

3.12. Univ.-Prof. Dr. Fritz K. Brunner

(TU Graz, Institut für Angewandte Geodäsie,
Abteilung für Ingenieurvermessung und Messtechnik, A)

Resultate des kontinuierlichen Monitorings der Sackung Gradenbach

Dieser Vortrag gibt einen Überblick über die Fortschritte der Forschungs- und Entwicklungsarbeiten des Projektes "Kontinuierliche Überwachung von Massenbewegungen mit GPS" der österreichischen Akademie der Wissenschaften im Rahmen der "International Decade of Natural Disaster Reduction". Es werden Resultate des Einsatzes des Systems in einem Testgebiet, der Sackung Gradenbach, präsentiert. Im alpinen Österreich sind Naturkatastrophen durch Massenbewegungen immer wiederkehrende Ereignisse. Der Zweck des Projektes ist die detaillierte Untersuchung von Bodenbewegungen mit der Absicht, mögliche Vorläufer von Massenbewegungen zu entdecken.

Das Projekt hat die Aufgabe, ein kontinuierlich arbeitendes Überwachungssystem, bestehend aus mehreren Stationen, für Rutschhänge zu entwickeln. Einige Stationen dienen als Referenzpunkte und müssen daher im unbewegten Gelände aufgestellt werden. Die verbleibenden Stationen sind Überwachungspunkte. Jede Station besteht aus einer GPS-Antenne mit Empfänger und einer Datenübertragungseinheit. Das System soll die kontinuierliche Messung der Punktbewegungen mit 2 mm Genauigkeit ermöglichen und die Resultate in 'Beinahe'-Echtzeit liefern.

In der derzeitigen Ausbaustufe besteht das Messsystem aus insgesamt 6 Stationen, wobei mindestens zwei Referenzstationen mit L1/L2-GPS-Empfängern besetzt werden sollten. Für den kontinuierlichen Betrieb der GPS-Stationen wurden Vorkehrungen gegen Blitzschäden getroffen. Zudem wurde das System um eine Solaranlage für eine Station erweitert, um eine autonome Stromversorgung über einen längeren Zeitraum zu ermöglichen.

Die projekteigene Software GRAZIA wurde um einige Module erweitert. Die hohe GPS-Datenrate von 3 sec im Feld ist für eine zuverlässige Beurteilung der Datenqualität notwendig, die Datenmenge wird anschließend durch die Berechnung von 'Normalpunkten' reduziert. Die neu entwickelten Gewichtsmodelle SIGMA wurden in GRAZIA implementiert und intensiv getestet. Ein Modul zur Modellierung der troposphärischen Ausbreitungseffekte mit spezieller Beachtung von alpinen Hanglagen und großen Höhenunterschieden wurde entwickelt. Zur Modellierung von Mehrwegeeffekten wird zur Zeit die Methode 'Time Stacking' angewendet. Sie beruht auf der Tatsache, dass die Mehrwegeeffekte eine hohe Tag-zu-Tag-Wiederholbarkeit zeigen. Die Methode erlaubt daher nur die Bestimmung von Tag-zu-Tag-Deformationen, aber mit höherer Genauigkeit.

Bisherige Tests des kontinuierlichen Überwachungssystems wurden am Rutschhang in St. Marein/Knittelfeld, auf der Brunnalm in Kirchberg i. T. und an der Sackung Gradenbach im oberen Mölltal in Kärnten durchgeführt. Für letzteres Gebiet werden Resultate präsentiert. Die empirischen Standardabweichungen der Zeitreihen der bisherigen Messungen betragen 1-2 mm horizontal und 2-3 mm in der Höhe. Damit wird gezeigt, dass das System die kontinuierliche Messung von Punktbewegungen mit einer Genauigkeit von 2 mm ermöglicht.

