

BaLiBo – zentralisierte Prozessierung von GPS-Beobachtungen

Volker Frevert, Joachim Schwabe, Lambert Wanninger, Jöran
Zeisler
Geodätisches Institut, TU Dresden
Helmholtzstraße 10
01069 Dresden
volker.frevert@tu-dresden.de

1 Einleitung

Die umfangreiche geodätische Infrastruktur, bestehend aus einer Vielzahl von globalen, regionalen und nationalen Netzen von GPS/GNSS-Permanentstationen und Auswertezentren, ermöglicht in Verbindung mit einer umfassenden Nutzung der Möglichkeiten des Internets die Realisierung und Bereitstellung unterschiedlichster Datenströme und Dienste. Es werden u.a. präzise Bahn- und Uhrinformationen, Korrekturdaten für DGPS, Beobachtungsdaten von Permanentstationen, aus Netzen abgeleitete Korrekturmodelle oder virtuelle Referenzstationsdaten berechnet und bereitgestellt. Seit einigen wenigen Jahren werden durch verschiedene Institutionen auch automatische Auswertungen von GPS-Nutzerbeobachtungen angeboten. Sie ermöglichen unter bestimmten Voraussetzungen weltweit cm-genaue Positionsberechnungen. Tabelle 1 enthält einige ausgewählte derartige Dienste.

Für derartige Prozessierungen, die auf einem Rechner des Diensteanbieters erfolgen, kommen zwei unterschiedliche Auswerteverfahren zum Einsatz (Stadler u.a. 2007). Ein Verfahren nutzt die Daten benachbarter Referenzstationen, um aus Basislinien- oder auch Netzberechnungen z.T. mit Hilfe üblicher *Postprocessing*-Software präzise Nutzerkoordinaten zu bestimmen. Ein weiteres, *Precise Point Positioning* (PPP) genanntes Verfahren, kommt ohne zusätzliche Referenzstationsdaten aus (Heßelbarth 2009). Systematische und zufällige Fehlereinflüsse werden dabei durch eine meist mehrstündige kontinuierliche Messdauer von Zweifrequenz-Nutzerbeobachtungen, die Verwendung präziser Satelliten-

bahnen und Satellitenuhrkorrekturen und weiterer Korrekturen (z.B. Gezeiten-
effekte) minimiert, so dass ebenfalls cm-genaue Positionen erhalten werden
können.

Tab. 1: Auswahl automatischer zentralisierter GPS-Datenauswertedienste

Dienstanbieter/-name	Verfahren	weitere Informationen
National Geodetic Survey (NGS) / OPUS	regionale Netzauswertung (USA und weitere ausgewählte Gebiete)	(Soler 2006) (Kashani 2008) (OPUS 2009)
Australian Surveying and Land Information Group / AUSPOS	großräumige Netzauswertung (global)	(AUSPOS 2009)
Scripps Institution of Oceanography u.a. / SCOUT	großräumige Netzauswertung (global)	(Jamason 2004) (SCOUT 2009)
Jet Propulsion Laboratory (JPL) / GIPSY	PPP (global)	(GIPSY 2009)
Natural Resources Canada / CSRS	PPP (global)	(Mireault 2008) (CSRS 2009)

Bei beiden Verfahren spielt der International GNSS Service (IGS), als freiwilliger Zusammenschluss von weltweit über 200 Institutionen, eine entscheidende Rolle. Der IGS stellt sowohl Beobachtungsdaten der Permanentstationen als auch die Analyse- und Rechenergebnisse seiner Auswertezentren, insbesondere präzise Bahndaten und Uhrkorrekturen der Satelliten kostenlos und frei zugänglich bereit. Die endgültigen präzisen Ephemeriden (*final ephemeris*) werden nicht nur bei PPP, sondern auch beim erstgenannten Verfahren benötigt, wenn, wie in den meisten Fällen notwendig, die Daten der umliegenden Stationen aus einem globalen Netz mit Punktabständen von mehr als 100 km verwendet werden. Präzise Ephemeriden sind in der Regel erst nach 12 Tagen verfügbar. Sind die Nutzerbeobachtungen zu einem aktuelleren Beobachtungszeitpunkt entstanden, greifen die Dienstanbieter auf die sog. *rapid ephemeris* des IGS zurück, die bereits nach 17 Stunden vorliegen. Wenige Stunden nach dem Beobachtungszeitpunkt sind *ultra rapid ephemeris* verfügbar. Maximale Genauigkeit kann allerdings nur mit den endgültigen präzisen Ephemeriden erreicht werden.

