Vergleich von Diensten für automatische GPS-Datenauswertung

Danny Stadler, Janine Schrank, Remo Walm, Tolja Meißner, Cathrin Flöter, Ditte Becker, Kathleen Höhne, Matthieu Esch, Lambert Wanninger

Verschiedene Dienste bieten automatische und kostenlose Datenauswertung von GPS-Beobachtungen an. Mehrere dieser Dienste wurden einem umfangreichen Test unterzogen. Der Bericht beschreibt eine Qualitätsbeurteilung im Vergleich mit ETRS89-Sollkoordinaten. Es zeigte sich, dass bei ausreichender Beobachtungsdauer auf einfache Weise cm-Genauigkeiten erzielbar sind.

1 Einleitung

Seit wenigen Jahren bieten einige Institutionen eine automatische GPS-Datenauswertung an, die dem Nutzer cm-genaue Positionslösungen liefern kann. Die Nutzung dieser global verfügbaren Dienste ist kostenlos. Die Übertragung der Messungsdaten des Nutzers in die entsprechende Rechenzentrale und auch der Berechnungsergebnisse zurück zum Nutzer erfolgt über das Internet. Diese Dienste sind für solche Anwender attraktiv, die über keine eigene Auswertesoftware verfügen oder keine ausreichenden Auswerteerfahrungen besitzen. Sie können aber auch zur unabhängigen Ergebniskontrolle oder Auswertung von Problemdaten genutzt werden.

Bei diesen heute verfügbaren Diensten kommen zwei unterschiedliche Auswerteverfahren zur Anwendung. Zum einen wird die Auswertung von Basislinien bzw. eines Netzes von Stationen unter Einbeziehung der Beobachtungsdaten benachbarter GPS-Referenzstationen durchgeführt. Als Referenzstationen werden dabei solche verwendet, deren Beobachtungsdaten frei im Internet zur Verfügung stehen. Dieses sind insbesondere die Stationen des International GNSS Service (IGS). In Abhängigkeit vom Abstand zu den Referenzstationen und der Beobachtungsdauer (viele Stunden) können mit Zweifrequenz-Beobachtungen Positionsgenauigkeiten auf dem 1 cm-Niveau erzielt werden.

Das zweite Verfahren wird als Precise Point Positioning (PPP) bezeichnet und kommt ohne den direkten Anschluss an Referenzstationen aus. Stattdessen werden präzise Satellitenbahnen und Satellitenuhrkorrektionen, wie sie z.B. vom IGS erzeugt werden, in die Auswertung eingeführt (Kouba und Héroux 2001). Voraussetzung für hohe Positionsgenauigkeiten sind Zweifrequenz-Phasenbeobachtungen des Nutzers. Die erzielbaren Genauigkeiten hängen insbesondere davon ab, für wie lange kontinuierliche Phasendaten vorliegen. Für statische Anwendungen ist mit cm-Genauigkeit nach wenigen Stunden Beobachtungsdauer zu rechnen.

Ghoddousi-Fard und Dare (2006) testeten und verglichen verschiedene Dienste internetbasierter GPS-Datenauswertung insbesondere mit statischen Datensätzen aus Nordamerika und Ostafrika. Für den im Folgenden beschriebenen Test wurde eine weitaus größere Stichprobe von Messdaten aus Sachsen verwendet. Da die getesteten Dienste Koordinatenergebnisse im Bezugssystem ITRF00 erzeugen, mussten diese nach ETRS89 transformiert werden, um sie dann mit den Sollkoordinaten des Landesvermessungsamtes Sachsen vergleichen zu können.

2 Getestete Dienste

Insgesamt wurden vier unterschiedliche GPS-Datenverarbeitungsdienste getestet. Da sie sich aber in ihrer Qualität erkennbar unterscheiden, werden in diesem Beitrag nur die beiden Dienste im Detail präsentiert, mit denen problemlos gute Ergebnisse erzielt werden konnten. Dies ist zum einen der durch Natural Resources Canada (NRC) betriebene Dienst mit Namen The Canadian Spatial Reference System (CSRS) Precise Point Positioning (PPP) Service (http://www.geod.nrcan.gc.ca/ppp_e.php), der im Folgenden mit der Abkürzung CSRS bezeichnet wird, und zum anderen der Dienst des US-amerikanischen Scripps Institution of Oceanography mit dem Namen Scripps Coordinate Update Tool (SCOUT, http://sopac.ucsd.edu/cgi-bin/SCOUT.cgi).

