

Qualitätsvergleich der aktuellen Premium-GNSS-Empfänger

Einleitung

Mit der Ausweitung der GNSS auf vier globale Systeme (GPS, GLONASS, Galileo, BeiDou) stehen nun eine Vielzahl von Signalfrequenzen und Signalmodulationen zur Verfügung. Hinzu kommen weitere regionale und Zusatzsysteme. Die Regionalen Navigationssatellitensysteme (RNSS) sind das japanische QZSS und das indische NavIC. Für die Beurteilung der Qualität aktueller Premium-GNSS-Empfänger wurden von vier Herstellern sechs Empfänger ausgewählt, die jeweils Beobachtungen von mindestens zehn Referenzstationen auf sieben aufeinanderfolgenden Tagen auf möglichst vielen Frequenzen sowie Signalen auf gleicher Frequenz aufzeichnen (Tab. 1).

Tab. 1: Anzahl der empfangenen Signale pro Frequenzband für die Empfänger JAVAD: TRE-3/ TRE-3 DELTA; Leica: GR50; SEPT (Septentrio); PolaRx5/ PolaRx5TR; Trimble: Alloy

GNSS	GPS	GLO- NASS	Galileo	BeiDou	QZSS	Nav- IC
Freq.	□ □ □	□ □ □	□ □ □ □ □ □ □ □	□ □ □ □ □ □ □ □	□ □ □ □ □	□
Empf.						
JAVAD	3 2 1	2 2 1	1 1 1 1 1	1 1 1 2 1 1	2 1 1 1	1
Leica	1 2 1	1 2 1	1 1 1 1	1 1 1 1	1 1 1	1
SEPT	3 2 1	2 2 1	1 1 1 1 1	1 1 1 1	1 2 1 1 1	1
Trimble	2 2 1	2 2 1	1 1 1 1 1	1 1 1 2	1 2 1 1 2	1

Mehrwegeverhalten

Der Mehrwegeeinfluss auf die Code-Beobachtungen wird anhand der Multipath (MP)-Linearkombination untersucht. Sie ist eine geometrie- und ionosphärenfreie Kombination von Zweifrequenzmessungen und liefert Aussagen über das Code-Rauschen, welches u.a. den Mehrwege-Effekt enthält.

Mit zunehmendem Elevationswinkel nimmt das Rauschen kontinuierlich ab (Abb. 1). Ab einer Elevation von etwa 60° wird ein nahezu konstantes Minimum bei allen GNSS erreicht. Signale auf gleichen Frequenzen verzeichnen ähnlich auftretende Effekte über dem gesamten Elevationsbereich. Das geringste Code-Rauschen über den gesamten Elevationsbereich wird bei Galileo E5 und BeiDou B2 erzielt, welches ein kombiniertes Tracking aus den Seitenbändern ist. Der Mehrwege-Effekt des offenen Dienstes von GLONASS unterscheidet sich sichtlich von dessen autorisiertem Dienst durch ein verstärktes Rauschen. Dies betrifft sowohl die erste als auch die zweite GLONASS-Frequenz.

