

Punktbewegungen durch ozeanische Auflasten

Einleitung

Die von Sonne und Mond hervorgerufenen Gezeiten der Ozeane und die damit einhergehenden Massenumverteilungen rufen variierende Auflasten hervor. Diese haben periodische Verschiebungen von Punkten auf der Erdkruste zur Folge, die sich aus der Überlagerung der Partialtiden mit unterschiedlichen Frequenzen ergeben. Den größten Einfluss haben halb- und ganztägige Tiden. Abhängig von der Entfernung eines Punktes zur Küste und der Intensität der dort auftretenden Gezeiten fallen die Auflastverschiebungen unterschiedlich groß aus. Der Einfluss auf die Höhenkomponente ist dabei am größten.

In dieser Arbeit werden die mit Hilfe von den Gezeitenmodellen CSR4.0, DTU10, FES2014b, GOT4.10c, HAMTIDE, NAO.99b, OSU12 und TPXO9-atlas berechneten Auflastverschiebungen untereinander und mit den von IGS-Stationen gemessenen Verschiebungen verglichen, um eine Aussage über die Qualität der Modelle und deren Signifikanz für die Korrektur von GNSS-Messungen treffen zu können. Ausgewertet werden dafür Daten an 34 weltweit verteilten Stationen über einen Zeitraum von 90 Tagen.

Auswertung

Die Berechnung der Verschiebungen aus den Gezeitenmodellen erfolgt mittels des Ocean Tide Loading Providers, einem Online-Dienst, der in den IERS Conventions empfohlen wird. Dieser berechnet aus den von einem Modell gelieferten Wasserhöhen der Ozeane durch Integration über eine Greensche Funktion die Amplituden und Phasen der elf wichtigsten Partialtiden für einen Punkt auf der Erdoberfläche. Mit dem Programm hardisp.f aus den IERS Conventions werden daraus die Verschiebungen in den Richtungen radial, Nord und Ost für einen definierten Zeitraum bestimmt.

Die GNSS-Daten der IGS-Stationen werden mit der Software WaPPP mit unterschiedlichen statischen und kinematischen Ansätzen mit dem PPP-Verfahren ausgewertet. Das beste Ergebnis wird mit einer kinematischen Auswertung, die eine statische Vorprozessierung beinhaltet, erzielt. Anschließend folgt eine Tiefpassfilterung mit einer Fast Fourier Transformation, um das hochfrequente Rauschen zu eliminieren und die GNSS-Daten mit den Modellberechnungen vergleichen zu können.

