

Galileo und Grafarend unterwegs zu GNSS

B. Hofmann-Wellenhof und P. Berglez

Technische Universität Graz

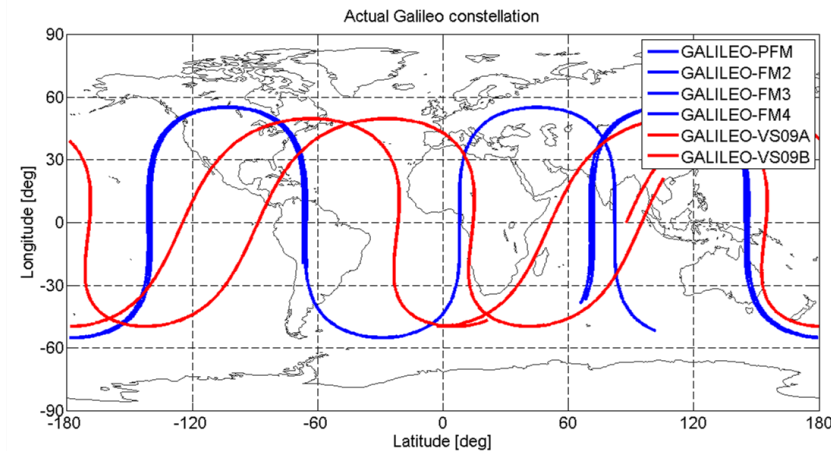
Arbeitsgruppe Navigation des Instituts für Geodäsie

Kolloquium der Leibniz-Sozietät der Wissenschaften zu Berlin

13. Februar 2015

Hat Galileo eine Zukunft?

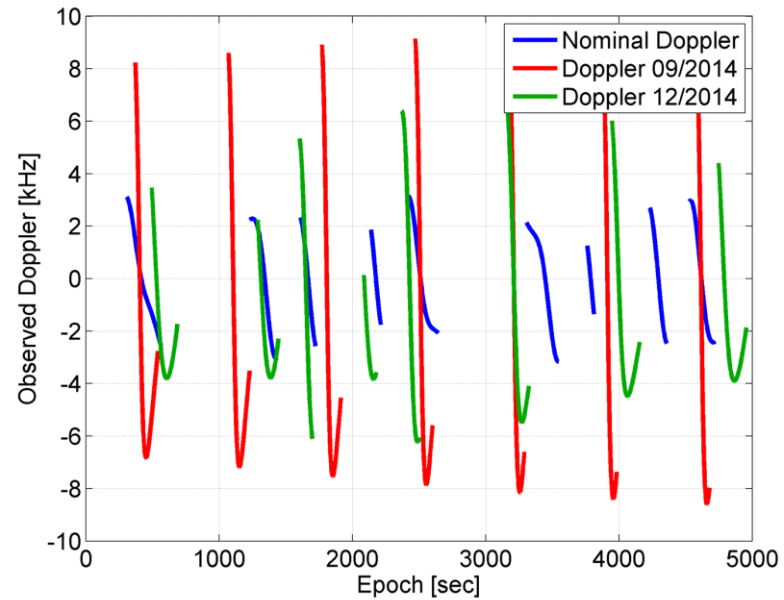
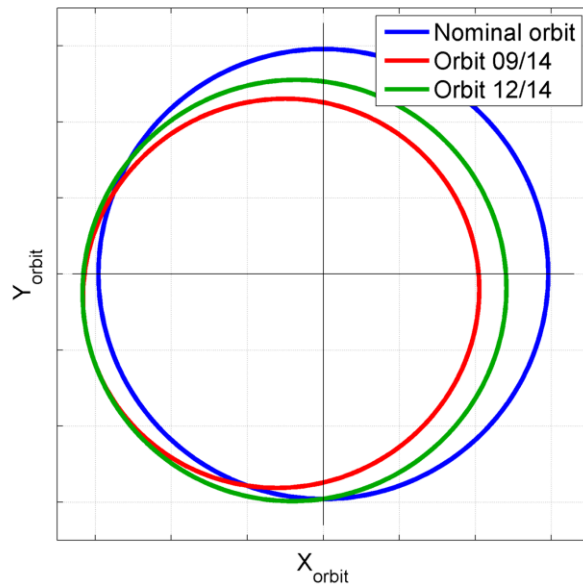
- Galileo befindet sich am Anfang der Initial Operational Capability (IOC) Phase
- Derzeit sind 6 Galileo Satelliten im Orbit
- Erster Start von zwei Galileo FOC Satelliten fand am 22. August 2014 statt
 - Satelliten befanden sich in einer nicht nominellen Umlaufbahn auf Grund von Problemen bei der Fregat
 - Probleme:
 - Viel zu elliptische Umlaufbahnen
 - Van-Allen-Strahlungsgürtel
 - Brennstoff ist limitiert
 - Große Doppler-Verschiebung



Ref: www.gpsworld.com

Hat Galileo eine Zukunft?