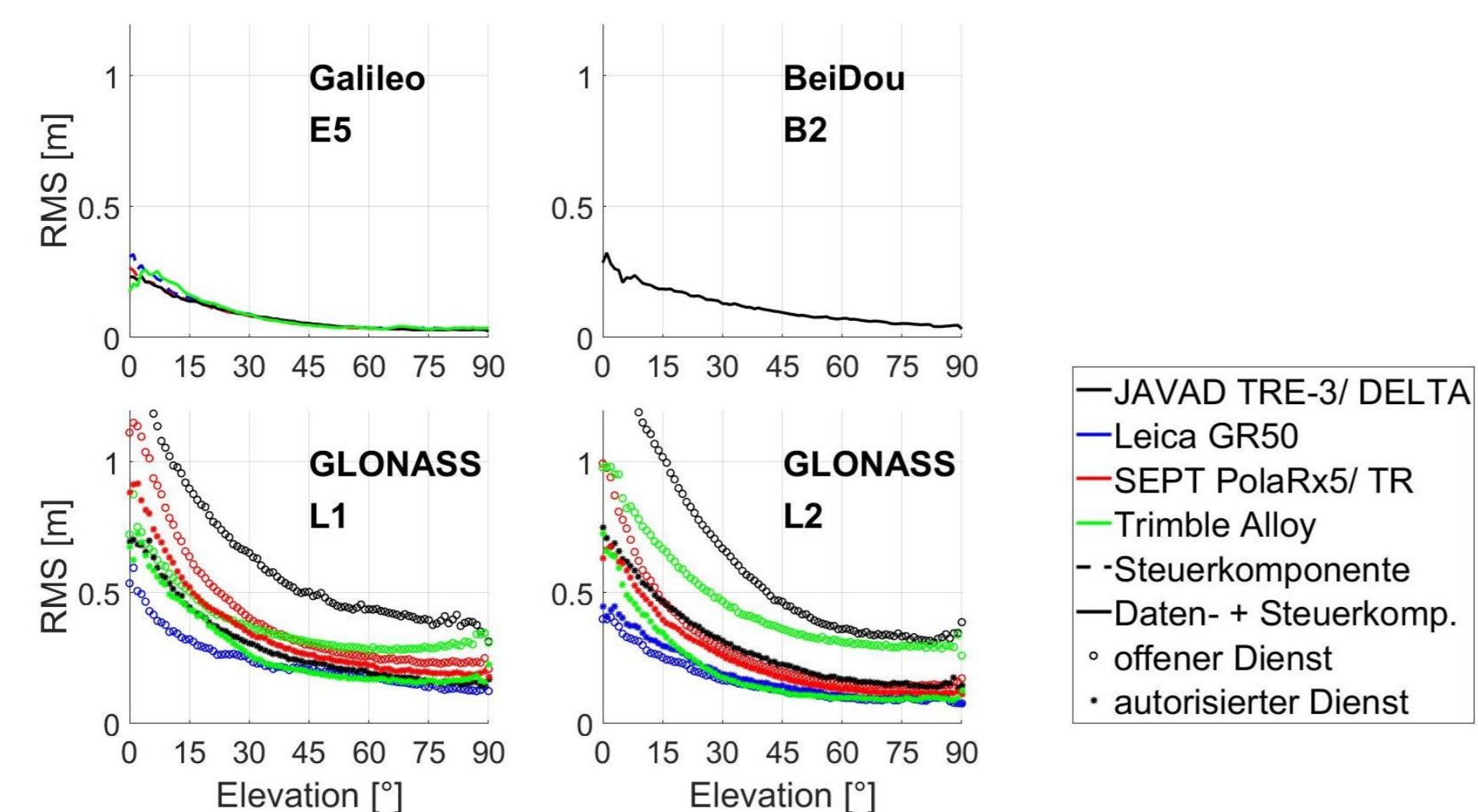


Abb 1: Elevationsabhängige RMS-Werte aus der MP-Linearkombination für 4 Empfängertypen

Beim Leica GR50-Empfänger liegen weniger Signalfrequenzen und Signalmodulationen als bei den anderen Empfängern vor. Hinzu kommt eine geringe Stichprobe an Beobachtungen bezüglich der GNSS und RNSS. Trotzdem erzielt der Empfänger von Leica, welcher entweder nur die Daten- oder die Steuerkomponente des Signals aufzeichnet, gegenüber den anderen Empfängern bei niedrigen Elevationswinkeln ein geringeres Rauschen.

Signal-Rausch-Verhältnis

Die Signalstärke nimmt mit zunehmendem Elevationswinkel kontinuierlich zu. Ab einem Elevationswinkel von etwa 60° wird ein nahezu konstantes Maximum erreicht, welches den Zusammenhang zwischen dem Signal-Rausch-Verhältnis und dem Mehrwege-Effekt verdeutlicht.

Im Gegensatz zum Mehrwegeeinfluss lassen sich aber beim Signal-Rausch-Verhältnis Unterschiede hinsichtlich der Daten- und Steuerkomponente sowie der Kombination beider feststellen. Die kombinierte Komponente erzielt durch ein robusteres Tracking gegenüber den Einzelkomponenten eine größere Signalstärke.