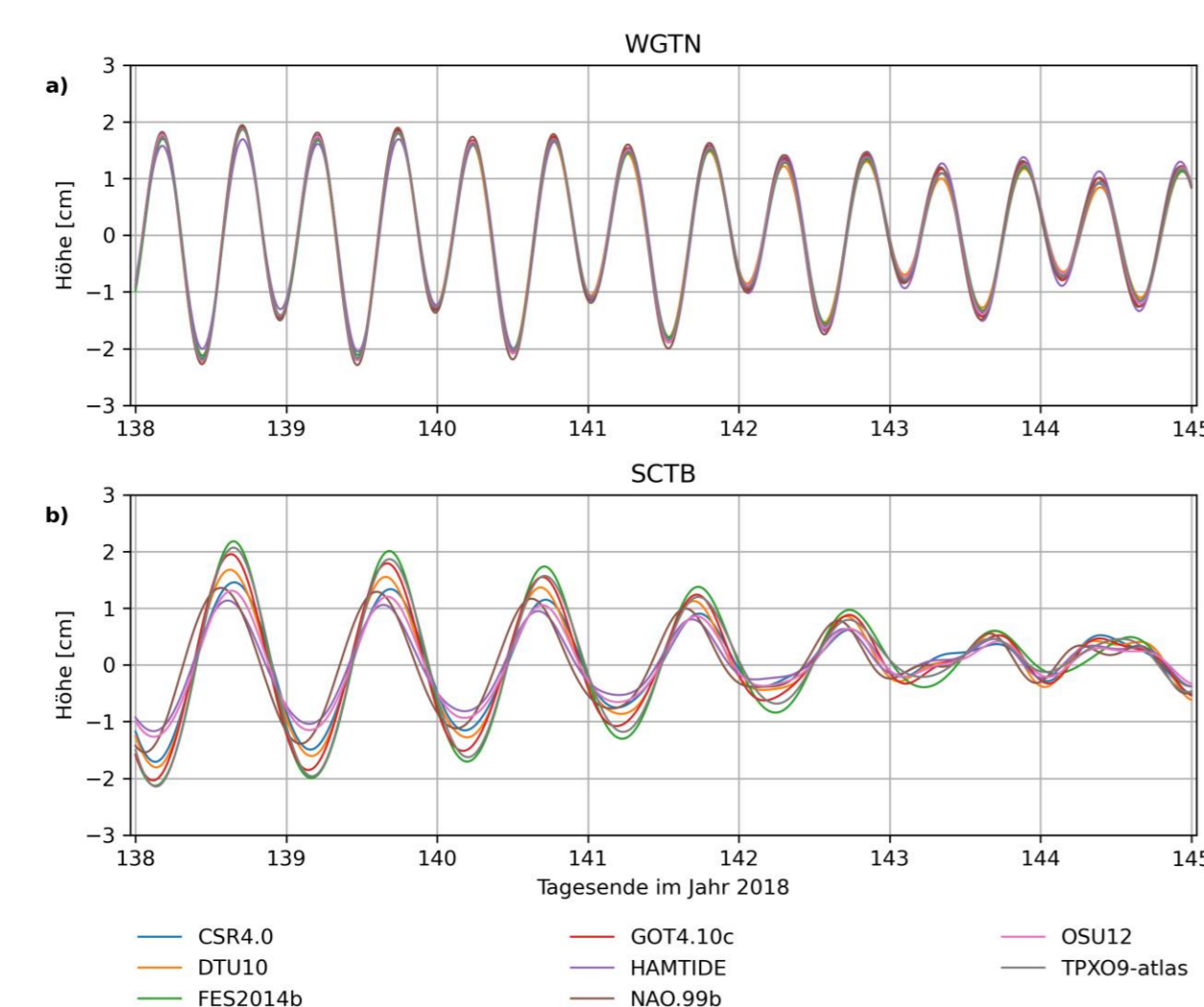


Abb. 1: Verschiebungen an den Stationen SCTB und WGTN, berechnet mit neun untersuchten Modellen.

Ergebnisse

An den meisten untersuchten Stationen unterscheiden sich die mittels der verschiedenen Modelle berechneten Verschiebungen nur im Bereich von wenigen Millimetern, dies ist in Abb. 1a für die Station WGTN beispielhaft dargestellt. Vereinzelt variiert die Größe der Amplituden an den untersuchten Stationen um bis zu 1 cm. Verschiebungen der Phasen liegen im Bereich von unter einer Stunde und unterscheiden sich nur in den Polarregionen stärker. Abb. 1b zeigt die Verschiebungen an der Station SCTB, an der die größten Unterschiede zwischen den Modellen auftreten.

Aufgrund der insignifikanten Differenzen zwischen den Modellen wird das Modell FES2014b für die Vergleiche mit den durch GNSS-Auswertungen bestimmten Verschiebungen ausgewählt.

In Abb. 2a sind die Ergebnisse der GNSS-Messungen sowie die entsprechenden Modellberechnungen für die Höhenkomponente der Station BRST über einen Zeitraum von 30 Tagen dargestellt. Die gefilterte GNSS-Zeitreihe sowie die Modellberechnungen weisen eine hohe Übereinstimmung auf. Halbtägige, tägige sowie langperiodische Tiden sind deutlich zu erkennen. Unterschiede zeigen sich durch unterschiedlich große Amplituden ohne erkennbare Systematik und sind auf die Messabweichungen bei der Positionsbestimmung zurückzuführen. Diese Differenzen zwischen den Messdaten und den Modellberechnungen an der Station BRST werden in Abb. 2b dargestellt. Sie liegen bis auf einzelne Ausnahmen, die im Untersuchungszeitraum mehrere Zentimeter erreichen, im Bereich von +/-2 cm und somit zum Großteil in der Größenordnung der Messabweichungen in den GNSS-Messungen bzw. darunter.