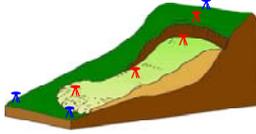
Von großer Bedeutung für das Projekt ist die intensive Erprobung des Messsystems auf alpinen Hängen. Die Vermessung der tiefen Massenbewegung Gradenbach steht im Zusammenhang mit dem IDNDR-Projekt von Prof. E. Brückl, TU Wien. Die Resultate von wiederholten Einsätzen des Messsystems über den Zeitraum von mehr als einem Jahr werden dargestellt. Es zeigt sich, dass mittlere Bewegungsraten von 20 cm pro Jahr in der Sackung Gradenbach vorliegen und dass diese verlässlich mit dem eingesetzten System detektiert werden können. Der kontinuierliche Einsatz des Systems über 3 Wochen im Sommer 2000 demonstrierte außerdem, dass dieser relativ kurze Zeitraum ausreicht, um die Dynamik der Sackung zu erfassen. Mit dieser Messung konnte die praktische Tauglichkeit des Systems zum kontinuierlichen Betrieb nachgewiesen werden. Die Fortführung der Messungen am Gradenbach in Zusammenarbeit mit anderen Forschungsprojekten wird weiteren Aufschluss über den detaillierten Bewegungsablauf der Sackung ermöglichen.

**IDNDR Projekt (ÖAW)
(1996 - 2000)**

„Kontinuierliche und automatische Überwachung von Massenbewegungen mit GPS“

* Brunner, F.K., Hartinger, H., Richter, B. (2000): Continuous monitoring of landslides using GPS: A progress report. In: Bauer, S.J. & Weber, F. (eds.): Proceedings: Geophysical Aspects of Mass Movement, Austrian Academy of Sciences, Vienna, pp 75-88.

- Diskrete Oberflächenpunkte
 - GPS Referenzstationen im stabilen Gelände
 - Monitoring Stationen in der Deformationszone
- Autonome Stationen
- „Absolute Bewegungen“
- Wetterunabhängigkeit (Nebel)
- Automatische Messung und Auswertung

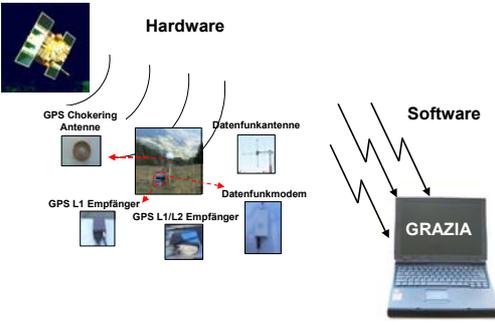


Hänge und Bauwerke

© Engineering Surveying and Metrology, TUW, 2001 Georisiken [IVM_IDNDR_georisiken.ppt] 2001, 2

IVM - CODMS: Hardware und Software

Hardware



Software



© Engineering Surveying and Metrology, TUW, 2001 Georisiken [IVM_IDNDR_georisiken.ppt] 2001, 3

