

Mag. Dr. techn. Thomas Pary
Abteilung für Theoretische Geodäsie am
Institut für Geodäsie, TU Graz
Derzeit am Institut für Erdmessung und Navigation
Universität der Bundeswehr München
E-Mail: Thomas.Pary@unibw-muenchen.de



GPS Slant-Delays niedrigster Elevationen für die numerische Wettervorhersage

Very Low Elevation GPS Slant Delays for Numerical Weather Prediction

Mein Entschluss für das Studium der theoretischen Physik an der Karl-Franzens Universität Graz nach Abschluss der höheren technischen Lehranstalt für Nachrichtentechnik und Elektronik, entsprach meinem Wunsch, die physikalischen Grundlagen technischer oder naturwissenschaftlicher Phänomene zu verstehen. Dieses fast schon philosophische Streben war allerdings von vornherein mit einer gewissen Brotlosigkeit verbunden, weswegen ich schon während des Studiums bei Grazer Vermessungsbüros einem Broterwerb nachging. Bald wurde mir dabei klar, dass auch in der Geodäsie, im speziellen bei der Positionierung mittels des Globalen Positionierungssystems GPS, äußerst interessante und faszinierende Forschungsbereiche warten und teilweise eine große Verwandtschaft mit der Physik gegeben ist. So ist wohl den wenigsten GPS Anwendern klar, dass für die Positionierung mit Millimetergenauigkeit sowohl die spezielle als auch die allgemeine Relativitätstheorie in Form von Korrekturtermen zur Anwendung kommt.

Daher entschloss ich mich nach Beendigung des Physikstudiums eine Stelle am Institut für Weltraumforschung der Österreichischen Akademie der Wissenschaften anzunehmen. Dort war ich für vier Jahre an der Abteilung für Satellitengeodäsie in enger Kooperation mit dem Institut für Geodäsie der TU Graz tätig.

Ich arbeitete dort am Aufbau eines österreichweiten Netzes von GPS Referenzstationen mit, welches einerseits die Grundlage für viele Vermessungsaufgaben der allerhöchsten Präzision liefert und andererseits zur Analyse geophysikalischer Phänomene herangezogen wird. Die horizontalen Koordinaten der Referenzstationen lassen sich mit einer Genauigkeit von 1-2 mm bestimmen und damit ist es möglich, kleinste Verschiebungen der Stationen, z.B. aufgrund der sporadisch in Österreich auftretenden kleineren Erdbeben festzustellen. Damit diese hohen Genauigkeiten erreicht werden können, ist es notwendig, sämtliche Fehlerinflüsse auf das GPS Signal entweder zu eliminieren oder zu modellieren.

Eine dieser Fehlerquellen, nämlich der Einfluss des atmosphärischen Wasserdampfes, hat in den letzten Jahren einen enormen Bedeutungsgewinn erfahren. Der atmosphärische Wasserdampf verzögert GPS Signale um einen winzigen Beitrag, nämlich um bis zu 1,5 ns in Richtung des Zenits. Es wurden Methoden entwickelt, um diese Laufzeitverzögerung möglichst genau zu modellieren und damit zu bestimmen. Die Kenntnis der Position der GPS Referenzstation und der Satellitenorbits ist dafür eine Voraussetzung.

Die Verteilung des atmosphärischen Wasserdampfes ist in der Meteorologie von entscheidender Bedeutung, vor allem wenn man bedenkt, dass Wasser in der Atmosphäre zum größten Teil in gasförmigem Zustand vorliegt. Der Wasserdampf bestimmt nicht nur das Wettergeschehen, man denke an Bewölkungsgrad oder Niederschläge, sondern ist auch das wichtigste Treibhausgas. Die Bestimmung der Verteilung des Wasserdampfes ist damit von entscheidender Bedeutung für die Wettervorhersage und für die Klimatologie. Er kann allerdings über Kontinenten nur sehr mühsam durch so genannte Radiosonden (Ballonaufstiege) bestimmt werden. Hier bietet sich nun GPS als weiteres Sensorsystem an, das die Verteilung indirekt über den Einfluss auf die GPS Signale misst. Das interdisziplinäre Gebiet der GPS-Meteorologie kommt hier zum Einsatz.

Die Verzögerung in Zenitrichtung war bald klar und die Assimilation solcher Daten in numerische Wettermodelle ist zur Zeit Gegenstand der Forschung. Vor allem die kurzfristige Niederschlagsvorhersage oder auch die Vorhersage von extremen Wettersituationen sollen damit verbessert werden. Mein Beitrag zu diesem Thema war es nun, zusätzlich zu der Verzögerung in Zenitrichtung auch die GPS Signale zu analysieren, die von Satelliten in der Nähe des Horizontes kommen. Diese Signale werden im allgemeinen für Positionierungsanwendungen nicht verwendet, da der atmosphärische Einfluss auf sie sehr groß ist und sie eine Positionsbestimmung eher verschlechtern als verbessern. Als Messgröße für GPS-Meteorologie sind sie aber ideal. Während meiner Tätigkeit am Institut für Weltraumforschung und auch später am Institut für Erdmessung und Navigation der Universität der Bundeswehr München habe ich die Charakteristik dieser Signale untersucht. Strahlkrümmung, Brechungseffekte oder troposphärische Mehrwegeeffekte treten auf und müssen entsprechend behandelt werden. In meiner Dissertation, die ich Ende 2002 an der TU Graz mit dem Rigorosum abgeschlossen habe, ist ein Großteil dieser Effekte behandelt. In Zukunft wird die Assimilation solcher Daten in numerische Wettermodelle zu untersuchen sein und die operationelle Bestimmung erfolgen müssen. Dafür werden die neuen Navigationssignale des modernisierten GPS und des zur Zeit in Entwicklung befindlichen europäischen Satellitennavigationssystems Galileo von besonderer Bedeutung sein.

Very Low Elevation GPS Slant Delays for Numerical Weather Prediction

After studying theoretical physics at the Karl-Franzens University Graz, I decided to work in the field of satellite positioning at the Space Research Institute of the Austrian Academy of Sciences. Working with a network of permanent Global Positioning System (GPS) receivers, I got involved into the field of GPS Meteorology. Via precise time delay measurements, a GPS receiver is able to determine the amount of atmospheric water vapor near the station. This data is expected to have a major impact on the improvement of short-term precipitation forecasts or extreme weather conditions. In my PhD thesis at the TU Graz, I investigated the complex behavior GPS signals near the horizon, to be used for GPS Meteorology, and possible applications to improve weather forecasting. The thesis was finished in 2002.