

Verwendung des Globalen Positionierungssystems als Bodenfeuchtesensor

Michael Mayer, Bernhard Heck

Grundlagen der GPS-Modellbildung

Standard-GPS-Auswertung

Ziel: Genaue und zuverlässige Positionsbestimmung

Hilfsmittel: Geodätische Beobachtungen globaler Navigationssysteme (z.B GPS)

Technik: Überbestimmte Datenauswertung unter Verwendung eines geeigneten stochastischen und funktionalen Ausgleichungsmodell

Problem: Allen auf das GPS einwirkenden Faktoren muss sinnvoll Rechnung

GPS-Einflussfaktoren

Die GPS-spezifischen Einflussfaktoren werden i.d.R. eingeteilt in

- satellitenspezifische
 atmosphärische und
- stationsspezifische

Stationsspezifische Fehlereinflüsse können teilweise korrekt modelliert (z.B. Empfangsantennenmodell) werden. Schwer modellierbare Einflussfaktoren (z.B. Mehrwegeeffekte) sollten bspw. durch eine geeignete, mit geodätischem Sachverstand durchgeführte Stationsauswahl weitestgehend vermieden werden.

Fehlerquelle: Mehrwegeeinfluss

Die potentielle Fehlerquelle Mehrwegeeinfluss sorgt dafür, dass auf Grund der direkten Umgebung der GPS-Empfangsantenne nicht nur das vom GPS-Satelliten ausgesandte Signal die Empfangsantenne auf direktem Weg erreicht, sondern auch weitere, reflektierte Signale, welche das direkte Signal überlagem und damit die Signalqualität verschlechtern.

Signal-Rausch-Verhältnis: GPS-Signale werden von den Satelliten nahezu gleich stark ausgesandt. Auf dem Weg zur Empfangsantenne unterliegen die Signale Einflüssen, die zu einer Abschwächung führen. Der Quotient aus Signal- und Rauschleistung (SNR) istein Maß für die Signalstärke.

One man's noise is an other man's signal

Ziel der Forschungsarbeit

- Validierung der Möglichkeit der Bestimmung von Änderungen der Bodenfeuchte der obersten Bodenschichten (Mächtligkeit: wenige Zentimeter) unter Verwendung von geodätischen Zweifrequenz-Empfangsantennen zur Registrierung der GPS-Beobachtungen
- Erarbeitung eines praktikablen und wirtschaftlichen Messverfahrens
- Erarbeitung einer optimalen Auswertestrategie

Grundgedanke

Korrelation zwischen
Eindringtiefe der GPS-Signale
und
Stärke der bodenreflektierten GPS-Signale
und

Beurteilungsparameter

Als prinzipieller und zu analysierender Parameter wird die Signalstärke der reflektlierten und anschließend empfangenen GPS-Signale verwendet. Alle Analysen basieren auf Vergleichen von Signal-Rausch-Verhältins-Werten, welche als Integer-Zahlen in sog. Arbitrary Manufacturer Units (AMU) angegeben werden. Auf die Auswertung von Code- oder Phasenmessungen wird auf Grund der Kombelwält ders essullierenden Algorithmus' verzichtet.



- Der prinzipielle Versuchsaufbau ist durch eine um 90° gekippte GPS-Empfangsantenne gegeben. Verwendet wurde eine Trimble Compact L1/L2-Antenne mit Grundplatte sowie ein Trimble 4000SSi-Empfänger.
- Antennenausrichtung: Süden
- Es wurde eine *Grundplatte* verwendet, um ein Eindringen von aus nörd
 State Sta
- licher Richtung einfallenden Signalen ins Phasenzentrum zu verhindern.

 Ein Eindringen von direkten, nicht reflektierten GPS-Signalen wird durch eine Abschirmung verhindert. Es wurde ein Totalabschirmungstest durchgeführt, um garantieren zu können, dass direkte Signale abgeblockt werden.
- An zwei ausgewählten Örtlichkeiten wurden aufeinander folgende erste Testmessungen durchgeführt. Situation 1 (links): Sehr trockene und leicht rauhe Ackerfläche. Situation 2 (rechts): Ruhiges Binnengewässer mit glatter Oberfläche.
- Die Örtlichkeiten unterscheiden sich grundlegend hinsichtlich des zu erwartenden Reflektionsverhaltens.
- Dieses erste Experiment wurde u.A. mit dem Ziel durchgeführt zu überprüfen, ob der Versuchsaufbau den prinzipiellen Empfang von reflektierten Signalen ermöglicht.
- Die Analyse der SNR-Verhältniszahlen der Rohdaten erbrachte für GPS-Signale aus gleichen Elevationsbereichen signifikant höhere Werte für die See-Örtlichkeit, vergleichend betrachtet zur Örtlichkeit Acker: SNR - SNR.



