

ANALYSE VON GNSS ECHTZEIT-PPP-KORREKTUREN UND DEREN EINFLUSS AUF DIE GENAUIGKEIT DER POSITIONSBESTIMMUNG

Einleitung

Die Genauigkeit der Positionsbestimmung hängt bei Precise Point Positioning (PPP) in Echtzeit im wesentlichen von der Qualität der Satellitenorbit- und -uhrkorrekturen ab. Diese präzisen Korrekturdaten sind Bestandteil der State Space Representation (SSR) Nachrichten und werden im standardisierten RTCM-Format via Ntrip vom International GNSS Service (IGS) kostenlos über das Internet zur Verfügung gestellt. Sie werden von diversen Analysezentren, wie z.B. BKG und GFZ, berechnet. Bisher sind im Format RTCM-SSR seit 2011 nur Orbit- und Uhrkorrekturen für GPS und GLONASS standardisiert.

Im Rahmen der Arbeit werden Positionslösungen mit den Echtzeitkorrekturen der verschiedenen Analysezentren erzeugt und hinsichtlich Vollständigkeit, Konvergenzverhalten und Genauigkeit untersucht. Zusätzlich werden die empfangenen Orbit- und Uhrkorrekturen mit den hochgenauen Final-Orbit- und Uhrkorrekturen verglichen.

Datenaufzeichnung

Mithilfe der kostenlosen Software BKG Ntrip Client (BNC) werden Positionslösungen von fünf bis sechs Stunden erzeugt. Dabei werden die verschiedenen Eingangsdaten über das Internet als Broadcast-Datenströme empfangen. Pro Positionslösung werden drei Datenströme verwendet. Der Erste liefert in Echtzeit die Beobachtungen einer ausgewählten Beobachtungsstation des EUREF Permanent Networks. Ein weiterer Datenstrom enthält die Broadcast Ephemeriden. Im Dritten werden die Echtzeit-Orbit- und Uhrkorrekturen übertragen. Es werden Positionslösungen auf Basis mehrerer EUREF-Stationen berechnet. Dabei werden für jede Station die in Tab. 1 aufgelisteten Korrekturdatenströme nacheinander verwendet. Dies sind alle verfügbaren SSR-Nachrichten, deren Inhalt im RTCM-Format vorliegt und sich auf das Antennenphasenzentrum bezieht.

Tab. 1: Analytierte Echtzeit-Korrekturdatenströme für Satellitenorbit und -uhr

Datenstrom	Anbieter	GNSS
SSRA00CAS0	Chinese Academy of Science (CAS)	GPS,GLO,GAL,BDS,QZS
SSRA00CNE0	Centre National d'Etudes Spatiales (CNES)	GPS,GLO,GAL,BDS,QZS
SSRA00DLR0	Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR)	GPS,GLO,GAL,BDS,QZS
SSRA00GFZ0	GeoForschungsZentrum Potsdam (GFZ)	GPS,GLO,GAL,BDS
SSRA00GMV0	GMV Aerospace and Defense (GMV)	GPS,GLO,GAL,BDS
SSRA00SHA0	Shanghai Astronomical Observatory (SHAO)	GPS,GLO,GAL,BDS
SSRA00WHU0	Wuhan University (WHU)	GPS,GLO,GAL,BDS
SSRA01BKG0	Bundesamt für Kartographie und Geodäsie (BKG)	GPS,GLO
SSRA02IGS0	International GNSS Service (IGS)	GPS,GLO,GAL
SSRA03IGS0	IGS	GPS,GLO,GAL,BDS
SSRA31IGS0	IGS	GPS,GLO,GAL,BDS

Analyse der Positionslösungen

Die generierten Positionslösungen werden in Zusammenhang mit den Sollkoordinaten der jeweiligen Beobachtungsstation gesetzt und es werden die Abweichungen in den drei Koordinatenrichtungen Nord, Ost und Höhe bestimmt. In Abb. 1 sind die Abweichungen der Positionen auf Station AQUI mit den Korrekturen des BKG zu sehen.

Es folgt eine Genauigkeitsbetrachtung der Daten. Die mittlere quadratische Abweichung (RMS) wird gebildet und über den dreifachen RMS einzelne Werte entfernt. In Tab. 2 sind für die Positionen auf Station AQUI mit den einzelnen Korrekturdatenströmen die RMS-Werte aufgeführt. Das Ergebnis mit den Korrekturen des GFZ zeigen den geringsten 3DRMS mit 0,11 m, während das Ergebnis mit den Korrekturdaten vom CNE auf dieser Station den größten Wert mit 0,30 m aufweist.