- Umlaufbahn von Galileo 5 wurde im November 2014 angehoben
- Dadurch befindet sich der Satellit in einem sichereren Orbit und kann damit zur Positionierung und Navigation verwendet werden



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

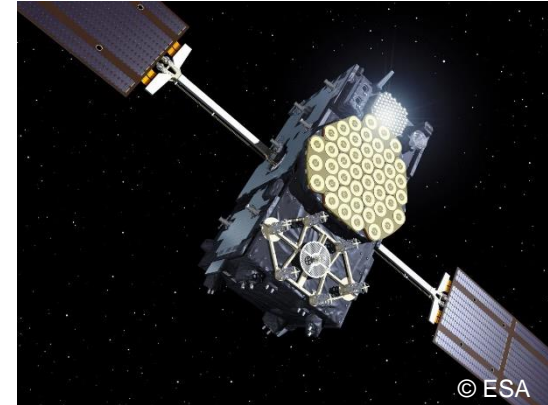
Ref: www.gpsworld.com

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 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)

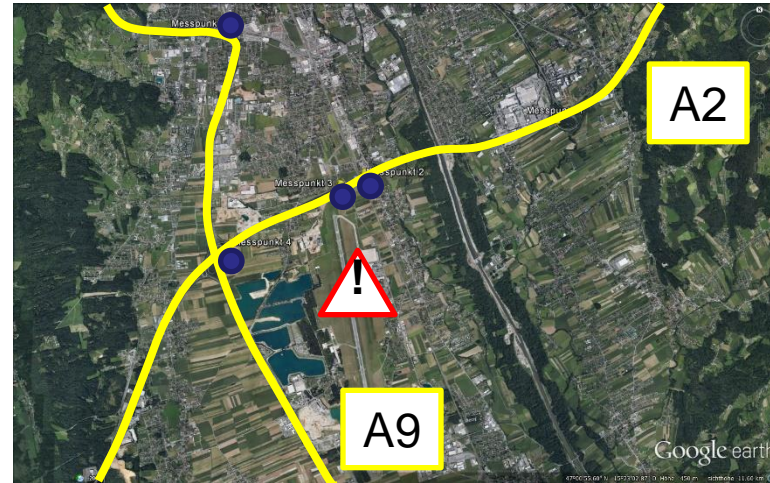


GNSS Verwundbarkeit und Bedrohung

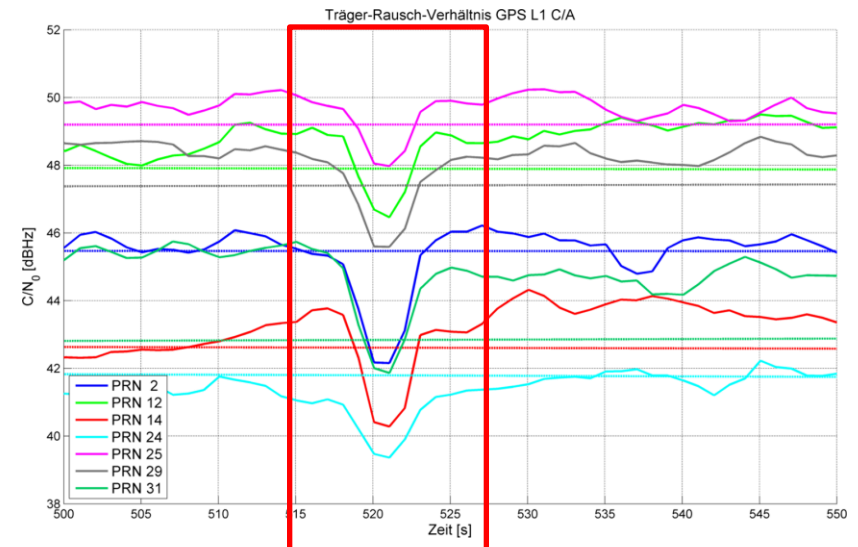
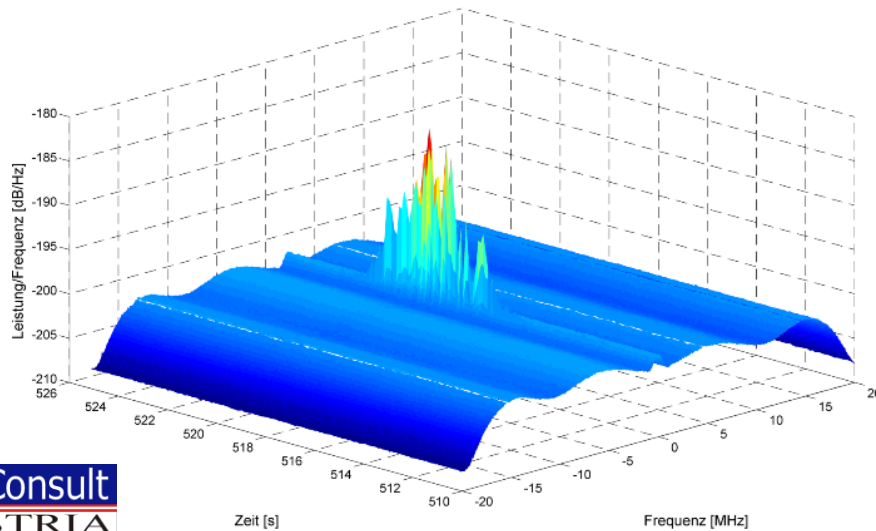
Beispiele für Jamming und Spoofing

- Störung des GBAS am Newark Airport durch Jammer
- GNSS Störattacke von Nordkorea gegen Südkorea → eLoran
- 117 Zwischenfälle an einem Tag am Flughafen Kaohsiung in Taiwan,
- Drohne wurde Spoofingattacke (University of Texas) zum Landen gezwungen
- 65m Yacht wurde im Rahmen eines Feldversuchs vom Kurs abgebracht
- 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

Detektion eines Jammers bei Graz (August 2014)