Weiterentwickelter Versuchsaufbau: Neben der als Bodenfeuchtesensor eingesetzten und um exakt 90° gekippten und abgeschirmten Antenne (Trimble 5800 Antenne) wird eine zweite, ungekippte und nicht abgeschirmte Antenne gleichen Typs betrieben, deren Beobachtungen prinzipiell dazu verwendet werden können, um Änderungen der Signalstärke bspw. durch atmosphärische Einflüsse aufdecken und berücksichtigen zu können. Dadurch werden absolute und zuverlässigere Bodenfeuchteaussagen möglich.

sensors. Deutlich geringe SNR-Werte. Signale (Nordrichtung) teilweise nicht empfangen. 00<=SNR<10: rot, 10<=SNR<20: gelb, 20<=SNR<30: grün, 30<=SNR<40: blau, 40<=SNR-schungs

40<=SNR: schwarz

• Unter: In den frühen
Morgenstunden von DOY 190
regnete es sehr stark, nachdem die
Vortage extrem trocken waren. Für
L1-Beobachtungen aus
vergleichbaren Elevationen und
Azimuten lassen sich signifikant
bessere SNR-Werte detektüren.
Somit lässt sich ein kausaler
Zusammenhang zwischen
Bodenfeuchte und Signalqualität der
reflekierten Signale vermuten.
dSNR=0: rot, dSNR=1: gelb,
dSNR=0: grün, dSNR=3: blau

Erste Resultate

Dreitägiges Experiment

Dargestellt werden Skyplots zur visuellen Interpretation

Oben: SNR-Werte der L1-Frequenz an DOY 189 der ungekippten, nicht abgeschirmten Referenzantenne.

Ungestörter Empfang, hohe SNR-Werte.

Mitte: SNR-Werte der L1-Frequenz an DOY 189 des gekippten und

abgeschirmten Bodenfeuchte-

Das interdisziplinäre Projekt MESMERISE

Im Rahmen einer Kooperation u.A. mit dem Institut für Meteorologie und Klimaforschung (IMK) der Universität Karlsruhe (TH) werden am Geodätischen Institut der Universität Karlsruhe (TH) in Ergänzung zum herkömmlichen Einsatz des GPS Anstrengungen unternommen, den Fehlereinfluss Mehnwegeausbreitung zur Detektion von Änderungen der Bodenfeuchte einzusetzen. Weitere Projektpartner der Nachbardisziplinen Geophysik, Bodenkunde und Elektrotechnik sind an der Technischen Universität Berlin, der Universität Würzburg und der Universität Trier angesiedelt. Diese Kooperation firmiert unter dem Akronym MESMERISE (Meteorological Soil Moisture Experiment Series).

Das Projekt MESMERISE beschäftigt sich mit Innovativen Methoden zur Bestimmung der großflächigen Bodenfeuchte für meteorologische Fragestellungen. Ziel ist es hierbei,

die räumliche und zeitliche Variabilität der Bodenfeuchte und ihre Relevanz für meteorologische Prozesse zu analysieren. Hierbei kommen neben dem GPS-orientierten Versuchsaufbau bspw. Sensoren bzw. Verfahren zur Bestimmung der Energiebilanz (Strahlungsbilanz, fühlbarer/lätenter Wärmestrom, Bodenwärmestrom, relative Feuchte, Niederschlag, Bodentemperatur, Turbulenz), Radiosonden, Szintillometer, Widerstandstomographen, ground penetrating radar, time domain reflectometry, gravimetrische Feuchtebestimmung, Bodenanalyse und Freileitungen zum Einsatz.

Diese gleichzeitige praktische Erprobung von neuen Techniken in Kombination mit Standardverfahren unterschiedlicher Disziplinen garantiert ein Höchstmaß an Repräsentativität der Ergebnisse und Kontrolle der einzelnen Verfahren.

Information

Geodätisches Institut Englerstraße 7 D-76131 Karlsruhe

Information im Internet www.gik.uni-karlsruhe.de

Kontak

mmayer@gik.uni-karlsruhe.de heck@gik.uni-karlsruhe.de

Phone +49- (0) 721 6083668



Geodätisches Institut