von Hyperbeln
- (Kalman) Filter bei dynamischen Jammern!

DRSS Simulation

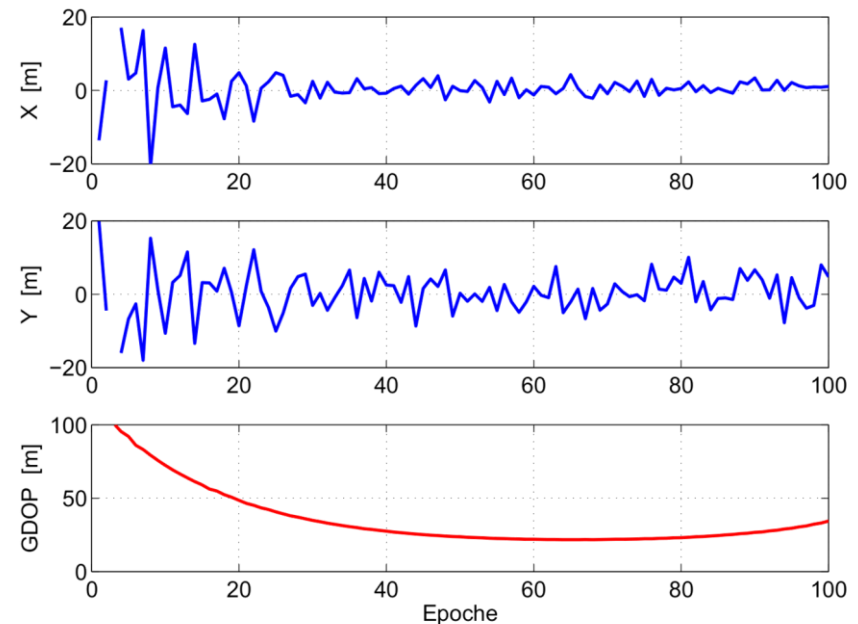


DRSS Schätzung:

- Größere Fehler im oberen Bereich
- Sprunghaftes Verhalten durch schlechte Geometrie
- GDOP bestimmt maßgeblich das Fehlerverhalten

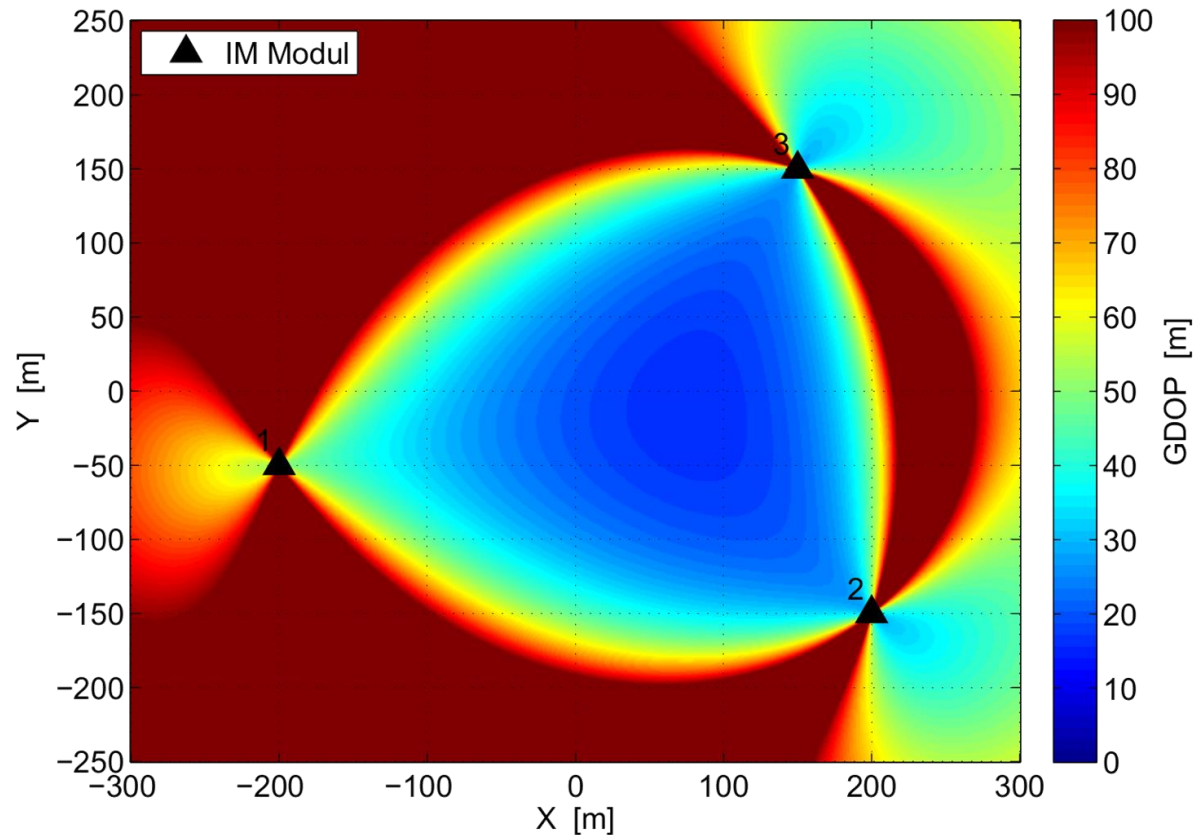
Simulierte Trajektorie:

