

ANALYSE DER DURCH ABSCHATTUNG BEEINFLUSSTEN GNSS-SIGNALE BEI PHASEN-BASIERTER POSITIONSBESTIMMUNG

Motivation

GNSS-Messungen auf einem stark abgeschatteten Beobachtungspunkt gehen meist mit einem Genauigkeitsverlust einher. Durch eine große Anzahl verfügbarer Satelliten sollte es möglich sein, gezielt Beobachtungen zu eliminieren, um eine Verbesserung der Positionsgenauigkeit zu erzielen. Im Folgenden soll untersucht werden, inwieweit mithilfe des Träger-Rausch-Leistungsdichte-Verhältnisses C/N_0 und der Dopplerbeobachtungen Kriterien aufgestellt werden können, um diese beeinflussten Beobachtungen zu detektieren.

Messaufbau und Wahl der Beobachtungspunkte

Auf fünf durch Mehrwege und Signalbeugung beeinflussten Punkten und auf einem Punkt mit idealen Empfangsbedingungen werden statische Messungen über je 4 bzw. 24 Stunden durchgeführt. Für die Messung auf den Beobachtungspunkten kommt ein Septentrio PolaRx5e Empfänger mit einer NavXperience3G+C mobile Antenne zum Einsatz. Es werden alle Signale von GPS, GLONASS, Galileo und BeiDou aufgezeichnet. Auf zwei Beobachtungspunkten erfolgt eine starke Abschattung durch Gebäude. Es werden drei weitere Messungen durchgeführt, welche hauptsächlich durch Vegetation in einer Himmelsrichtung abgeschattet werden.

