

DFG–Projekt

Geokinematische Analysen in einem regionalen GPS–Netz mit stochastischen Modellansätzen

Antragsteller:

Wolfgang Bischoff, Prof. Dr. rer. nat. habil. Institut für Mathematische Stochastik Fakultät für Mathematik Universität Karlsruhe (TH) und Mathematisch–Geographische Fakultät Katholische Universität Eichstätt–Ingolstadt	Bernhard Heck, Prof. Dr.-Ing. habil. Geodätisches Institut Fakultät für Bauingenieur-, Geo- und Umweltwissenschaften Universität Karlsruhe (TH)
---	---

Förderungszeitraum durch die DFG: Juni 2000 bis August 2004

Höhe der DFG Sachbeihilfe: etwa 420 000 Euro.

Projektmitarbeiter:

- Dipl.-Ing. Jochen Howind: Projektmitarbeiter (Juni 2000 bis August 2004)
- Dipl.-Math. Annette Teusch: Projektmitarbeiterin (Juni 2000 bis August 2004)
- Diverse wissenschaftliche Hilfskräfte zur Unterstützung bei den Berechnungen zur Bestimmung stochastischer Prozesse bzw. bei der Berechnung von Korrelationsfunktionen.

Kurze Beschreibung des Projektes

Durch die zunehmenden Ansprüche an die Genauigkeit und Zuverlässigkeit der Ergebnisse der Auswertung von GPS–Beobachtungen ist es unerlässlich, die bisher im Vergleich zum funktionalen Modell vernachlässigte stochastische Modellbildung bei der Auswertung von GPS–Trägerphasenbeobachtungen zu verbessern. Daher wurde im Rahmen dieses Forschungsprojekts ein Verfahren zur Analyse von Residuenzeitreihen nach der Auswertung doppeltdifferenzierter GPS–Beobachtungen entwickelt. Mit Hilfe der Ergebnisse dieses Analyseverfahrens kann die Kovarianzmatrix der GPS–Beobachtungen modifiziert und somit die bisher im Rahmen der GPS–Auswertung meist verwendete einfache skalierte Einheitsmatrix vervollständigt werden. Die Anwendung auf Daten unterschiedlicher Charakteristik (Basislinienlänge, geographische Verteilung,...) ermöglicht zudem Aussagen über die praktische Verwendbarkeit des entwickelten Verfahrens.

Zur Motivation der folgenden Aktivitäten wurde anhand eines Tests auf Homoskedastizität gezeigt, dass die untersuchten Beispieldaten eine inhomogene Varianz (Heteroskedastizität) aufweisen. Diese Inhomogenität lässt u.a. auf Defizite im stochastischen Modell der GPS–Beobachtungen schließen. Daher wurde auf der Basis der Residuen nach der Auswertung doppeltdifferenzierter GPS–Beobachtungen ein Verfahren zur Schätzung

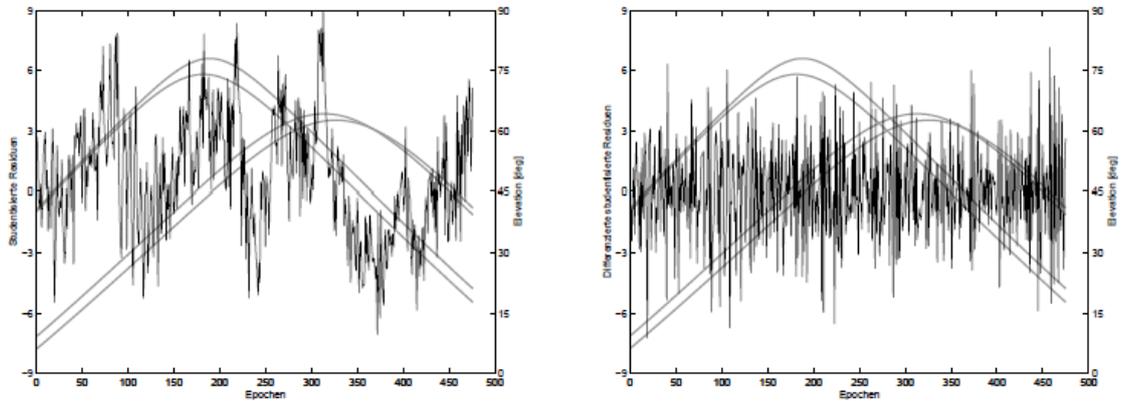


Abbildung 1: $a+b$: Trendbehaftete und differenzierte Zeitreihe studentisierter Residuen (Epochendifferenzen 1. Ordnung aus L_3 -Doppeldifferenzen (PRN 15-03) mit Epochenabstand: 30s

der Varianzfunktionen der GPS-Beobachtungen entwickelt. Diese geschätzten Varianzfunktionen werden dann zur Modifikation der Hauptdiagonale der Kovarianzmatrix von GPS-Beobachtungen verwendet. Eine erneute Auswertung mit modifizierter Kovarianzmatrix liefert dann im Idealfall homoskedastische Residuen. Eine Überprüfung dieses Verfahrens erfolgt durch einen Test der Residuen auf Homoskedastizität. Dabei zeigt der Vergleich der Testergebnisse mit der herkömmlichen und der modifizierten Kovarianzmatrix, ob durch die Integration der geschätzten Varianzfunktionen in die GPS-Auswertung eine Verbesserung der Varianzstruktur gelingt.