- 100 Epochen
- 0.1dB Messrauschen
- → ~ 3m Distanzfehler

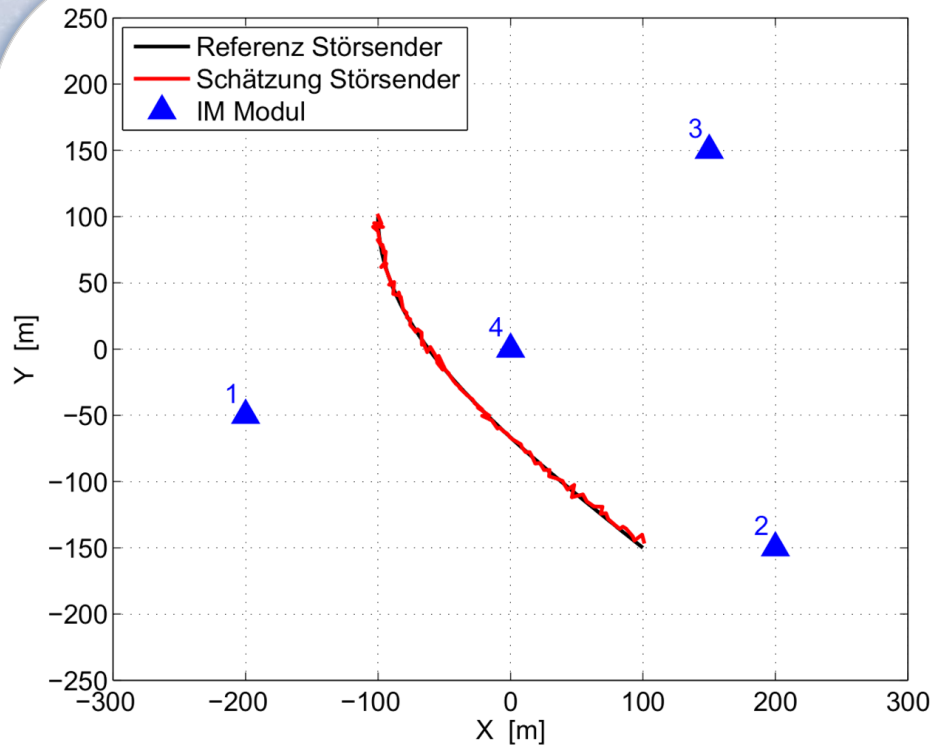


DRSS Simulation - GDOP

- GDOP ist ein Maß für die Güte der Schnittgeometrie
 - Abhängig von:
 - Positionen der IM Module
 - Position des Jammers
 - Kleiner Bereich zwischen IMs kann ausreichend genau bestimmt werden
- bessere Geometrie gewünscht!



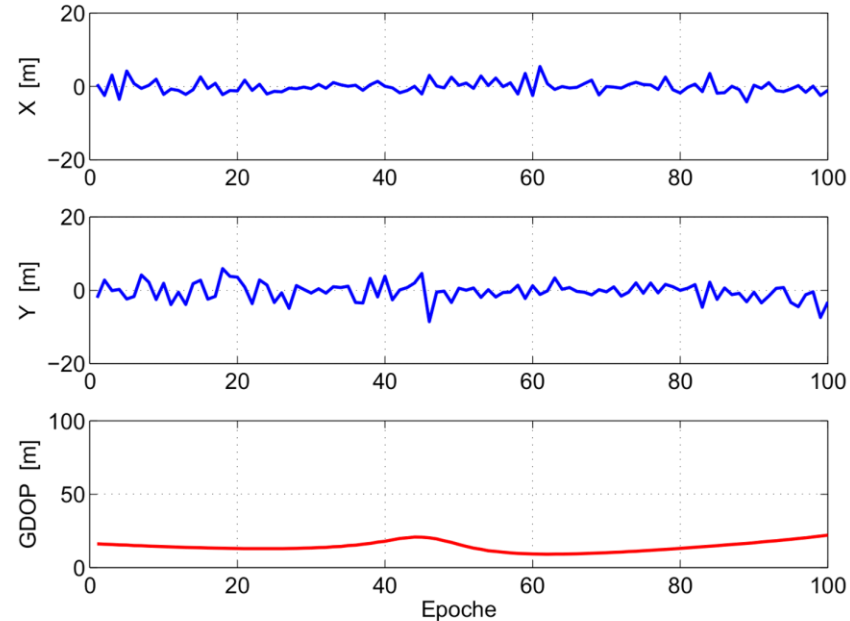
DRSS Simulation (2)



