

Evaluierung der Qualität realer Galileo- und Beidou-Signale

Leibniz
Universität
Hannover

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

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

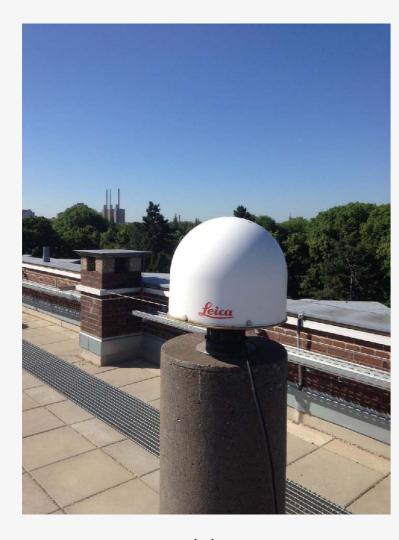
Motivation

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 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.



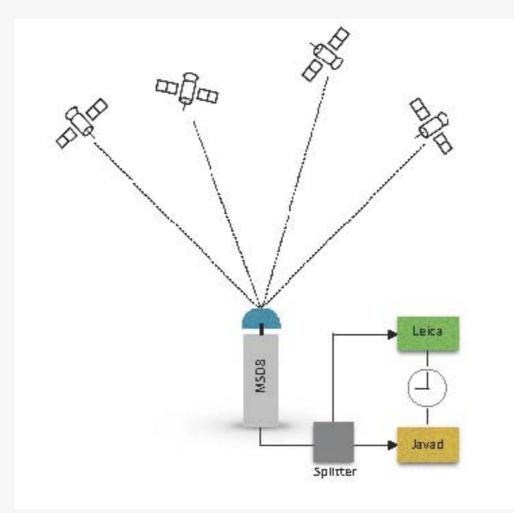


Abbildung 1: Messaufbaus auf dem Pfeilernetz des Institut für Erdmessung.

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.

. 0	O	O			
GNSS-System	Freq-Band	Kanal	Beobachtungstyp		
			Signal	Trägerphase	
GPS	L1: 1575.42	C/A	GS1C	GL1C	
	L2: 1227.60	L2C(M)	GS2S	GL2S	
		Z-Tracking	GS2W	GL2W	
	L5: 1176.45	Q	GC5Q	GL5Q	
GLONASS	L1: 1602+k·9/16	C/A	RS1C	RL1C	
	k=-7 12				
	L2: 1246+k·7/16	Р	RS2P	RL2P	

GNSS-System	Freq-Band	Kanal	Beobachtungstyp		
			Signal	Trägerphase	
Galileo	E1: 1575.42	C no data	ES1C	EL1C	
	E5a: 1176.45	Q no data	ES5Q	EL5Q	
	E5b: 1207.14	Q no data	ES7Q	EL7Q	
	E5(E5a+E5b): 1191.795	Q	ES8Q	EL8Q	
Beidou	B1: 1561.098	I	CS1I	CL1I	
	B2: 1207.140	I	CS7I	CL7I	

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)).