CSRS führt GPS-Datenauswertungen auf der Basis der IGS-Produkte für GPS-Satellitenbahnen und Satellitenuhrkorrektionen nach dem PPP-Verfahren durch. Dieser Dienst ist somit für Beobachtungsdaten aus allen Regionen der Erde verwendbar. SCOUT berechnet dagegen GPS-Netzauswertungen unter Einbeziehung umliegender Referenzstationen. Er greift dafür auf die SOPAC-Datenbank zurück, in der Scripps die frei zugänglichen Beobachtungsdaten von mehr als 800 weltweit verteilten GPS-Referenzstationen archiviert. Weitere Details zu den Eigenschaften dieser beiden Dienste sind der Tabelle 1 zu entnehmen.

Es wurden zwei weitere Dienste in den Test einbezogen. Der PPP-Dienst des Jet Propulsion Laboratory (JPL) namens Automated GIPSY (ag, http://milhouse.jpl.nasa.gov/ag), der nach dem PPP-Verfahren auf der Basis

Tab. 1: Eigenschaften der GPS-Datenverarbeitungsdienste CSRS und SCOUT

	CSRS	SCOUT
Datenübertragung (1) Beobachtungen (2) Ergebnisse	 (1) Browser-Eingabemaske (2) per Email, Ergebnisdateien verlinkt	 (1) per aFTP oder FTP-Upload (2) per Email
Datenformate der Beobachtungen	– RINEX (auch Hatanaka-komprimiert) – verschiedene Datei-Packverfahren akzeptiert	– RINEX (auch Hatanaka-komprimiert) – verschiedene Datei-Packverfahren akzeptiert
Einschränkungen	– nur Zweifrequenz-Beobachtungen für cm-Genauigkeit – Datei nicht größer als 100 MB, max. Beobachtungsdauer 6 Tage – begrenzte Antennenauswahl – (kostenlose) Registrierung notwendig	– nur Zweifrequenz-Beobachtungen, nur statische Beobachtungen – min. 1 h Beobachtungsdauer – begrenzte Antennenauswahl – max. 10 Bearbeitungen pro Nutzer gleichzeitig
Auswertealgorithmus	– PPP (auf der Basis von IGS-Produkten)	– Netzauswertung (unter Einbeziehung von IGS-Stationen)
Ergebniskoordinaten	– ITRF00, ellipsoidische Koordinaten mit Standardabweichungen	– ITRF00, kartesische und ellipsoidische Koordinaten mit Standardabweichungen

von präzisen Satellitenorbit- und Satellitenuhrprodukten des JPL arbeitet, akzeptierte nur einen Teil der RINEX-Dateien und den auch nur nach inhaltlichen Manipulationen, die einem Nutzer nicht zumutbar sind. Der AUSPOS Online GPS Positioning Service der australischen Landesvermessung AUSLIG (http://www.ga.gov.au/geodesy/sgc/wwwgps), der ähnlich wie Scripps eine Netzauswertung unter Einbeziehung von umliegenden IGS-Stationen durchführt, konnte für unverhältnismäßig viele Testdatensätze keine Ergebnisse erzeugen. Aus den genannten Gründen beschränken sich die weiteren Ausführungen auf die beiden Dienste CSRS und SCOUT.