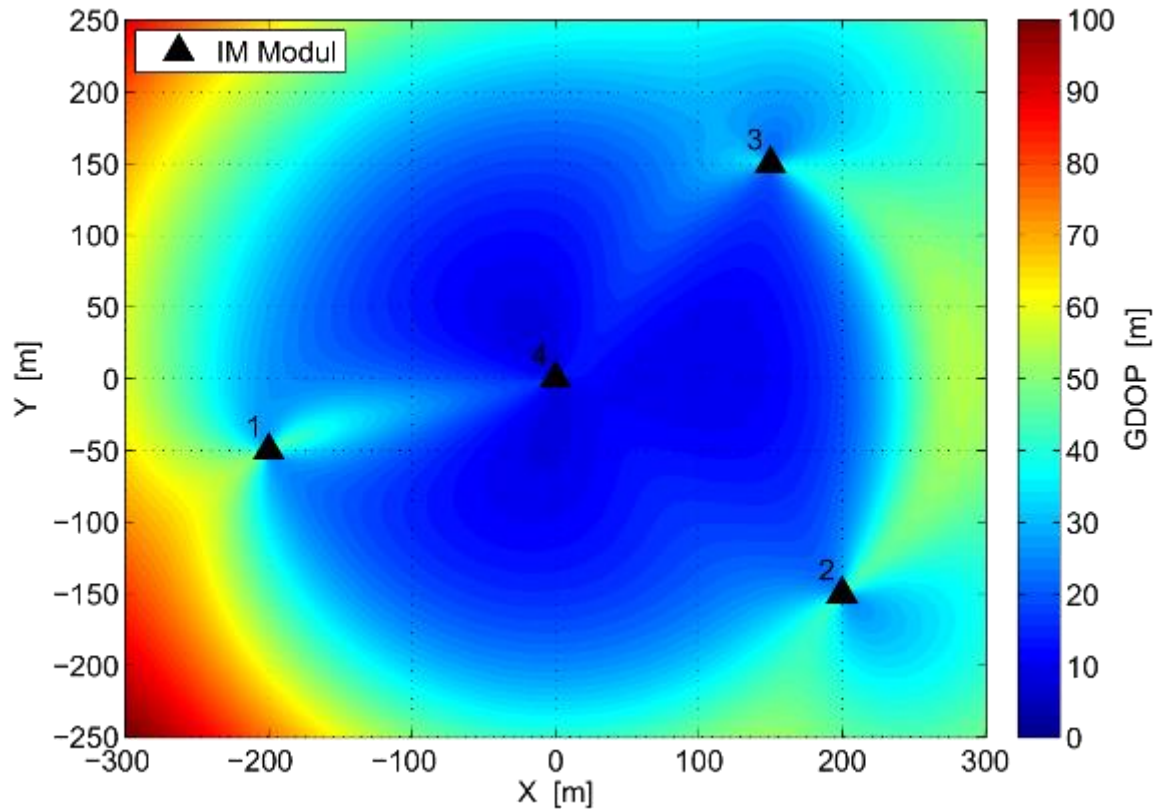
- Gleiche Trajektorie
- 4 IM Module
- Bessere Ergebnisse erwartet

DRSS Schätzung:

- Deutlich kleinere Abweichungen
- Verbesserung vor allem im oberen Bereich



DRSS Simulation (2) - GDOP



- Schnittgeometrie im gesamten Gebiet deutlich verbessert
- Deutliche Vergrößerung des überwachten Bereichs durch zusätzliches IM Modul im Zentrum
- Genauere Schätzung möglich und deutlich bessere numerische Stabilität

DRSS - Zusammenfassung

- Lokalisierung von GNSS Jammern mit DRSS ist möglich!
- Vorteil gegenüber anderen Ansätzen: Ausgangsleistung des Jammers muss nicht bekannt sein, da sie direkt im Modell eliminiert wird.
- Erreichbare Genauigkeit stark abhängig von Geometrie der IM Module und Position des Jammers.
- Kritische Faktoren sind Messung der empfangenen Leistung mit hinreichender Genauigkeit sowie vorab bestimmter Path Loss Coefficient.
- Weitere Schritte:
 - Schätzung des Path Loss Coefficient direkt im Ausgleich
 - Kalman Filter Implementierung mit adaptiertem dynamischen Modell
 - Genauere Untersuchung der Auswirkung von Abschattungen
 - Systemtests unter realen Bedingungen

Zusammenfassung

- Mehrwert von Galileo durch
 - Service- und nutzerorientiertes Konzept
 - Zivile Kontrolle
 - Neu Signalstrukturen
 - Gesteigerte Genauigkeit, Verfügbarkeit und Resistenz gegenüber Störungen
- Kombination / Interoperabilität mit anderen GNSS
- Derzeitige Probleme sind definitiv Herausforderungen und werden zu innovativen Lösungen führen
- “Galileo works, and it works well” (ESA 2014)

A satellite with gold-colored solar panels and a circular antenna array is shown in orbit above the Earth. The Earth's surface is visible with blue oceans and white clouds.

TeleConsult AUSTRIA

Dr. Philipp Berglez

ADDRESS	Rettenbacher Straße 22, 8044 Graz, Austria
E-MAIL	pberglez@tca.at
WEB	www.tca.at
PHONE	+43-316-890971-14
FAX	+43-316-890971-55

7. Navigations-Get-Together zum Thema „Aktuelle Projekte im Bereich Navigation“

Wien, 20. Mai 2015