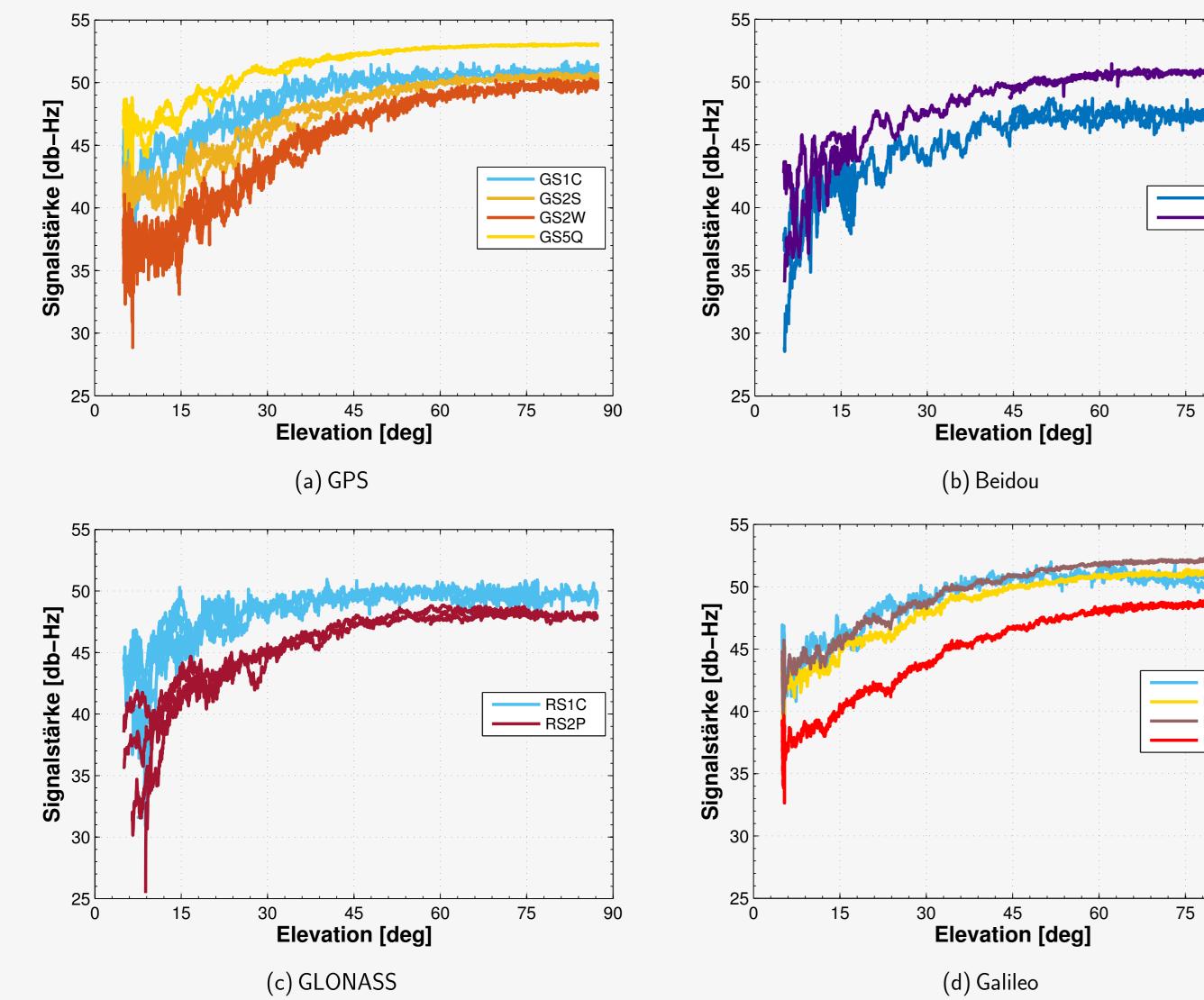


Abbildung 2: Signalstärken für vier verschiedene GNSS sowie für verschiedene Signalmodulationen bzw. -generationen.

Standardabweichungen der Signalstärkewerte

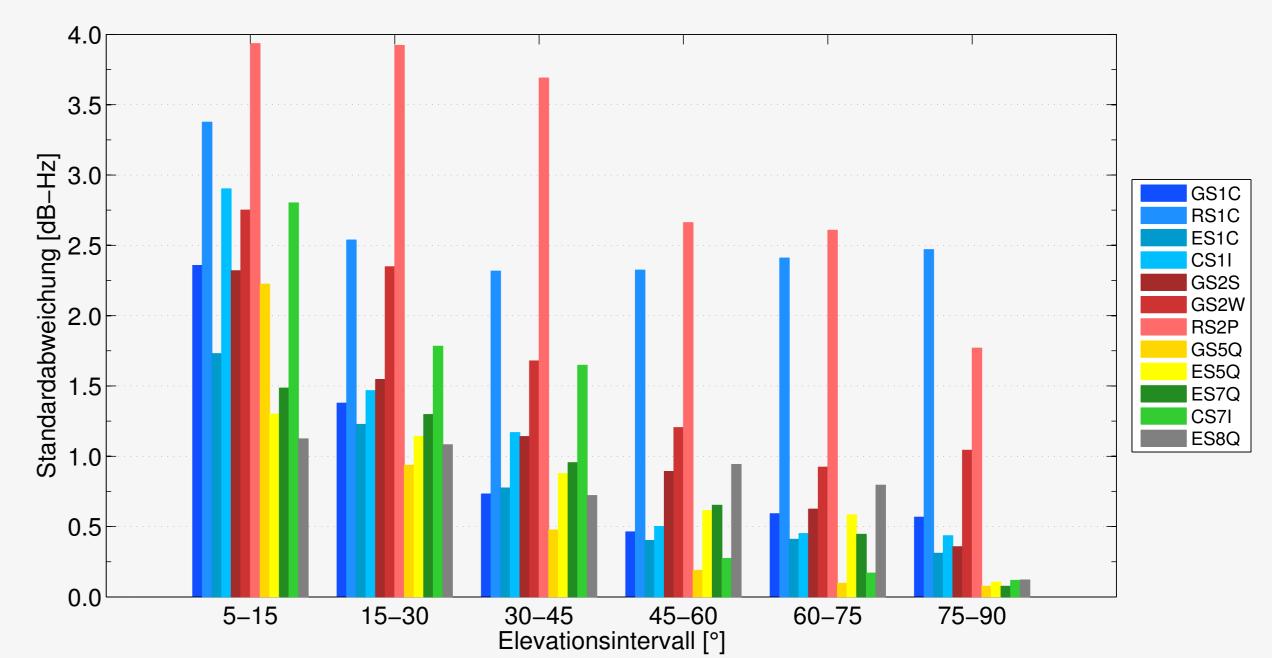


Abbildung 3: Standardabweichungen der Signalstärkewerte gegenüber der Elevation im topozentrischen Antennensystem.