3 Testdaten, Auswertung und Ergebnisse

Die Untersuchungsergebnisse basieren auf 134 Datensätzen von 17 sächsischen SAPOS-Stationen aus dem Zeitraum Oktober/November 2005. Je 50 Datensätze haben eine Länge von ein bzw. vier Stunden, 34 haben eine Länge von 24 Stunden.
Beide Dienste akzeptieren nur eine begrenzte Anzahl von GPS-Antennentypen, weil nur für diese in den Datenbanken der Dienste Antennenkorrektionen vorliegen. Auf den sächsischen Referenzstationen sind Antennen des Typs TRM41249.00 TZGD installiert, für die leider keine Korrektionen bei den Diensten vorhanden sind. Die Voruntersuchungen ergaben, dass sich die Wirkung der Korrektionen für diese Antenne mit der Abdeckung TZGD aber nur sehr wenig (1 mm in der Lage, maximal wenige mm in der Höhe) von den Korrektionen desselben Antennentyps ohne Abdeckung unterscheiden, so dass die Antennenangabe in den RINEX-Dateien nach TRM41249.00 geändert werden konnten, um eine Auswertung zu ermöglichen.
Als typische Wartezeiten bis zum Erhalt des Berechnungsergebnisses werden bei CSRS 15 Minuten und bei SCOUT 30 Minuten angegeben. Nach unseren Erfahrungen erhält man die Ergebnisse in der Regel aber bereits nach wenigen Minuten.
Um einen Vergleich mit den Sollkoordinaten des Landesvermessungsamtes Sachsen zu ermöglichen, wurden die ITRF00-Koordinaten nach ETRS89 transformiert. Hierfür sind zwei Schritte notwendig (vgl. Abb. 1), da sich die augenblicklich in Deutschland verwendeten ETRS89-Koordinaten auf die DREF-Realisierung von 1991 beziehen

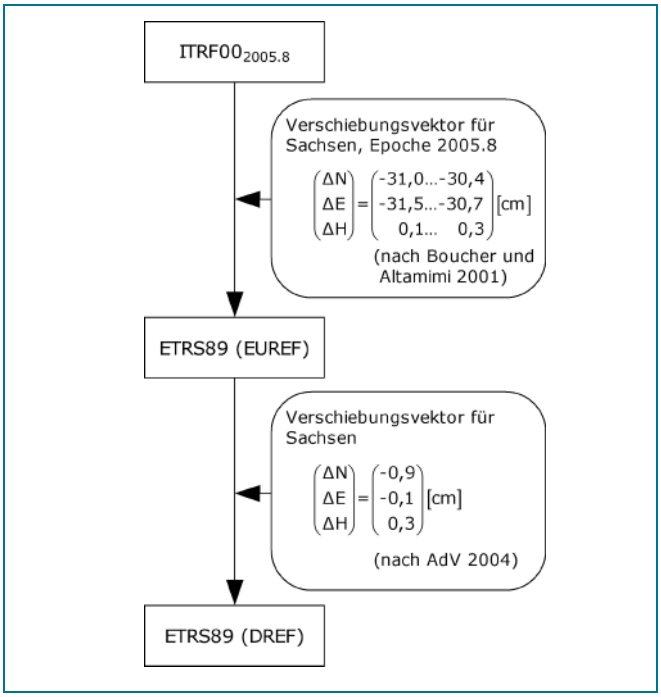

Abb. 1: Weiterverarbeitung der ITRF00-Ergebniskoordinaten

Tab. 2: Ergebnisse für CSRS

Beobachtungs-dauer [h]	Stichproben-größe	keine Berech-nungsergebnis-se	Identifizierte Ausreißer	Koordinatengenauigkeit [cm]			
				Nord Std.abw.	Ost Std.abw.	Höhe mittlere Abw.	Std.Abw.
1	50	0	2	2,7	6,6	2,2	4,2
4	50	0	0	0,8	2,2	3,4	1,8
24	34	0	0	0,3	0,7	3,5	0,8

Tab. 3: Ergebnisse für SCOUT

Beobachtungs-dauer [h]	Stichproben-größe	keine Berech-nungsergebnis-se	Identifizierte Ausreißer	Koordinatengenauigkeit [cm]			
				Nord Std.abw.	Ost Std.abw.	Höhe mittlere Abw.	Std.Abw.
1	50	1	3	1,5	3,9	1,7	4,2
4	50	2	1	0,5	0,5	1,9	1,4
24	34	0	0	0,4	0,4	1,5	1,5

und nicht auf die aktuelle EUREF-Realisierung (AdV 2004). Die Differenz zwischen diesen beiden ETRS89-Realisierungen ist für das Gebiet von Sachsen in der Nordkomponente mit 9 mm am größten, ein Betrag, der bei der Genauigkeitsbetrachtung der globalen GPS-Auswertedienste nicht vernachlässigt werden kann.