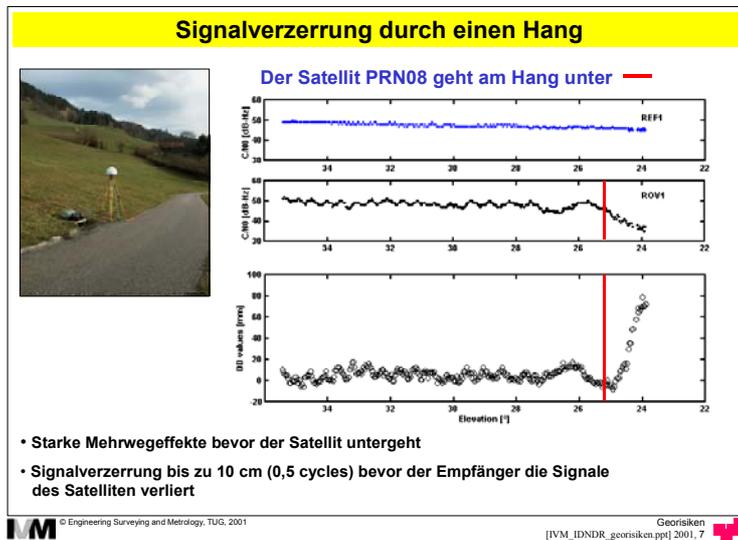
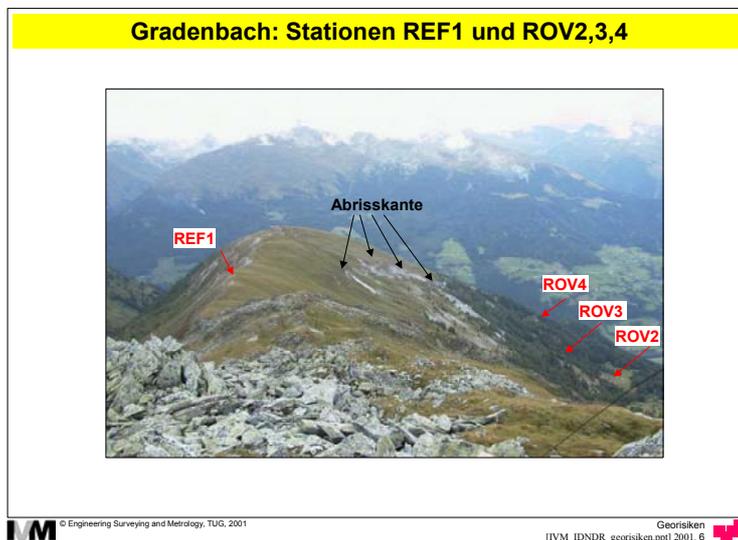
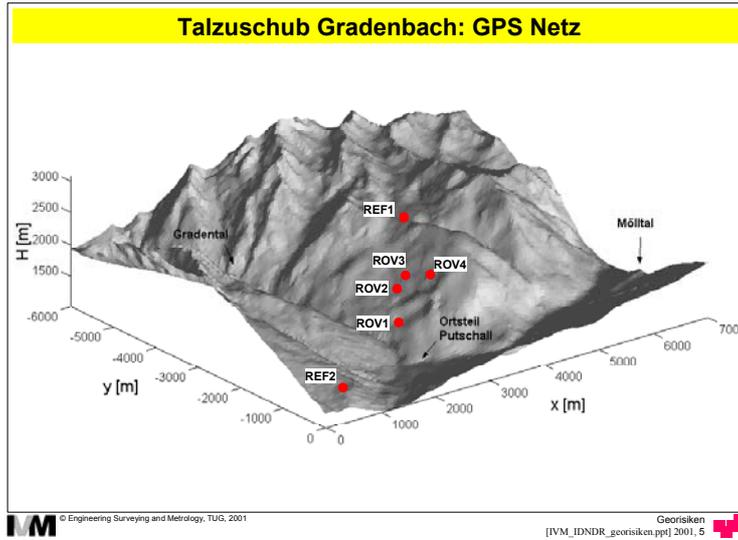
Autonome GPS Station

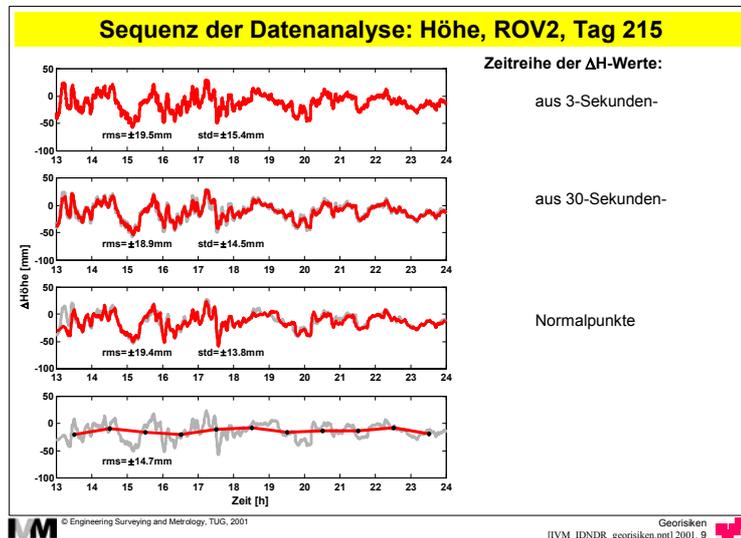
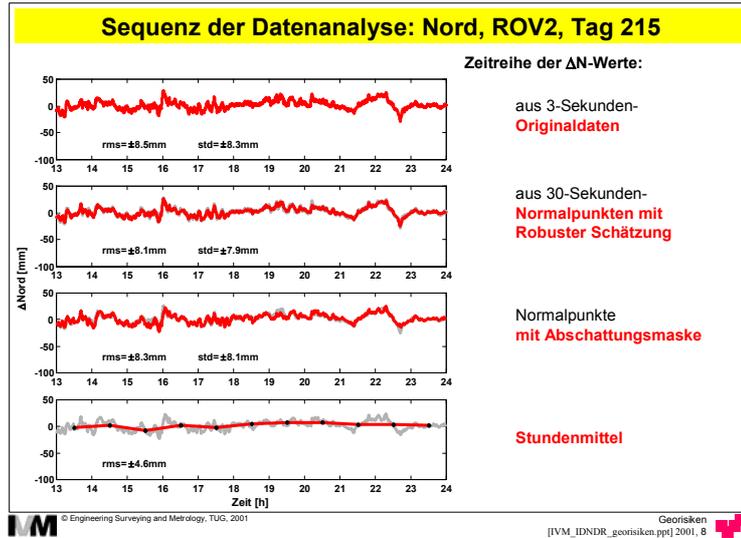
Eggerwiesenkopf - REF1