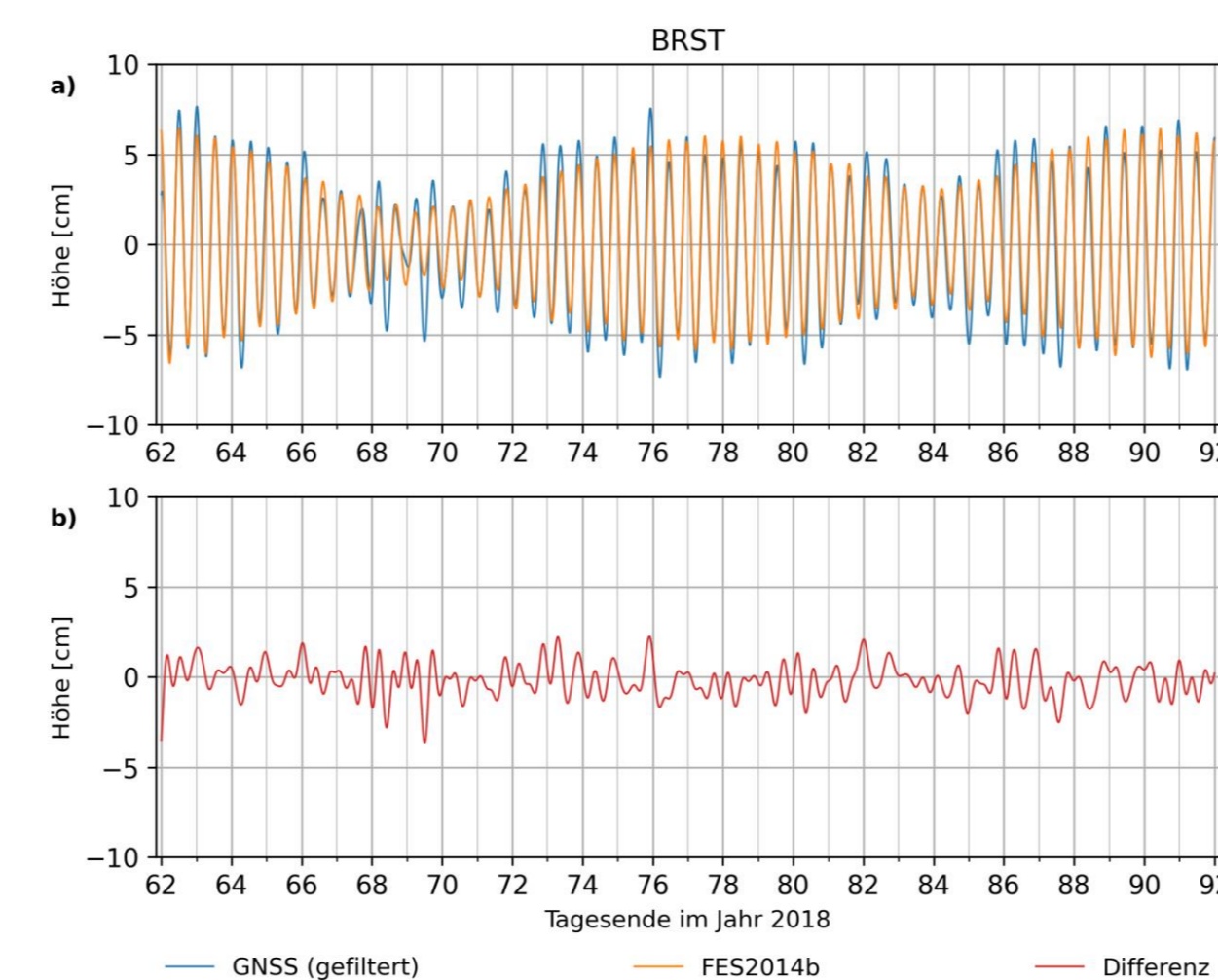


Abb. 2: a) Verschiebungen an der Station BRST. GNSS-Messwerte in blau, Modellberechnungen in orange. b) Differenz zwischen den Messwerten und den Modellwerten

Vergleichbare Differenzen werden bei fast allen Stationen bestimmt, unabhängig von der Größe der vorherrschenden Verschiebungen. Eine Ausnahme stellen Stationen mit sehr stark verrauschten GNSS-Daten dar, an denen die Differenzen größer ausfallen.

In Abb. 3 werden die Verschiebungen in der Höhe an der Station PALM dargestellt, an der sich ein auffälliges Muster der Überlagerung der unterschiedlichen Partialtiden zeigt. Dieses wird von den Modellberechnungen und den GNSS-Daten sehr ähnlich abgebildet. Das Modell ist auch dort geeignet, um die komplexeren Verschiebungsmuster in den GNSS-Daten zu korrigieren und auf das Messrauschen zu reduzieren. Dies wird beim