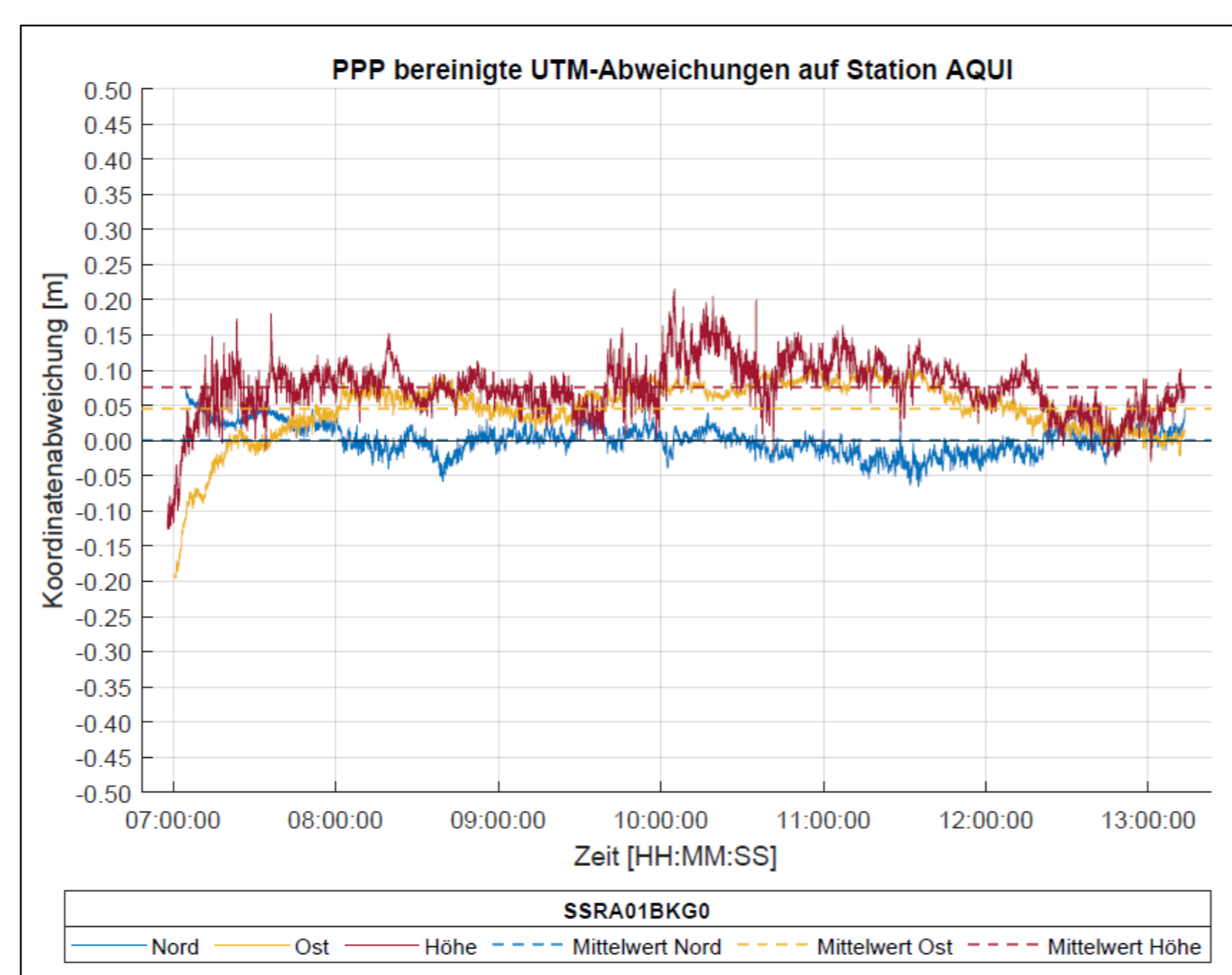


Abb. 1: Abweichungen der Koordinatenrichtungen auf Station AQUI mit den Korrekturen von BKG

Tab. 2: RMS für die drei Koordinatenrichtungen der Positionslösungen pro Korrekturdatenstrom

Station	Stream	RMS in Metern			3DRMS
		Nord	Ost	Höhe	
AQUI	SSRA00CAS0	0,07	0,10	0,18	0,22
	SSRA00CNE0	0,05	0,10	0,28	0,30
	SSRA00DLR0	0,03	0,09	0,17	0,19
	SSRA00GFZ0	0,02	0,02	0,10	0,11
	SSRA00GMV0	0,04	0,11	0,15	0,19
	SSRA00WHU0	0,04	0,06	0,18	0,19
	SSRA01BKG0	0,02	0,06	0,09	0,12
	SSRA03IGS0	0,06	0,12	0,17	0,22
	Gesamt	0,04	0,08	0,17	0,19

Gegenüberstellung paralleler PPP-Lösungen

Das Verhalten unterschiedlicher Korrekturdatenströme wird durch die parallele Aufzeichnung von gleichen Beobachtungsdaten in Kombination mit verschiedenen Korrekturdaten betrachtet. Abb. 2 zeigt, dass sich die PPP-Lösungen mit den unterschiedlichen Korrekturen der Datenstromanbieter phasenweise deutlich voneinander unterscheiden.