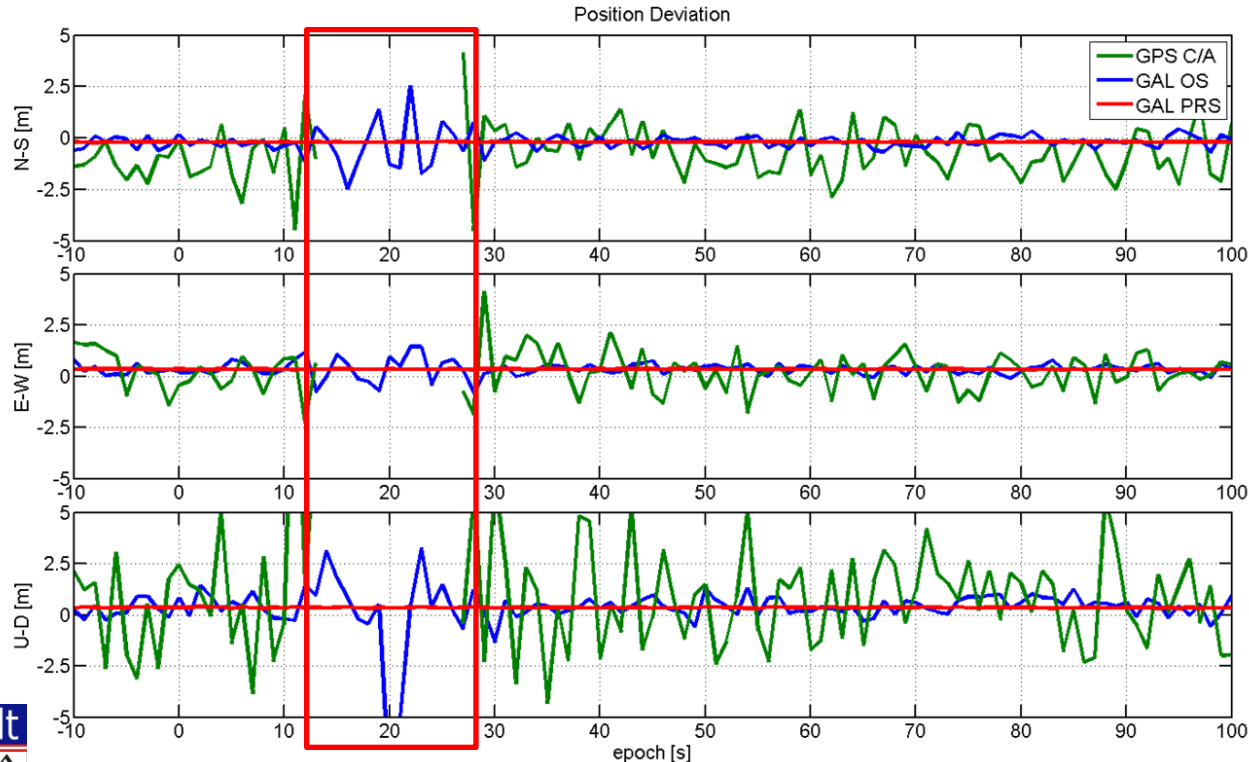
spektrale Leistungsdichte



Vorteile von Galileo PRS 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



Zusammenfassung des fachlichen Teils

- Mehrwert von Galileo durch
 - Service- und nutzerorientiertes Konzept
 - Zivile Kontrolle
 - Neu Signalstrukturen
 - Gesteigerte Genauigkeit, Verfügbarkeit und Resistenz gegenüber Störungen