- Blitzschutz
- Solarzellen zur Stromversorgung



© Engineering Surveying and Metrology, TUW, 2001 Georisiken [IVM_IDNDR_georisiken.ppt] 2001, 4





Troposphärisches Modell* für Hänge

- Verwendung eines Kalibrierpunktes
- Daher nur Deformationsanalyse
- Software unabhängig

Modellansatz:

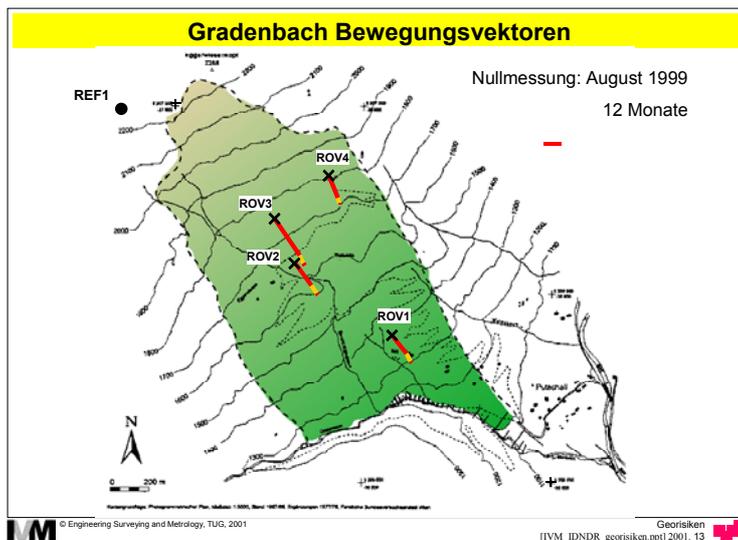
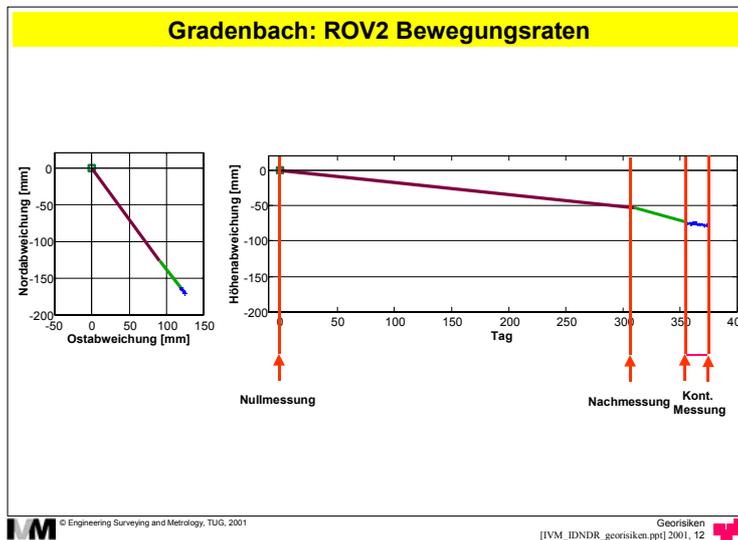
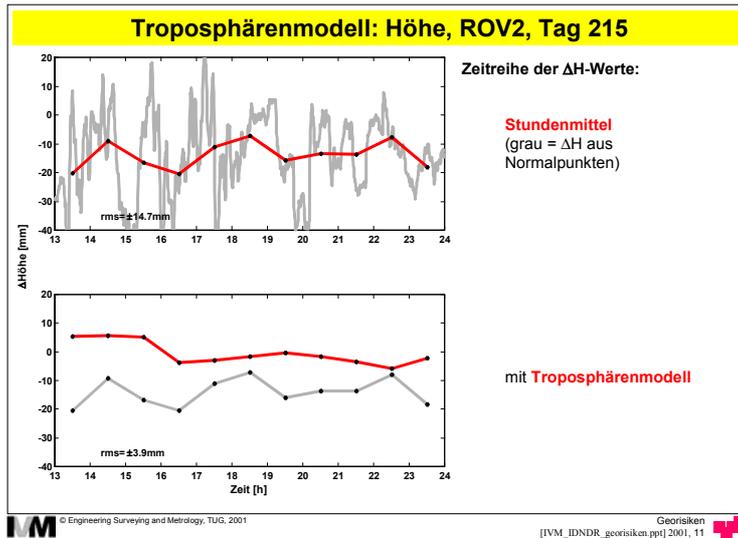
$$\delta h_{Ri} \cong \frac{\delta h_{RK}}{\Delta h_{RK}} \cdot \Delta h_{Ri}$$