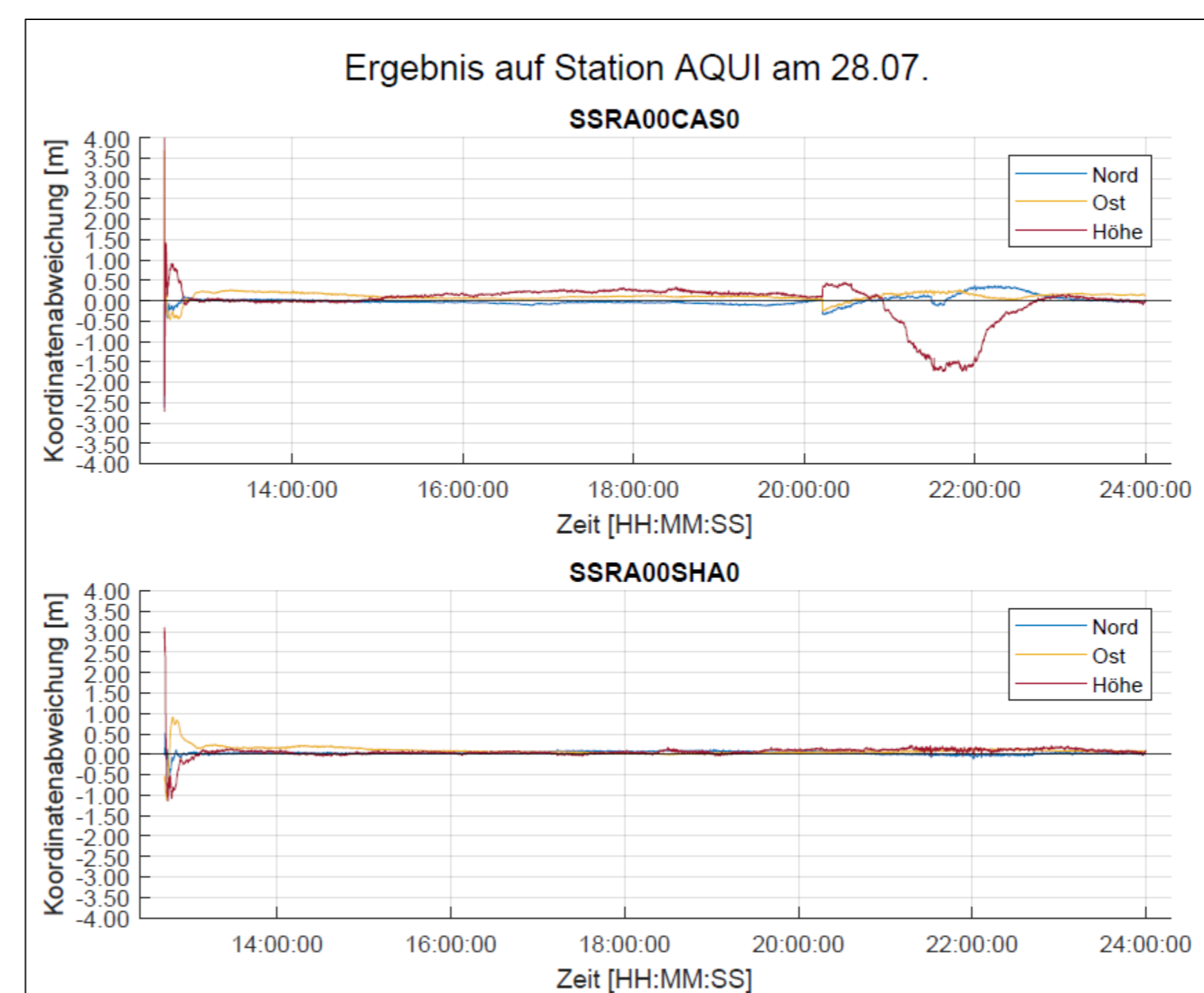


Abb. 2: Parallele Positionslösungen mit den Korrekturen von CAS und SHA

Vergleich der Echtzeit-Korrekturen mit den Final-Korrekturen

In BNC werden Vergleiche zwischen den aufgezeichneten Echtzeit-Korrekturen und den etwa zwei Wochen später verfügbaren hochgenauen Final-Korrekturen durchgeführt. Das Programm berechnet die RMS für die Differenzen zwischen den jeweiligen Satelliten über die Gesamtepochen der Aufzeichnung. Dabei werden die Orbitkorrekturen in die Richtungen radial, along-track und out-of-plane unterschieden, die Uhrkorrektur wird nicht aufgeteilt.