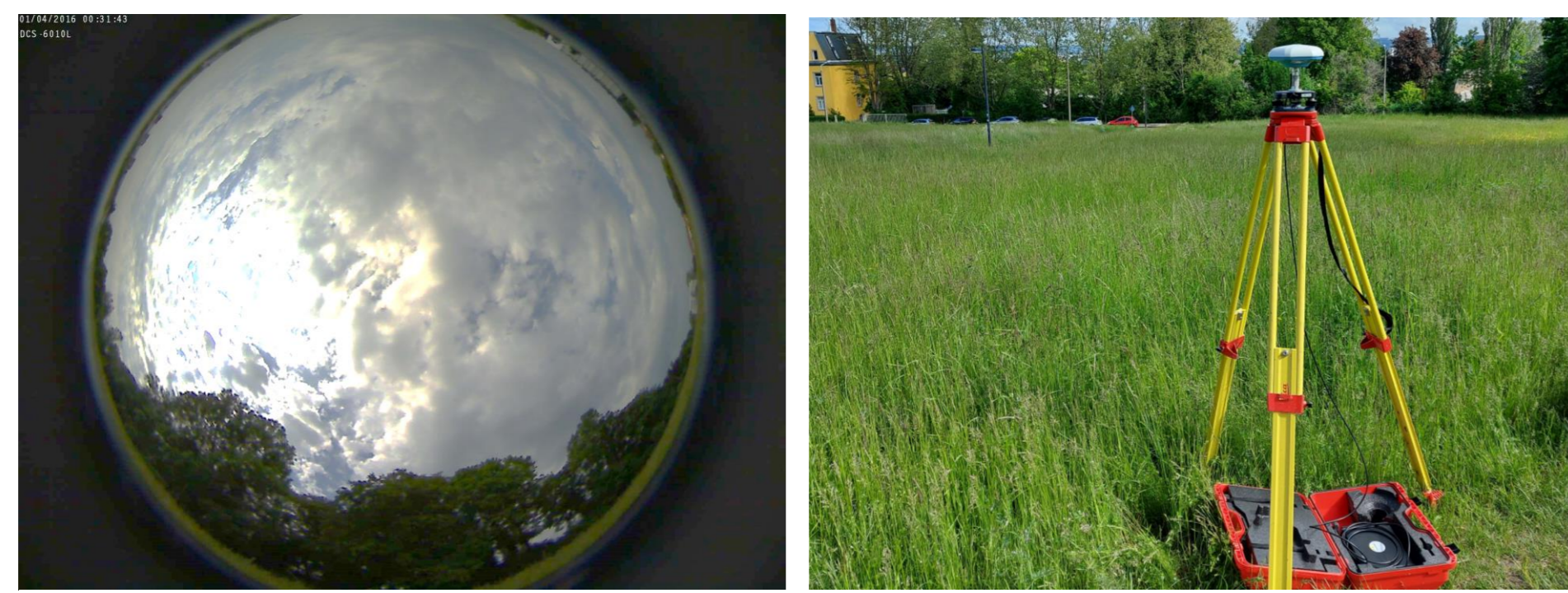


Abb. 1: Umgebung eines Beobachtungspunktes und Messaufbau

Auswertung und Analyse der Beobachtungsdaten

Zur Auswertung wurden WaSoft-Module und Matlab-Skripte verwendet. Im ersten Schritt werden aus den Daten des Beobachtungspunktes mit idealen Empfangsbedingungen elevationsabhängige Modelle des C/N_0 -Wertes für die vier Satellitensysteme berechnet und von den C/N_0 -Werten der Daten der abgeschatteten Beobachtungspunkte subtrahiert. Die Differenz ist in Abb. 2 auf der linken Seite für das GPS-L1-Signal dargestellt. Es ist erkennbar, dass Differenzen bis zu 15 dBHz im Süden auftreten. Hier wird der Beobachtungspunkt durch eine Baumreihe abgeschattet. Auf der rechten Seite sind die reduzierten Dopplerbeobachtungen abgebildet. Diese ergeben sich, nachdem die Satellitenbewegung aus den Dopplerbeobachtungen herausgerechnet wird. Für statische Messung müsste dieser Wert Null betragen. Die Grafik zeigt, dass die reduzierten Dopplerbeobachtungen größere Werte im Süden annehmen.

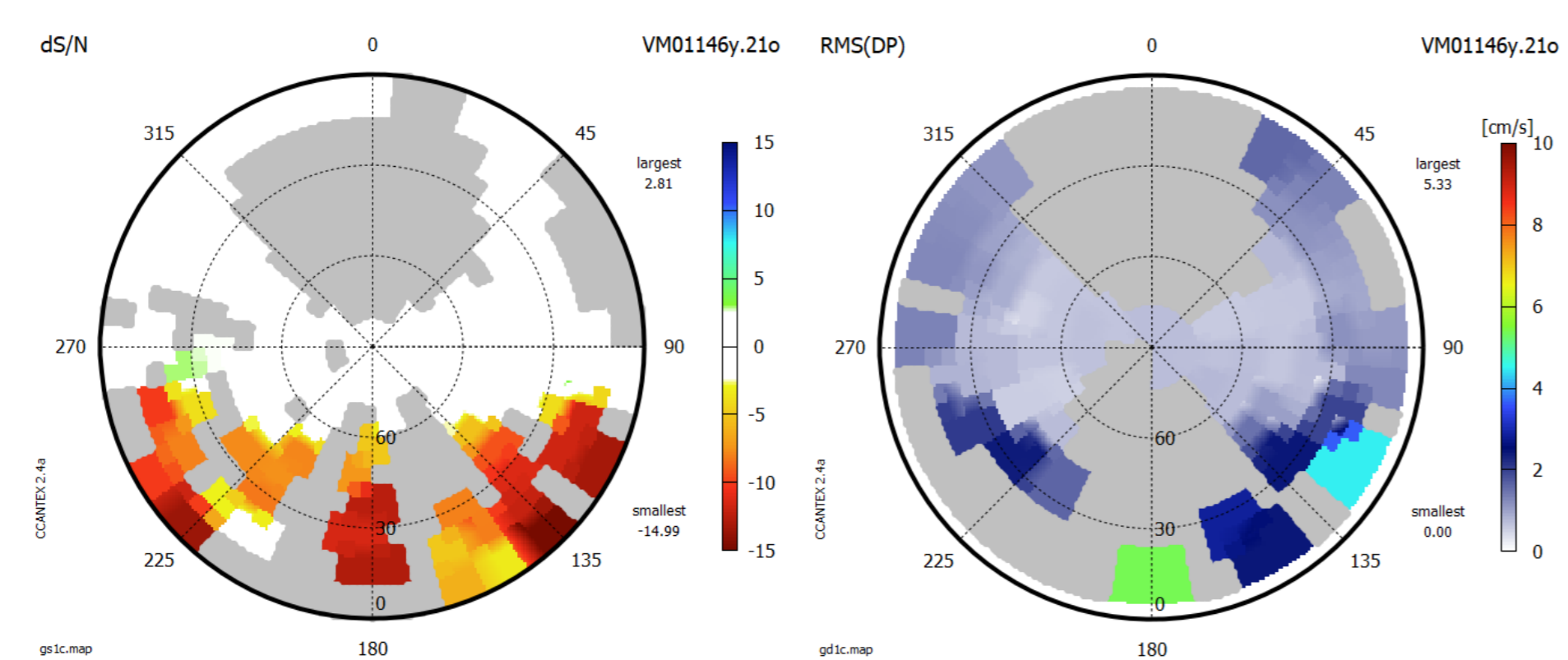


Abb. 2: links: Differenz C/N_0 zum Modell, rechts: RMS red. DP

Auf der Grundlage der für die fünf Punkte erfolgten Basislinienauswertung zu einer nahegelegenen Referenzstation erfolgt die Suche nach einem Zusammenhang zwischen den Phasenresiduen und dem C/N_0 -Wert sowie den Phasenresiduen und den reduzierten Dopplerbeobachtungen. Die Beobachtungen werden in Klassen entsprechend der Größe der Phasenresiduen