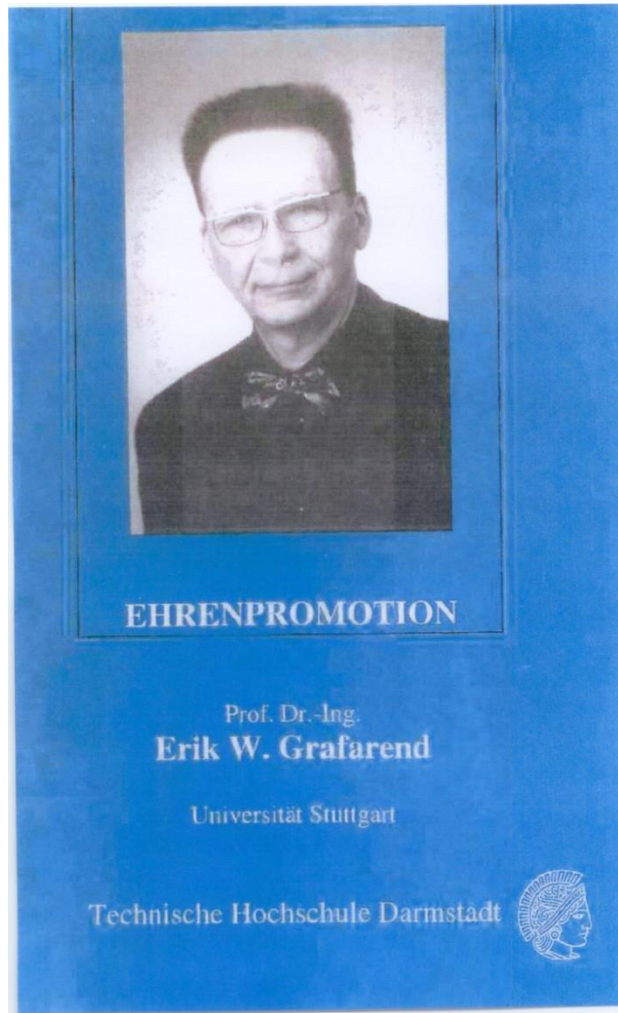
- Kombination / Interoperabilität mit GNSS
- Derzeitige Probleme sind Herausforderungen: innovativen Lösungen nötig

- “Galileo works, and it works well” (ESA 2014)

Antonio Machado

Wanderer, es gibt keinen Weg.
Der Weg entsteht beim Gehen.

Darmstadt 1986



Glücksmomente...