Nach Bearbeitung der Varianzstruktur der GPS-Beobachtungen widmete sich der zweite Teil des Forschungsprojekts der Korrelationsstruktur der GPS-Beobachtungen. Dabei wurden Modelle aus dem Bereich der Zeitreihenanalyse ($ARMA(p, q)$) an die Residuenzeitreihen nach der Varianzhomogenisierung angepasst. Die Kovarianzen der GPS-Beobachtungen ergeben sich dann aus den Autokovarianzfunktionen dieser ARMA-Prozesse und können zur Vervollständigung der Kovarianzmatrix der GPS-Beobachtungen verwendet werden. Auch dieser Analyseschritt wird mit Hilfe eines statistischen Tests überprüft.

Bei der Entwicklung dieses Verfahrens wurde besonderer Wert auf Flexibilität gelegt. So kann je nach bearbeitetem Datenmaterial und erforderlicher Genauigkeit die Balance zwischen mathematischer Exaktheit und rechentechnischer Effizienz gewählt werden.

Dieses Verfahren wurde im Rahmen des Forschungsprojekts als externes Analyseverfahren, jedoch im Kontext der verwendeten GPS-Auswertesoftware (Berner GPS-Software) entwickelt. Es kann aber auch, im Wesentlichen unverändert, in verschiedene Softwarepakete zur GPS-Auswertung integriert und damit der allgemeinen Verwendung zu-

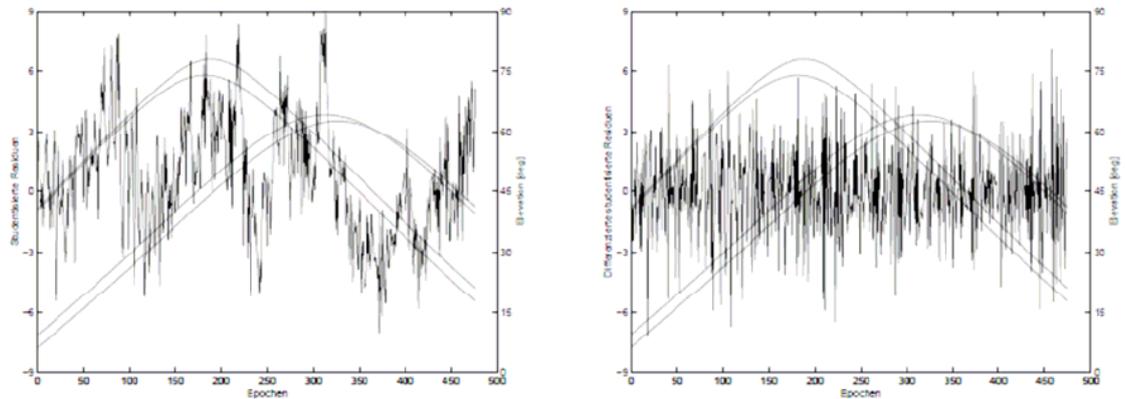


Abbildung 2: *a+b*: Trendbehaftete sowie differenzierte Zeitreihe studentisierter Residuen (Epochendifferenzen 1. Ordnung aus L_3 -Doppeldifferenzen (PRN 15-03) mit Epochenabstand: 30s) nach Auswertung mit geeigneten Varianzfunktionen

gänglich gemacht werden.

Kooperationspartner:

- Prof. Dr.-Ing. Hansjörg Kutterer, Geodätisches Institut, Universität Hannover
- Astronomisches Institut der Universität Bern
- Prof. Dr. F. Brunner, Institut für Ingenieurgeodäsie und Messsysteme der Technischen Universität Graz
- Arbeitsgruppe GPS-Meteorologie des Geodätischen Instituts

Publikationen:

Kongresse/Fachveranstaltungen:

- Heck B., Howind J., Bischoff W., Teusch A. (2003) Geodätische Woche, Hamburg; Vortrag: Untersuchung der Varianzstruktur von GPS-Trägerphasenbeobachtungen.
- Mayer M., Howind J., Heck B. (2003) Geodätische Woche, Hamburg; Poster: Auf dem Weg zu hochpräzisen satellitengeodätischen Deformationsnetzen.
- Heck B., Howind J., Bischoff W., Teusch A. (2004) Geodätische Woche, Stuttgart; Vortrag: Residuenanalyse zur Verbesserung des stochastischen Modells von GPS-Trägerphasenbeobachtungen.

Veröffentlichungen:

- Bischoff W., Heck B., Howind J., Teusch A. (2005) A procedure for testing the assumption of homoscedasticity in least squares residuals: a case study of GPS carrier-phase observations. J. Geod. 78, No. 7-8, 397-404.

- Bischoff W., Heck B., Howind J., Teusch A. (2006) A procedure for estimating the variance function of linear models: a case study of GPS carrier-phase observations. *J. Geod.* 79, No. 12, 694-704.
- Howind J. (2005) Analyse des stochastischen Modells von GPS-Trägerphasenbeobachtungen. Deutsche Geodätische Kommission (DGK), Reihe C, Heft-Nr. 584.
- Teusch A. (2006) Eine Einführung in die Fourier- und Wavelet-Theorie und in die Methoden der Zeitreihenanalyse. Deutsche Geodätische Kommission, Reihe A.