Die deutlich geringsten Signalstärken weisen die präzisen Signale auf der ersten und zweiten GPS-Frequenz auf. Bei niedriger Elevation liegen sie ca. 15 dB Hz unter den Signalstärken der anderen GNSS- und RNSS-Signale.

Beim Empfängervergleich (Abb. 2) weisen die Empfänger von Leica und JAVAD über den gesamten Elevationsbereich die größte Signalstärke auf, wobei die JAVAD-Empfänger im Gegensatz zum Leica-Empfänger das kombinierte Signal aufzeichnen. Entsprechend erreichen diese bei höherer Elevation ein noch besseres Signal-Rausch-Verhältnis.

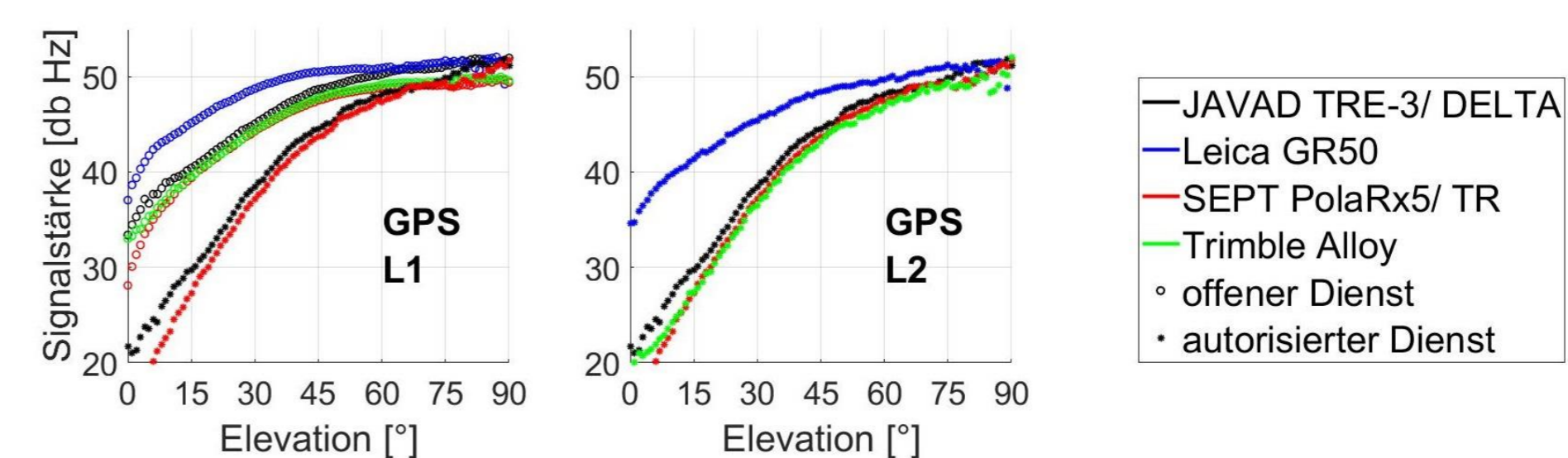


Abb. 2: Elevationsabhängiges Mittel des Signal-Rausch-Verhältnisses für 4 Empfängertypen

Code- und Phasen-Unterschiede

Die Code- und Phasen-Unterschiede, welche sich aus der Differenz zweier Signale auf gleicher Frequenz ergeben, sind Verzögerungen, deren Ursprung in der Satellitenhardware und in der Empfängerhardware liegen. Aufgrund der genaueren Messung der Trägerphase sind die Phasen-Unterschiede etwa drei Größenordnungen kleiner als die Code-Unterschiede.

Bei GPS lassen sich im Gegensatz zu GLONASS hinsichtlich der einzelnen Satelliten gleiche Verzögerungen feststellen (Abb. 3). GLONASS verwendet auf der ersten und zweiten Frequenz als einziges die FDMA (Frequency Division Multiple Access)-Signale. Deshalb kommt es zu variierenden Verzögerungen, was sowohl die Code- als auch die Phasenmessungen betrifft.

