

Evaluierung der Qualität realer Galileo- und Beidou-Signale

Lucy Icking¹, Fabian Ruwisch¹, Bastian Altemeier¹ Tobias Kersten², Thomas Krawinkel² und Steffen Schön²

¹Fachrichtung Geodäsie und Geoinformatik, ²Institut für Erdmessung | Leibniz Universität Hannover

Motivation

Im Rahmen eines Bachelorprojekts an der Leibniz Universität Hannover wurden aktuelle und neue GNSS-Signale studiert. Auf Basis von Mehrwegelinearkombinationen (MP) mit unterschiedlichen Signalen werden das gängige GPS mit den neueren Systemen GLONASS, Galileo und Beidou im Hinblick auf die ermittelten Signalstärken und die berechneten Mehrwegeeinflüsse verglichen. Unter Berücksichtigung dieser Daten können Rückschlüsse über die mögliche Positionsgenauigkeit gezogen werden. Besonders interessant ist das nachweisbar geringere Beobachtungsrauschen der neuen Signalen. Dies wird besonders bei Galileo offensichtlich, dessen kombiniertes Signal AltBOC (E5a+E5b) sich als ein sehr spezielles, stabiles und äußerst mehrwegeresistentes Signal erweist.

Messaufbau

Für den Messaufbau steht das Messdach des Instituts für Erdmessung (IfE) der Uni Hannover zu Verfügung, siehe Abb. 1(a). Auf Pfeiler MSD8 ist eine Multi-GNSS-Antenne Leica AR25.R3 installiert. Die empfangenen Signale werden mittels aktivem Signalsplitter an zwei Empfänger Javad Delta TRE-G3T und Leica GRX1200+GNSS geleitet und gespeichert. Die Empfänger werden über eine externes Frequenznormal (FS725 Benchtop, Rubidiumuhr) mit einer einheitlichen Frequenz von

Standardabweichungen der Signalstärkewerte



Abbildung 3: Standardabweichungen der Signalstärkewerte gegenüber der Elevation im topozentrischen Antennensystem.



10 MHz gespeist.

Die beschriebene Anordnung ist in Abb. 1(b) gezeigt. Der gesamte Beobachtungszeitraum ist auf fünf Tage (DOY 133-138) festgelegt worden. Von dieser Zeit wird ein Tagesdatensatz für die weitere Analyse genutzt. Zur Detektion kurzzeitiger Phänomene wurde ein Messintervall von 1s gewählt.



(a) (b) Abbildung 1: Messaufbaus auf dem Pfeilernetz des Institut für Erdmessung.

GNSS-Signalstärkewerte

Die während der Analyse verwendeten Signale sind der Tab. 1 zusammengestellt. In Abb. 2 sind die zugehörigen Signalstärkewerte in Relation zum Elevationswinkel im Topozentrum der Empfangsantenne aufgetragen.

GNSS-System	Freq-Band	Kanal	Beobachtungstyp		_	CNSS_System	Free-Band	Kanal	Boobachtungstyn	
			Signal	Trägerphase		dividid-dystelli	Treq-Danu	Manai	Signal	Trägerphase
GPS	L1: 1575.42	C/A	GS1C	GL1C	=	Galileo	F1· 1575 42	C no data	FS1C	FI 1C
	L2: 1227.60	L2C(M) Z-Tracking	GS2S GS2W	GL2S GL2W		-	E5a: 1176.45	Q no data	ES5Q ES70	EL5Q EL7O
	L5: 1176.45	Q	GC5Q	GL5Q	_		E_{50} E		E580	EL 80
GLONASS	L1: 1602+k·9/16	C/A	RS1C	RL1C	Beidou		1191.795	¥	LUUQ	
	k=-7 12					B1: 1561.098		CS1I	CL1I	
	L2: 1246+k·7/16 k=-7 12	Р	RS2P	RL2P		B2: 1207.140		CS7I	CL7I	

Mehrwegelinearkombination

Zur Berechnung einer Mehrwegelinearkombination MP_i eines Frequenzbandes *i* werden zwei verschiedene Signale *i*, *j* mit der Code- (P_i) und der Trägerphasenmessung (Φ_i) eines Satelliten kombiniert, wobei $\alpha = (f_i/f_j)^2$ und *f* die Frequenz angibt:

$$MP_i = P_i - \Phi_i - \frac{2}{\alpha - 1}(\Phi_i - \Phi_j)$$

Dadurch lassen sich atmosphärische Einflüsse eliminieren, es verbleiben residuale Anteile der Mehrdeutigkeiten und die Codephasen-Mehrwegeeffekte. In Abb. 4(a-d) werden verschiedene Mehrwegelinearkombinationen der vier Systeme dargestellt. Auch hier sind die Effekte bei niedriger Elevation größer und werden im Verlauf Richtung Zenit geringer.