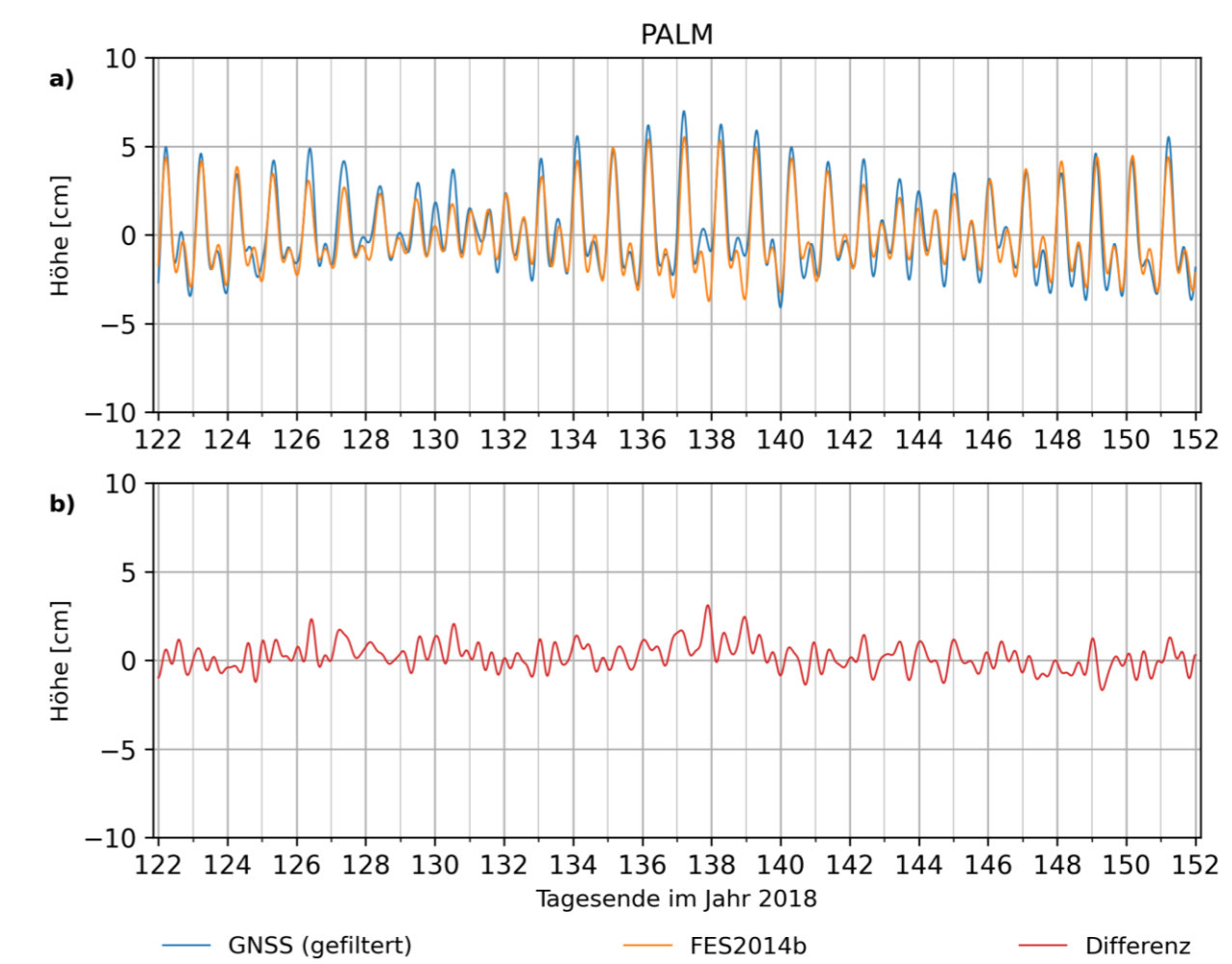


Abb. 3: a) Verschiebungen an der Station PALM. GNSS-Messwerte in blau, Modellberechnungen in orange. b) Differenz zwischen den Messwerten und den Modellwerten

Betrachten der Differenzen deutlich.

Um die Effektivität der Korrekturen an den Stationen vergleichen zu können, werden je Station und über den gesamten Untersuchungszeitraum der RMS-Wert der GNSS-Daten sowie der RMS der mit dem Modell korrigierten Daten bestimmt. In Abb. 4 sind diese Werte der Höhenkomponente farblich auf einer Karte dargestellt. An den Stationen, an denen die Verschiebungen am größten sind (MAYG, BRST, KIRI und SALU), sind signifikante Verbesserungen zu erkennen. An den Stationen mit kleineren Bewegungen bzw. stark verrauschten GNSS-Messungen können keine oder nur insignifikante Verbesserungen erzielt werden.

