

## Towards a rigorous fusion of GNSS and InSAR observations for the purpose of water vapor retrieval

**Master Arbeit:** Marion Heublein 24.04.2014

**Zusammenfassung:** Unvollständig oder ungenau erstellte Modelle atmosphärischer Effekte schränken die Qualität geodätischer Weltraumverfahren wie GNSS (Globale Satelliten-Navigationssysteme) und InSAR (Interferometrisches Radar mit synthetischer Apertur) ein. Dem gegenüber enthalten Zustandsgrößen der Erdatmosphäre, allen voran Wasserdampf, wertvolle Informationen für Klimaforschung und Wettervorhersage, welche aus GNSS- oder InSAR-Beobachtungen abgeleitet werden können.

Bislang wurden am Institut für Photogrammetrie und Fernerkundung (IPF) und am Geodätischen Institut (GIK) des Karlsruher Instituts für Technologie (KIT) schon mehrere Forschungsprojekte im Bereich der Wasserdampf-Modellierung realisiert, und auch die vorliegende Master-Thesis beschäftigt sich mit diesem Thema. Im Besonderen wurde in dieser Arbeit Augenmerk gelegt auf einen Vergleich der geodätischen Sensoren GNSS und InSAR. Zudem wurden meteorologische Informationen und Daten des Erdbeobachtungssystems MERIS (Medium REsolution Imaging Spectrometer) genutzt.

Untersucht wurde das Gebiet des Oberrheingrabens, welches seit 2002 über ein dichtes Netz an GNSS-Stationen verfügt. Neben den GNSS-Beobachtungen innerhalb dieses GNSS Upper Rhine Graben Network (GURN) stand ein Stack von 17 Envisat SAR-Aufnahmen zur Verfügung. Diese SAR-Daten decken eine 105 km x 105 km große Region im Oberrheingraben ab. Die meisten SAR-Bilder wurden im Jahr 2005 aufgenommen, doch es lagen auch Aufnahmen von einzelnen Tagen der Jahre 2003, 2004, und 2006 bis 2009 vor.

Im Rahmen dieser Arbeit wurde erstmalig am IPF und am GIK ein direkter Vergleich von GNSS und InSAR in Richtung des SAR-Satelliten durchgeführt. Hierbei wurden die Beiträge der beiden Sensoren zur feuchten Laufzeitverzögerung der Radiowellen-Signale gegenübergestellt. Die in den Interferogrammen enthaltene neutrosphärische Phase wurde für diesen Vergleich getrennt von anderen in den InSAR-Beobachtungen enthaltenen Komponenten und im Folgenden mit den GNSS-Messungen verglichen. Um eine solche Trennung der InSAR-Phasenanteile vornehmen zu können, wurde davon ausgegangen, dass im Beobachtungszeitraum keine Deformationen des Oberrheingrabens auftraten. Die nach der Persistent Scatterer Methode durchgeführten InSAR-Prozessierungen ermöglichten die Messung von differentiellen, partiellen feuchten Laufzeitverzögerungen. Im Vergleich hierzu wurde im Rahmen der GNSS-Auswertung Precise Point Positioning (PPP) genutzt, wodurch totale neutrosphärische Laufzeitverzögerungen beobachtet werden konnten. Solche über GNSS bestimmte totale Laufzeitverzögerungen setzen sich zusammen aus einem a priori Modell, einer Projektionsfunktion, geschätzten stationsspezifischen Neutrosphärenparametern (SSNP) und horizontalen Gradienten, sowie aus Beobachtungsresiduen.

Die Auswirkungen der beiden Projektionsfunktionen „Niell mapping function“ (NMF) und „Vienna mapping function“ (VMF) auf die über GNSS bestimmten Koordinaten, die SSNP und die horizontalen Gradienten wurden vergleichend analysiert. Die anhand der VMF bestimmten stationsspezifischen Neutrosphärenparameter ergaben kleinere Wert als jene, die über die NMF berechnet wurden. Trotzdem ist der Effekt der SSNP auf die feuchte Laufzeitverzögerung signifikant und darf demnach nicht vernachlässigt werden. Im Gegensatz hierzu können die Effekte der Gradienten, die aus Beobachtungen bis zu einer minimalen Elevation von 3° stammen, unabhängig von der

Projektionsfunktion für Elevationen über  $45^\circ$  vernachlässigt werden. Der Beitrag der Phasenresiduen zur Laufzeitverzögerung in Signalrichtung hingegen ist bedeutend. Im Falle einer GNSS-Auswertung basierend auf der NMF variierten die Stationshöhen über den Zeitraum eines Jahres stärker als im Falle einer auf der VMF beruhenden Berechnung. Länge und Breite der betrachteten Stationen stimmten für beide Projektionsfunktionen überein.

Vergleiche der GNSS-Beobachtungen in Richtung des SAR-Satelliten mit den InSAR-Aufnahmen zeigten, dass nur ein partieller Anteil der feuchten Laufzeitverzögerung in den Interferogrammen enthalten ist. Aus MERIS-Beobachtungen abgeleitete partielle feuchte Laufzeitverzögerungen stimmten gut mit jenen des SAR-Sensors überein und veranschaulichten, dass ein höhenabhängiger Anteil der feuchten Laufzeitverzögerung sowie ein in MERIS- und GNSS-Beobachtungen vorliegender linearer Trend innerhalb der InSAR-Prozessierung wegfallen. Mögliche Modelle für diese Anteile der feuchten Laufzeitverzögerung wurden vorgestellt.