eingeteilt, die C/N_0 -Werte und die reduzierten Dopplerbeobachtungen entsprechend zugeordnet und in jeder Klasse wird der RMS-Wert für die beiden Beobachtungsgrößen berechnet. Die Abb. 3 stellt auf der linken Seite den RMS des C/N_0 -Wertes und auf der rechten Seite den RMS-Wert der reduzierten Dopplerbeobachtungen dar. Über den Balken befindet sich die Anzahl der Beobachtungen in einer Klasse. In den Klassen der großen Phasenresiduen ist der jeweilige RMS deutlich größer als in den Klassen mit geringen Phasenresiduen. Das deutet auf einen Zusammenhang zwischen großen Phasenresiduen und einer großen Differenz des C/N_0 -Wertes und großen Werten für die reduzierten Dopplerbeobachtungen hin. Bei den Beobachtungspunkten mit starken Gebäudeabschattungen war die Anzahl der auswertbaren Daten für die statische Analyse nicht ausreichend.

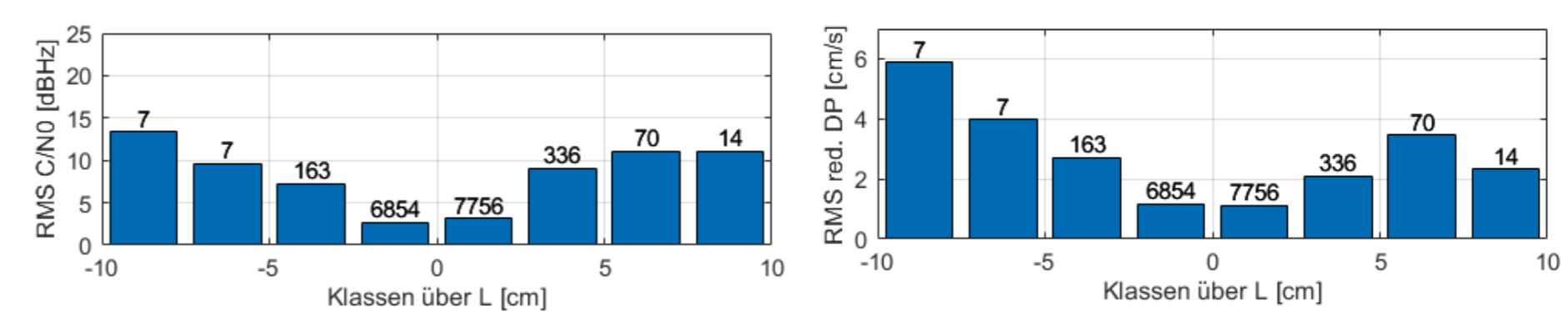


Abb. 3: Klasseneinteilung nach Phasenresiduen links: RMS C/N_0 , rechts RMS red. DP

Ergebnisse

Anhand dieser Analysen werden drei Varianten untersucht. Die Einstufung als zu entfernende Beobachtung erfolgt entweder, wenn die Differenz des C/N_0 -Wertes von 5 dBHz überschritten wird oder die reduzierten Dopplerbeobachtungen Werte über 3 cm/s annehmen oder eines beider Kriterien eintritt. Für die Einschätzung des Erfolgs dieser Varianten werden die Standardabweichungen der Positionsresiduen der originalen Beobachtungsdaten und der selektierten Beobachtungsdaten miteinander verglichen. Mithilfe der reduzierten Dopplerbeobachtungen können keine Verbesserungen erzielt werden. Hingegen können mit dem C/N_0 -Wert Verbesserungen bis zu 38,90% erreicht werden (siehe Tabelle 1). Mit beiden Kriterien in Kombination können ebenfalls Verbesserungen in dieser Größenordnung erzielt werden.