Der CSRS-Dienst lieferte für alle Testdaten Ergebnisse (Tab. 2). Bei zwei Einstundendatensätzen waren die Differenzen zu den Sollkoordinaten aber so groß (bis zu 0,5 m), dass sie als Ausreißer identifiziert wurden und aus der sich anschließenden statistischen Auswertung ausgeschlossen werden mussten. Nur in der Höhenkoordinate liegen signifikante mittlere Abweichungen von etwa 3 cm vor. Die Standardabweichungen in den einzelnen Koordinatenkomponenten betragen einige cm für eine Stunde und weniger als 1 cm für 24 Stunden Beobachtungsdauer. Da bei PPP-Auswertungen keine Phasenmehrdeutigkeitsfestsetzungen möglich sind, wird eine so genannte float-Lösung erzeugt. Wie schon von SANTERRE und LAVOIE (1991) gezeigt, hat dies zur Folge, dass dabei in mittleren Breiten die höchsten Koordinatengenauigkeiten in der Nordkomponente erzielt werden. Die Ergebnisse von CSRS bestätigen dies.

SCOUT wählte für seine Netzlösungen immer dieselben drei benachbarten IGS-Stationen aus: die tschechische Station GOPE und die beiden deutschen POTS und WTZR. Es konnte bei drei der 134 Berechnungen keine Ergebnisse liefern (Tab. 3). Weiterhin mussten vier Resultate als Ausreißer ausgeschlossen werden (maximale Abweichungen 0,4 m bei einer Stunde Beobachtungsdauer und 6 cm bei 4 Stunden). Auch bei SCOUT liegt eine signifikante mittlere Abweichung in der Höhenkoordinate vor (etwa 1,7 cm). Die Standardabweichungen in den einzelnen Koordinatenkomponenten fallen bei einer Stunde Beobachtungsdauer ein wenig besser aus als bei den PPP-Ergebnissen von CSRS. Bei 24 Stunden Beobachtungsdauer sind die Wiederholgenauigkeiten in etwa gleichwertig. Das Verhältnis der Koordinatengenauigkeiten in den einzelnen Komponenten lässt erkennen, dass es sich zumindest bei einstündiger Beobachtungsdauer um Ergebnisse von float-Lösungen handelt.

Der CSRS-Dienst ermöglicht auch die Auswertung kinematischer Daten. Das Beispiel der Abb. 2 zeigt die Ergebnisse einer kinematischen Auswertung statischer Beobachtungen. Da es sich hier um durchweg kontinuierliche Phasenmessungen einer großen Anzahl von Satellitensignalen handelt, können Genauigkeiten von einigen