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.

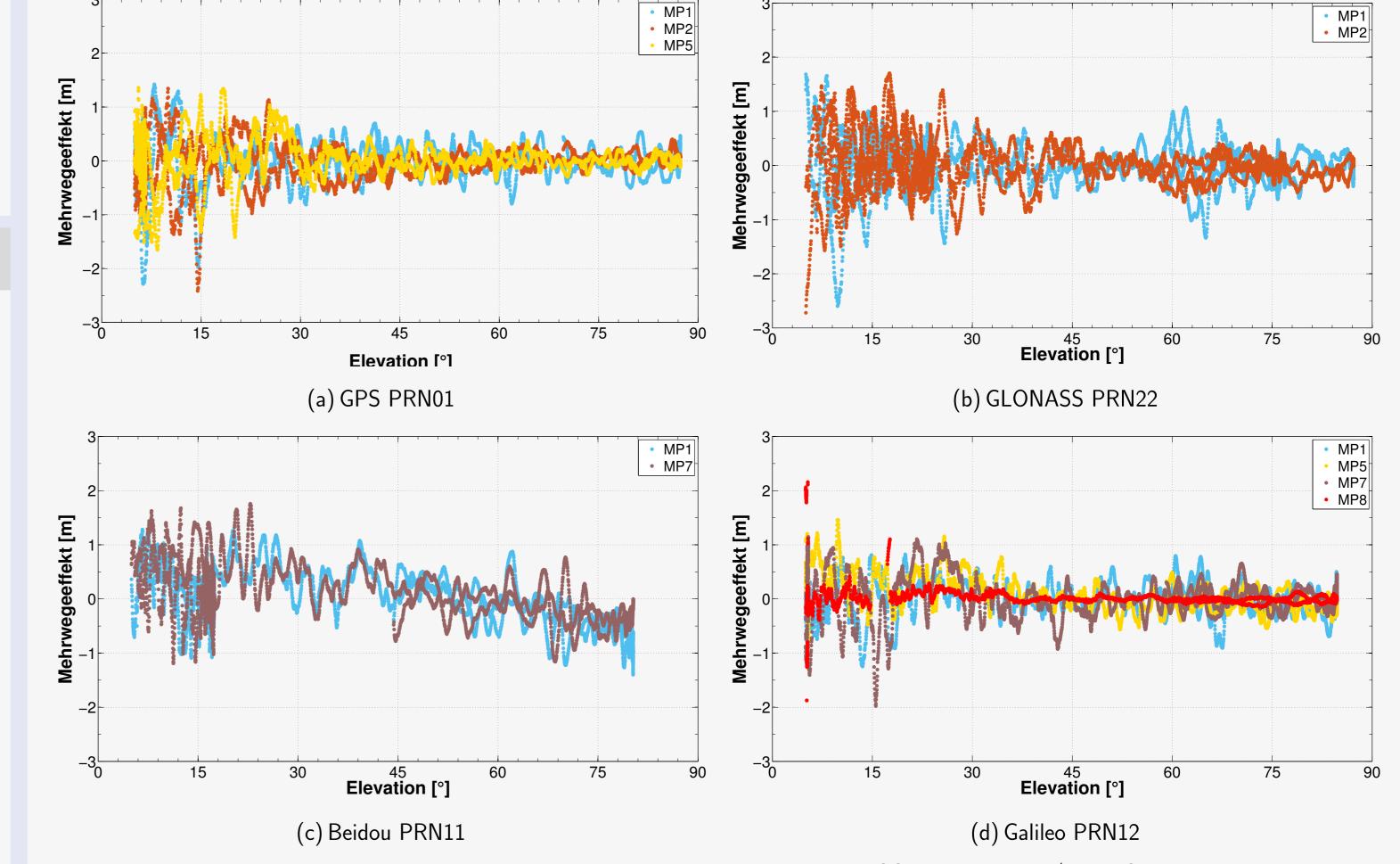


Abbildung 4: Mehrwegelinearkombinationen für vier verschiedene GNSS und aktuelle/neue Signalmodulationen. Kombinationen mit neueren Signalen zeigen sich robuster gegenüber Mehrwegeeffekten als Kombinationen mit alten Signalen. Dies wird auch durch die berechneten Standardabweichungen (Tab. 2) rechnerisch 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].

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].





ES1C ES5Q

Created with LATEX beamerposter