

## GNSS\_ATom

3D ground based GNSS Atmospheric Tomography

|                                 |   |                        |               |
|---------------------------------|---|------------------------|---------------|
| <b>Programm / Ausschreibung</b> | ASAP, ASAP, ASAP 9 Projekte                                 | <b>Status</b>          | abgeschlossen |
| <b>Projektstart</b>             | 01.10.2013  | <b>Projektende</b>     | 30.11.2015    |
| <b>Zeitraum</b>                 | 2013 - 2015   | <b>Projektlaufzeit</b> | 26 Monate     |
| <b>Keywords</b>                 | GNSS , Troposphere Monitoring, Weather Forecast, Tomography |                        |               |

### Projektbeschreibung

Der zeitlich und räumlich stark variable Feuchtgehalt der unteren Troposphärenschichten ist ein wesentlicher Parameter der regionalen Wettervorhersage. Dieser Feuchtgehalt kann unter anderem aus der durch die Troposphäre verursachten Verzögerung von GNSS-Signalen (Global Navigation Satellite Systems) berechnet werden. In bisher verfolgten Ansätzen auf Basis bodengestützter GPS/GLONASS-Beobachtungen wird zumeist die vertikale integrale Signalverzögerung über den GNSS Referenzstationen ermittelt. Diese Größe gibt somit keine ausreichende Auskunft über die vertikale Änderung der Refraktivität in den Troposphärenschichten und die horizontale räumliche Auflösung dieser Werte ist zudem abhängig vom großen Referenzstationsabstand (meist 50km-80km). Meteorologische Vorhersagemodelle benötigen jedoch dreidimensionale Informationen der Druck-, Temperatur- und Feuchteverteilung in einer vom Modell vorgegebenen räumlichen Auflösung in nahe Echtzeit.

Das Projekt GNSS-Atom zielt auf die 3-dimensionale Modellierung der Feuchttanteile im Alpengebiet mit einer horizontalen Auflösung von 10kmx10km (15 Höhengschichten) in einer zeitlichen Auflösung von 15 min. Die Troposphärentomographie beruht auf der Prozessierung von GPS/GLONASS-Signalen eines Subnetzes eines österreichischen Stationsnetzbetreibers (ÖBB). Die über einem apriori-Modell der hydrostatischen Troposphäre ermittelten Streckenresiduen in Signalrichtung fungieren als Beobachtungen zur Rekonstruktion der feuchten Refraktivität pro Voxel in einem 3D-Gitter über dem Interessensgebiet. Dieses Problem ist aufgrund der geringen Beobachtungszahl schwach determiniert. Es wird deshalb als Näherung ein apriori Feld der feuchten Refraktivität durch die ZAMG zur Verfügung gestellt. Die Berechnung der Beobachtungsresiduen in jedem Iterationsschritt erfolgt mit Hilfe einer am Institut entwickelten Raytracingsoftware. Das so schrittweise verbesserte Feld der feuchten Refraktivität kann schlussendlich gemeinsam mit dem hydrostatischen Ausgangsmodell in Druck-, Temperatur- und Feuchtwerte am 3D-Gitter umparametrisiert und der ZAMG zur Assimilation in das operative Wettermodell übergeben werden.

Das Projekt untersucht zudem den Vorteil einer Verdichtung der Beobachtungsstationen mit Hilfe günstiger Einfrequenz-GNSS Sensoren und den Mehrwert der Nutzung von Galileo Signalen. Beide Untersuchungen werden mit Hilfe eines am Institut verfügbaren Signalsimulators durchgeführt. Ein dichteres Stationsnetz erhöht die Zahl der die Voxel querenden Signale und stärkt das schlecht konditionierte Parameterbestimmungsproblem vor allem für die unteren Atmosphärenschichten. Galileo Signale dienen zudem die Beobachtungsgeometrie zu verbessern.

Die Assimilation des mittels GNSS bestimmten Refraktionsfeldes in das hochauflösende Wettermodell AROME der ZAMG erlaubt den Vergleich der Vorhersage mit der aktuellen Wettersituation und somit die Bewertung von GNSS-Beobachtungen als innovativer Sensor für die Wettervorhersage.

## **Abstract**

The lowermost layers of the troposphere are transport media of rapidly variable moisture fields which are essential for regional weather forecast. GNSS signals (Global Navigation Satellite Systems) experience a delay when passing the troposphere and conversely allow for estimation of humidity. Current approaches are based on the determination of vertical signal delays above each GPS/GLONASS observing site. These are integral numbers and therefore do not reflect the change of refractivity with height within the tropospheric layers. Moreover the horizontal resolution is limited by the mean distance of the observing sites (usually 50km-80km). Numerical weather forecast- (or nowcast-) models require 3D- information of pressure, temperature and humidity with spatial resolution of the model in close to real-time.

Project GNSS-ATom aims at the 3D-modelling of the lower troposphere in the alpine region with a horizontal resolution of 10km x 10km (about 15 vertical layers) with an update rate of 15min. The troposphere tomography is based on processing of GPS/GLONASS signals collected by a subnet of reference stations of an Austrian GNSS service provider (ÖBB). Remaining range residual along the signal path reflect the tropospheric signal delay not captured by an a priori hydrostatic model. We make use of these residuals to reconstruct the wet refractivity of each voxel in a 3D-grid above the area of interest. This problem is ill-conditioned due to the small number of observations compared to the number of voxels. To stabilize the inversion an initial wet refractivity field is introduced which is improved by each iteration step. The computation of range residuals in each step is performed by raytracing (in-house software). The finally determined grid of wet refractivity is transformed to pressure, temperature and humidity fields in the various height levels. These fields are used for assimilation by ZAMG.

This project also investigates the potential of significant densification of the observing network by means of cheap single-frequency receivers. Furthermore the added value of processing Galileo signals (E1 and E5) will be investigated. A high density network increases the number of signals passing the voxels and therefore strengthens the ill-conditioned parameter estimation problem. The Galileo signals can be used to improve the observation geometry further. Both the single frequency network observations as well as the additional Galileo data will be established by means of a signal generator available at the institute.

The resulting parameters are assimilated and validated within the high-resolution weather model AROME operated by ZAMG. This allows for a general assessment of GNSS observations as innovative sensor to contribute to weather forecast.

## **Projektkoordinator**

- Technische Universität Wien

## **Projektpartner**

- Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik (ZAMG) - Teilrechtsfähige Einrichtung des Bundes