E.W. Grafarend - authentisch

White Box
←

Discussion of the eigenspace I

CHARACTERISTIC

The characteristic equation of the eigenvalues $(\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3)$ is determined the characteristic equation

WHITE
BOX

$$\lambda^3 - \lambda^2 I + \lambda II - III = 0$$

subject to the invariants

black face
J

$$I := \text{tr } J = J_{11} + J_{22} + J_{33} = J_1 + J_2 + J_3$$

$$II := (J_{11}J_{22} - J_{12}^2) + (J_{22}J_{33} - J_{23}^2) - (J_{33}J_{11} - J_{31}^2) = J_1J_2 + J_2J_3 + J_3J_1$$

$$III := \det J = J_{11}J_{22}J_{33} - J_{11}J_{23}^2 - J_{22}J_{31}^2 - J_{33}J_{12}^2 - 2J_{12}J_{23}J_{31} = J_1J_2J_3$$

The critical configuration of satellite networks, especially of Laser and Doppler type, for planar configurations of terrestrial points

E. Grafarend¹ and V. Müller²

¹ Department of Geodetic Science, Stuttgart University, D-7000 Stuttgart 1, Federal Republic of Germany

² Firma Carl Zeiss, Postfach 13 69/13 80, D-7082 Oberkochen, Federal Republic of Germany

Received May 29, 1984; Accepted December 12, 1984

Summary:

Consider a threedimensional range (Laser) or range difference (Doppler) satellite network in its minimal point configuration. E. Tsimis (1973 p. 102) claims that a planar configuration of terrestrial points is **not** critical, while computer simulations of N. Schatz (1980) have shown a strong critical configuration once the terrestrial points approach a plane. K. Killian and P. Meissl (1980) studied the corresponding twodimensional problem and gave arguments in favor of a singularity. Here the analytical proof for a threedimensional singularity is given.

GPS Solutions: Closed Forms, Critical and Special Configurations of P4P

ERIK W. GRAFAREND *Department of Geodesy and Geoinformatics, Stuttgart University, Geschwister-Scholl-Str. 24D, D-70174 Stuttgart, Germany*

JEFFREY SHAN *Geomatics Engineering, School of Civil Engineering, Purdue University, West Lafayette, IN 47907*

P4P is the pseudo-ranging 4-point problem as it appears as the basic configuration of satellite positioning with pseudo-ranges as observables. In order to determine the ground receiver/ satellite receiver (LEO networks) position from four positions of satellite transmitters given, a system

1991; Bancroft, 1985; Chaffee & Abel, 1994; Grafarend & Shan, 1997a, 1997b; Kleusberg, 1994; Lichtenegger, 1995). Here we are aiming at a closed form solution for the pseudo-ranging 4-point problem (P4P), mainly to analyze two key problems.

Du holde Kunst, ich danke dir dafür!

EW Grafarend und die Musik:

- Clausthaler Glücksmomente
- Prof. Boetticher (Göttingen):
Vorlesungen über Musik
- Mit Ulrike Büttner: Zahlensymbolik bei
J.S. Bach
- Gründung einer studentischen Musik-
Vereinigung



Spuren

EW Grafarend:

Der Zahn der Zeit, die nachfolgende Generation geodätischer Wissenschaftler wird meine Beiträge wägen und an den Zitaten messen.



E.W. Grafarend
(75. Geburtstag)

[Copy right: Leibniz-
Sozietät Berlin](#)

Spuren

EW Grafarend:

Der Zahn der Zeit, die nachfolgende Generation geodätischer Wissenschaftler wird meine Beiträge wägen und an den Zitaten messen.

Jean Paul:

Gehe nicht, wohin der Weg führen mag, sondern dorthin, wo kein Weg ist und hinterlasse eine Spur.



E.W. Grafarend
(75. Geburtstag)

[Copy right: Leibniz-
Sozietät Berlin](#)



Jean Paul
(1763-1825)

[http://museum-
digital.de/nat/index.php?t
=objekt&oges=928](http://museum-digital.de/nat/index.php?t=objekt&oges=928)

Spuren

EW Grafarend:

Der Zahn der Zeit, die nachfolgende Generation geodätischer Wissenschaftler wird meine Beiträge wägen und an den Zitaten messen.



E.W. Grafarend
(75. Geburtstag)

[Copy right: Leibniz-Sozietät Berlin](#)

Jean Paul:

Gehe nicht, wohin der Weg führen mag, sondern dorthin, wo kein Weg ist und hinterlasse eine Spur.



Jean Paul
(1763-1825)

<http://museum-digital.de/nat/index.php?t=objekt&oges=928>

Antonio Machado:

Wanderer, es gibt keinen Weg.
Der Weg entsteht beim Gehen. ...
Wanderer, es gibt keinen Weg
sondern nur Kielspuren im Meer.



Antonio Machado
(1875-1939)