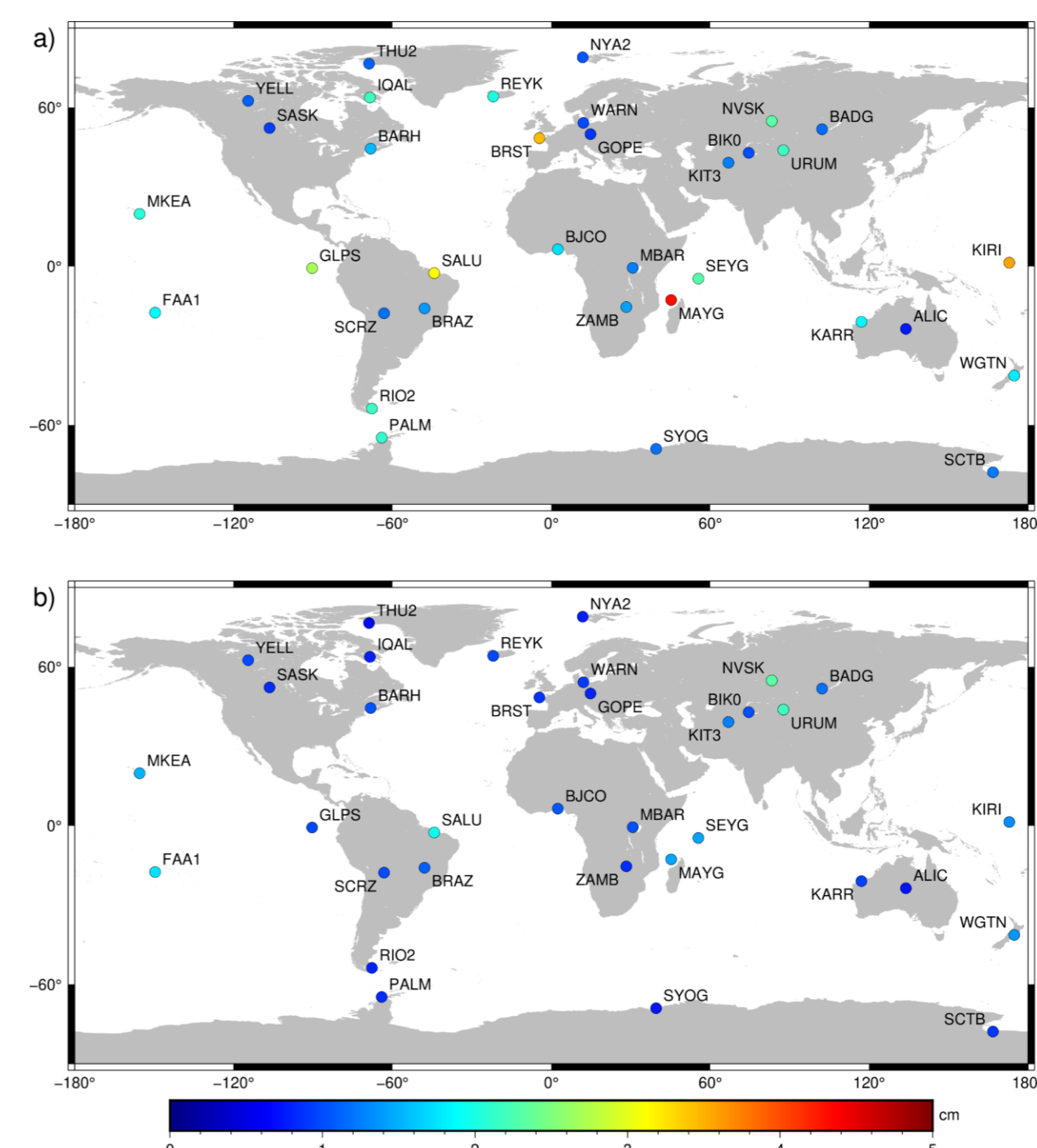


Abb. 4: RMS der GNSS-Beobachtungen ohne Korrektur (a) und nach Korrektur mit dem Modell FES2014b (b)

Fazit

Die untersuchten Modelle unterscheiden sich nur wenig und sind daher in gleichem Maße geeignet, um GNSS-Daten hinsichtlich der ozeanischen Auflasten zu korrigieren. An den meisten Stationen kann jedoch durch die Anbringung der Modelle keine signifikante Verbesserung bei der Positionsbestimmung erreicht werden, da die Verschiebungen geringer ausfallen als die Messabweichungen, die bei der PPP-Auswertung wirksam werden. Nur in Gebieten, in denen die Verschiebungen die Messunsicherheiten der Messungen deutlich übersteigen, wird eine signifikante Verbesserung erreicht. Dies trifft bei Verschiebungen größer +/-4 cm zu.