Tabelle 1: Zusammenstellung der Beobachtungstypen und entsprechenden Signalmodulationen für GNSS-Signale, [Gurtner & Estey(2013)].

Auffällig aus den Abbildungen 2(a-d) ist, dass die neueren Signale über den kompletten Horizont eine geringere Streuung und eine höhere Signalstärke aufweisen. Diese aus den Grafiken abgeleiteten Beobachtungen werden durch die in Abb. 3 dargestellten Standardabweichungen rechnerisch belegt. Es zeigen sich über den Elevationsverlauf abnehmende Werte. Die neueren Signale, wie z.B. GS5Q (GPS L5) und ES8Q (Galileo E5a+E5b), weisen eine geringere Standardabweichung auf. Zudem ist ihr Verlauf stabiler als bei den konventionellen Signalen, wie z.B. GS2W (GPS L2 (P-Code)).



Abbildung 4: Mehrwegelinearkombinationen für vier verschiedene GNSS und aktuelle/neue Signalmodulationen.

Kombinationen mit neueren Signalen zeigen sich robuster gegenüber Mehrwegeeffekten als Kombinationen mit alten Signalen. Dies wird auch durch die berechneten Standardabweichungen (Tab. 2) rechnerisch belegt.

Band	MP	System	Elevation [°]							
			5 - 15	15 - 30	30 - 45	45 - 60	60 - 75	75 - 90		
MP1	L1C-L2W	GPS	5,187	0,479	0,353	0,276	0,278	0,215		
	L1C-L2P	GLONASS	3,737	0,775	0,330	0,764	1,330	0,246		
	L1C-L5Q	GALILEO	5,054	0,477	0,349	0,273	0,278	0,217		
	L1I-L7I	BEIDOU	4,632	0,469	0,339	0,275	0,290	0,259		
MP2	L2W-L1C	GPS	6,834	0,548	0,291	0,190	0,160	0,130		
	L2P-L1C	GLONASS	4,932	1,069	0,300	1,069	1,928	0,193		
MP5	L5Q-L1C	GPS	3,966	0,586	0,324	0,201	0,201	0,145		
	L5Q-L1C	GALILEO	3,842	0,582	0,320	0,204	0,196	0,152		
MP7	L7Q-L1C	GALILEO	3,680	0,594	0,317	0,212	0,202	0,151		
	L7Q-L1I	BEIDOU	2,912	0,544	0,346	0,219	0,229	0,189		
MP8	L8Q-L1C	GALILEO	4,576	3,584	1,146	0,184	0,178	0,136		

Tabelle 2: Standardabweichungen der Mehrwegelinearkombinationen, Angaben in [m].



Abbildung 2: Signalstärken für vier verschiedene GNSS sowie für verschiedene Signalmodulationen bzw. -generationen.

Zusammenfassung und Ausblick

Ein Gewinn in der Positionsgenauigkeit kann erreicht werden, wenn ein System mit einer guten Geometrie, also vielen Satelliten, mit einem stabilen und robusten Signal kombiniert wird. Anhand unserer Messreihe zeigt sich, dass die Benutzung mehrerer GNSS sinnvoll ist, da die Vorteile der einzelnen Systeme so ausgeschöpft werden. Durch die Benutzung von GPS oder GLONASS wird eine gute Geometrie erreicht. Galileo hat nur wenige Satelliten, dafür aber stabile und robuste Signale. Durch Kombination von GPS oder GLONASS mit Galileo wird eine Verbesserung der Positionsgenauigkeit erwartet.

Literatur

Gurtner, W. & Estey, L. (2013): *RINEX - The Receiver Independent Exchange Format Version 3.02*. Astronomical Institute, University of Bern and UNAVCO, Boulder. Online verfügbar unter url: ftp://igscb.jpl.nasa.gov/igscb/data/format/rinex302.pdf [Stand: 07.09.2015].

Institut für Erdmessung Schneiderberg 50 D-30167 Hannover





Geodätische Woche | Stuttgart | Deutschland

15. - 17. September, 2015

Tobias Kersten Thomas Krawinkel Steffen Schön www.ife.uni-hannover.de {kersten, krawinkel}@ife.uni-hannover.de

Created with LATEX beamerposter