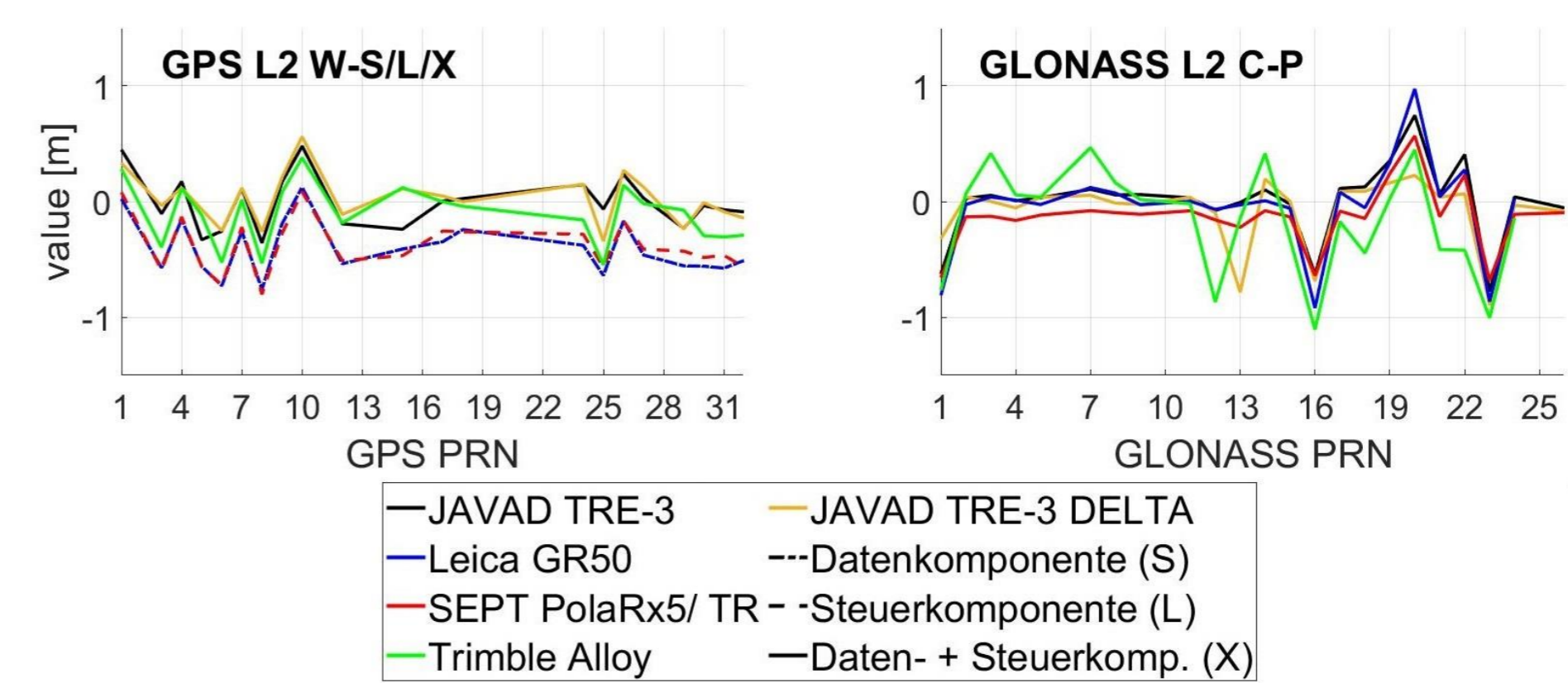


Abb. 3: Satellitenabhängige Code-Unterschiede für 5 Empfängertypen

Schlussfolgerung

Die Ergebnisse zeigen, dass die Premium-GNSS-Empfänger von gleichen Herstellern ähnliche Eigenschaften aufweisen. Dabei erzielt der Empfänger GR50 von Leica bei der MP-Linearkombination und beim Signal-Rausch-Verhältnis insbesondere bei niedriger Elevation bessere Ergebnisse als die anderen Empfänger. Jedoch werden weniger Signalfrequenzen und Signalmodulationen aufgezeichnet. Die Empfänger von JAVAD erreichen mit steigender Elevation eine noch bessere Signalstärke.