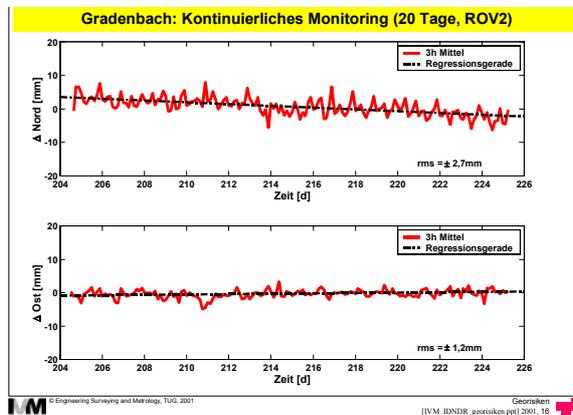
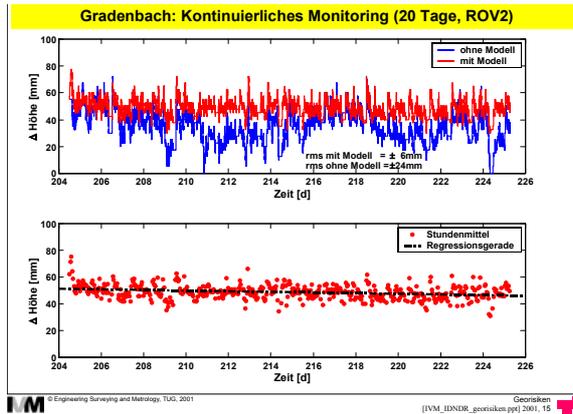
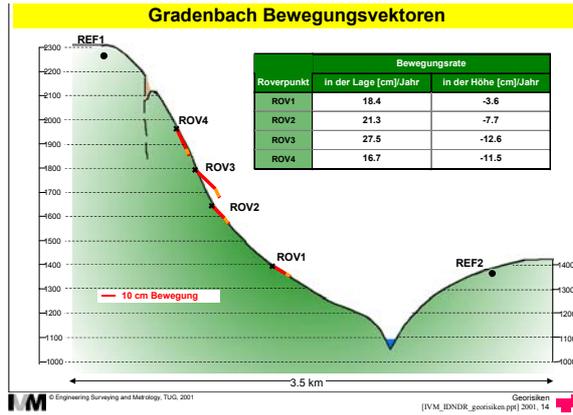
Bisherige Resultate:

- Das Kalibriermodell verbessert die Genauigkeit der Höhen um den Faktor 4.

* Rühm58l, H., Brunner, F.K. und Rothacher, M. (1998): Modellierung der troposphärischen Korrektur für Deformationsmessungen mit GPS im alpinen Raum, AVN 1/1998.

© Engineering Surveying and Metrology, TUG, 2001
Georisiken [IVM_IDNDR_georisiken.ppt] 2001, 10





Nächste Arbeiten:

- Erweitertes Σ -Modell mit v^* und Fuzzy Prozessor
- Neues Modell für mehrfache Referenzstationen (Ionosphäre, Troposphäre, Mehrwegeeffekte)
- Untersuchung des Einflusses einer Waldkulisse
- Zusatzinformation gegen Abschattung
- Vermarkung der Stationen
- Kontinuierliche Hangvermessung und Messung der simultanen Mikroseismik

© Engineering Surveying and Metrology, TUG, 2001 Georisiken [IVM_IDNDR_georisiken.ppt] 2001, 17