Tab. 1: Verbesserungen der Standardabweichungen (Kriterium: $C/N_0 > 5$ dBHz)

Beobachtungspunkt	Anteil entfernter Beobachtungen [%]	v_{Nord} [%]	v_{Ost} [%]	$v_{Höhe}$ [%]
VM01	13,60	6,45	22,32	19,98
BS01	9,52	38,90	15,10	28,35
BS02	5,11	27,02	8,45	7,87

Die Abb. 4 zeigt in orange die als zu entfernende eingestuftten Beobachtungen. Auf der linken Seite ist erkennbar, dass hauptsächlich Beobachtungen eliminiert werden, welche sich in Richtung der Abschattung durch die Bäume befinden. In der rechten Grafik werden hingegen Beobachtungen eliminiert, die sich im Norden befinden. Diese Beobachtungen sind nach Beurteilung der Geländetopografie nicht von Mehrwege oder Signalbeugung beeinflusst. Diese Plausibilitätskontrolle bestätigt den Erfolg der Anwendung des Kriteriums des C/N_0 -Wertes. Die Werte der reduzierten Dopplerbeobachtungen scheinen kein geeignetes Kriterium zur Selektion beeinflusster Beobachtungen zu sein. Es bedarf weiterer Untersuchungen.

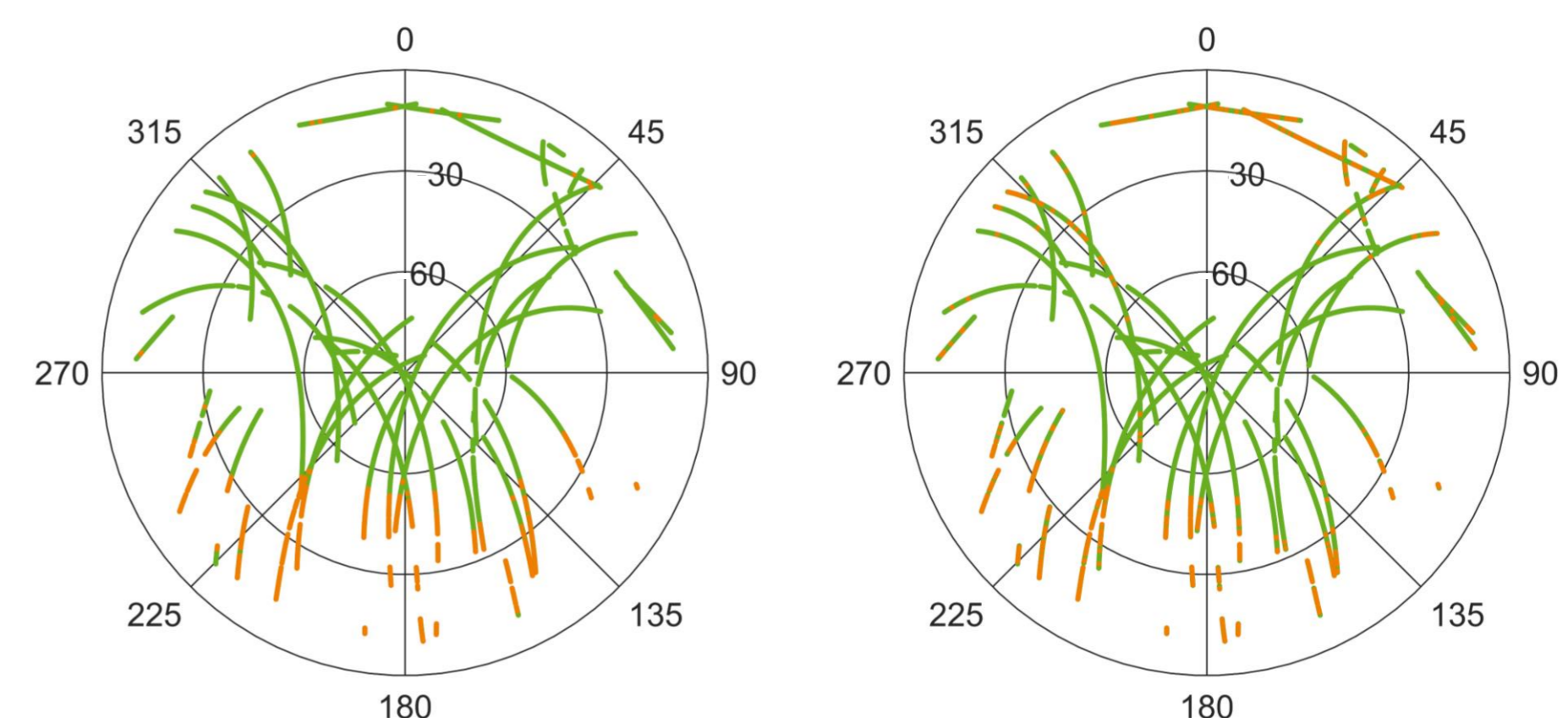


Abb. 4: Vergleich der Selektion der entfernten Beobachtungen links: $C/N_0 > 5$ dBHz rechts: red. DP > 3 cm/s