In Abb. 3 sind die Differenzen für eine Aufzeichnung des Korrekturdatenstromes vom BKG zu den Final-Korrekturen abgebildet. Es fällt auf, dass die Unterschiede bei den GPS-Satelliten (G) zwischen den zwei Korrekturen geringer ausfallen als bei den GLONASS-Satelliten (R) und sich im unteren Zentimeterbereich bewegen. In der radialen Komponente weisen die Satelliten G18 und G23 Ausreißer auf, in der along-Komponente R09.

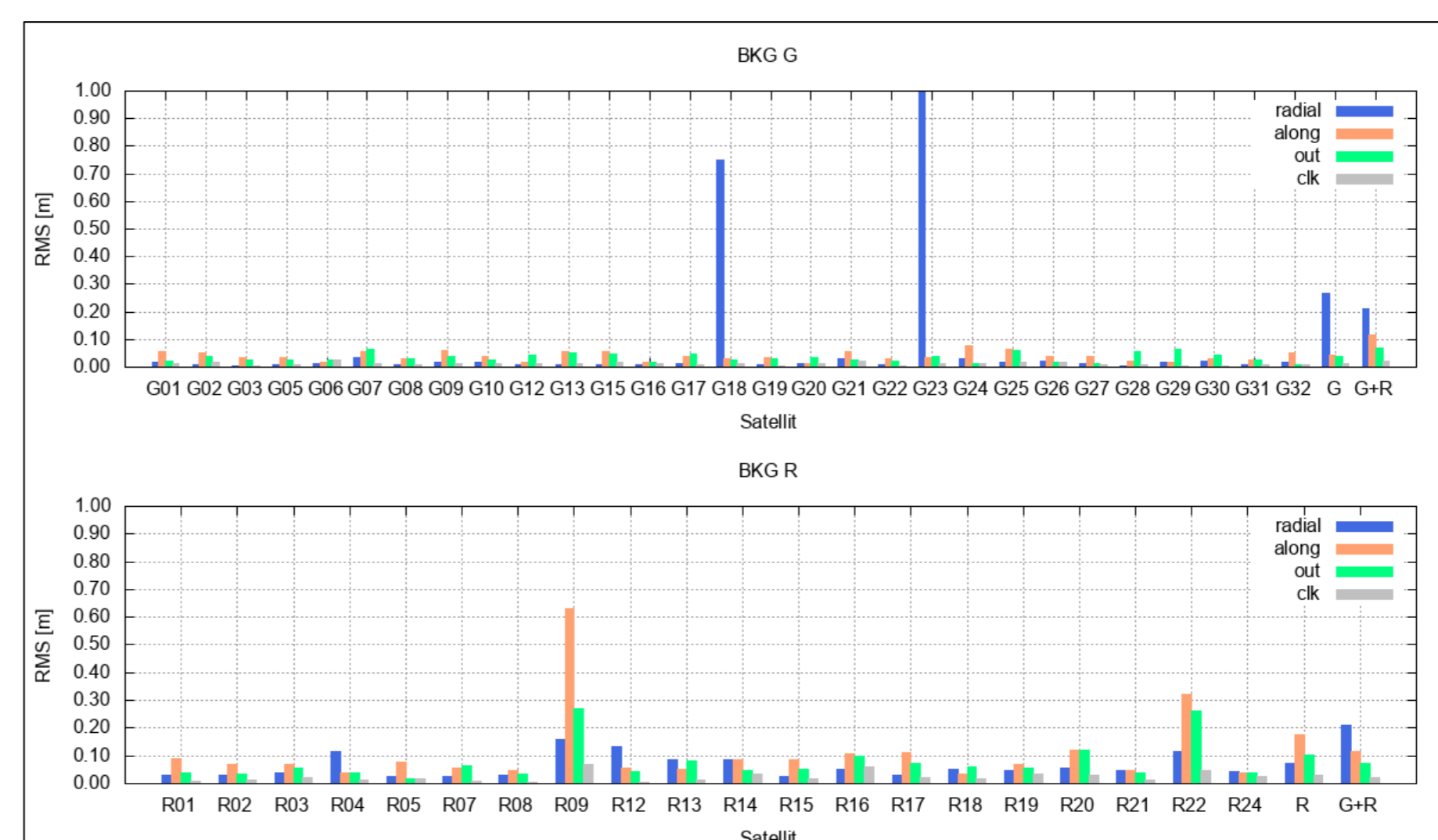


Abb. 3: Balkendiagramm der Differenzen für die Korrekturen von BKG