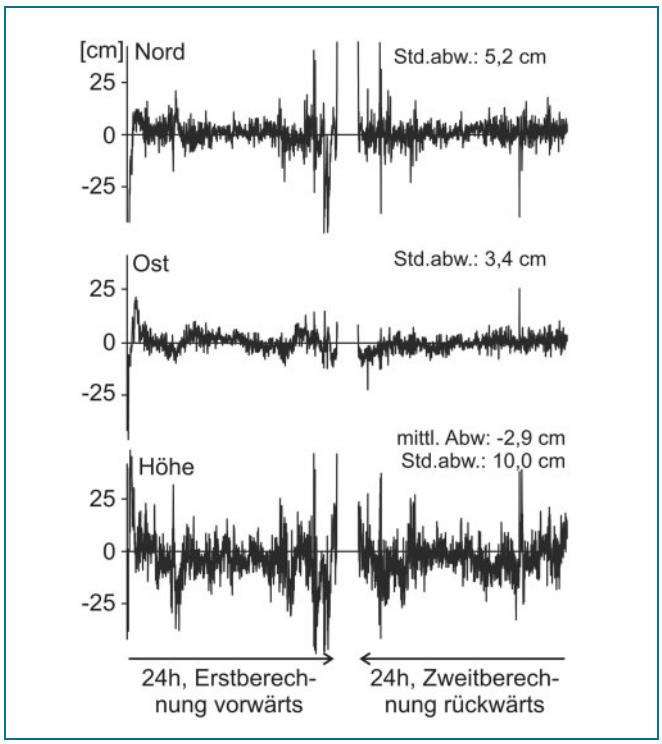

Abb. 2: Koordinatenabweichungen einer kinematischen Auswertung statischer Beobachtungen durch den CSRS-Dienst.

Zentimetern erzielt werden. Dies zeigt das Potential von PPP. Bei den meisten kinematischen Anwendungen wird es aber Einschränkungen wegen Signalunterbrechungen und -abschattungen geben.

4 Schlussfolgerungen

Die getesteten GPS-Auswertedienste CSRS und SCOUT ermöglichen eine cm-genaue Koordinatenbestimmung für Beobachtungsdatensätze von mindestens einigen Stunden Dauer. CSRS bietet auch die Möglichkeit der kinematischen Auswertung, bei der unter idealsten Bedingungen Genauigkeiten von einigen cm erzielt werden konnten. Beide Dienste liefern ihre Koordinatenergebnisse im Bezugssystem ITRF00, was für viele Anwendungen aus dem europäischen Raum noch eine Transformation nach ETRS89 (oder in ein anderes lokales Bezugssystem) notwendig macht.
Besonders der CSRS-Dienst überzeugte wegen seiner Benutzerfreundlichkeit. Beide Dienste bieten eine einfache und kostengünstige Möglichkeit für präzise GPS-Datenauswertungen.

5 Literatur

[1] AdV (2004): Diagnoseausgleichung 2003 der SAPOS-Referenzstationen und Einführung neuer amtlicher Koordinaten für die SAPOS-Referenzstationen. Arbeitskreis Raumbezug der Arbeitsgemeinschaft der Vermessungsverwaltungen der Länder der Bundesrepublik Deutschland (AdV), 23. Sept. 2004

[2] Boucher, C.; Altamimi, Z. (2001): Specifications for Reference Frame Fixing in the Analysis of a EUREF GPS Campaign. http://lareg.ensg.ign.fr/EUREF/memo.pdf

[3] Ghoddousi-Fard, R.; Dare, P. (2006): Online GPS processing services: an initial study. GPS Solutions, 10: 12–20

[4] Kouba, J.; Héroux, P. (2001): Precise Point Positioning Using Orbit and Clock Products. GPS Solutions, 5: 12–28

[5] Santerre, R.; Lavoie, M. (1991): Propagation of GPS Errors for Ambiguities-fixed and Ambiguities-free Solutions. Präsentiert auf IUGG XX General Assembly, Wien, 12–23 August 1991 (http://www.scg.ulaval.ca/gps-rs/pdf/20thIUGG_91(8).pdf).

Anschrift der Autoren:
Geodätisches Institut, TU Dresden, 01062 Dresden
dannystadler@gmx.net

Zusammenfassung

Verschiedene global tätige Dienste bieten eine automatische und kostenlose Datenauswertung von GPS-Beobachtungen an. Mehrere dieser Dienste wurden einem umfangreichen Test mit Datensätzen aus Sachsen unterzogen. Die Qualitätsbeurteilung erfolgte durch einen Vergleich mit ETRS89-Sollkoordinaten. Bei ausreichender Beobachtungsdauer konnten auf einfache Weise 1 cm-genaue Koordinaten erzielt werden.

Abstract

Several global services offer automatic processing of GPS observations free of charge. Some of these services have been evaluated based on observation data sets from Saxony (Germany). The positioning results were compared with the known ETRS89 coordinates of the stations. It is shown that 1 centimeter-level coordinates can easily be obtained based on observation time spans of at least a few hours.