Die Nutzung der Dienste ist relativ einfach. Über ein Web-Interface wählt der Nutzer seine zu prozessierenden Beobachtungsdaten aus und der Browser überträgt diese an den Anwendungsserver. Teilweise sind die Daten auf einem FTP-Server bereitzustellen oder vorab per FTP zu übertragen. Die Beobachtungsdaten müssen im RINEX-Format (Version 2.x) vorliegen und können in komprimierter Form, sowohl HATANAKA-compressed und/oder gezippt, sein. Das zip-Archiv darf aber jeweils nur eine einzelne Beobachtungsdatei beinhalten. Außerdem ist der Antennentyp aus einer Liste auszuwählen und meist auch die Antennenhöhe explizit anzugeben, da die Informationen des RINEX-Dateikopfes wegen der häufig fehlerhaften oder unvollständigen Eintragungen nur teilweise oder gar nicht ausgewertet werden. Die Ergebnisse werden an die anzugebende E-Mail-Adresse verschickt. Die Wartezeit beträgt einige Minuten bis zu etwa einer Stunde. Für die Interpretation der Ergebnisse, die teilweise auch graphisch aufbereitet sind, werden entsprechende Hilfedateien angeboten.

Prinzipiell kann jeder GPS/GNSS-Anwender in Deutschland, wenn er die Anforderungen des Anbieters an die Beobachtungsdaten erfüllt, mit Ausnahme von OPUS, einen dieser Prozessierungsdienste (Tab. 1) nutzen. Für eine cm-genaue, zeitnahe und ökonomisch sinnvolle Punktbestimmung im Rahmen der Kataster-, Ingenieur- oder Landesvermessung sind diese Dienste jedoch weder geschaffen worden noch sind sie dafür geeignet. Bei ihrer Nutzung ergeben sich einige entscheidende Nachteile. Aufgrund des PPP-Auswertealgorithmus bzw. der häufig großen Abstände zwischen Nutzerstation und benachbarter Referenzstation, sind meist mehrstündige Zweifrequenzbeobachtungen notwendig. Beobachtungen mit Epochenabständen von kleiner 30 s (im IGS übliche Datenrate) werden teilweise auf diese 30 s ausgedünnt. Nur einige Dienste interpolieren die Daten der Referenzstationen auf die Datendichte der Nutzerdaten. Die Liste der auswählbaren Nutzer-Antennentypen enthält nicht alle in der Praxis eingesetzten Antennentypen bzw. Antennen-Radome-Kombinationen. Ein durchgeführter Test von 4 Diensten (Stadler u.a. 2007) hat darüber hinaus weitere Probleme, z.B. bezüglich des akzeptierten RINEX-Formates aber auch der Dienstzuverlässigkeit aufgezeigt. Nicht zuletzt stellt die Transformation der im ITRF referenzierten Ergebniskoordinaten in das amtliche Bezugssystem ETRS89/DREF ein nicht zu unterschätzendes Problem für viele mögliche Nutzer dar.

Bei einer Anpassung des global funktionierenden Verfahrens einer Positionsbestimmung durch internetgestützten Datenaustausch und zentrale Prozessierung nach dem Verfahren der Einbeziehung benachbarter Stationen eines Referenzstationsnetzes auf nationaler oder regionaler Ebene kann ein Dienst, z.B. auf der

Grundlage der Stationsdichte des SAPOS-Netzes, mit wenigen 10er-km Stationsabstand entwickelt werden, der diese Nachteile deutlich reduziert bzw. beseitigt.

2 Erweiterung der SAPOS-Dienste

Auf nationaler Ebene bietet der Satellitenpositionierungsdienst der deutschen Landesvermessung SAPOS mit seinen mehr als 250 GPS/GNSS-Stationen und den jeweiligen SAPOS-Landeszentralen bereits seit einigen Jahren mehrere zuverlässig arbeitende Dienste an. Der Echtzeitdienst EPS und der für geodätische Genauigkeiten interessantere Hochpräzise Echtzeitpositionierungs-Service HEPS stellen über ein geeignetes Kommunikationsmittel (Internet, Rundfunk, GSM), auf der Grundlage der Beobachtungsdaten des Netzes, Korrekturdaten bereit. Ein Nutzer bzw. die echtzeittaugliche Hard- und Software des GPS/GNSS-Empfängers kann damit eine sofortige Positionsbestimmung bzw. -verbesserung durchführen. Der Geodätische *Postprocessing* Positionierungs-Service GPPS bietet den Download von Beobachtungsdaten ausgewählter Stationen oder die Generierung von virtuellen Beobachtungsdaten (VRS) innerhalb des Netzgebietes bzw. dessen unmittelbarer Nähe an. Die Prozessierung der eigenen Beobachtungsdaten, in der Regel eine Basislinienauswertung, ist durch den Nutzer selbst durchzuführen.

Ein zentraler GPS-Auswertedienst, der mit den in Tab. 1 genannten Diensten vergleichbar ist, wurde jedoch bisher nicht angeboten. Die einzelnen Hard- und Softwarekomponenten eines solchen möglichen Dienstes sind größtenteils vorhanden. Voraussetzungen sind:

- a) Zugriff auf die Datenbank mit den Beobachtungsdaten der Referenzstationen des abzudeckenden Gebietes,
- b) Webserver (z.B. *Apache* mit PHP-Modul) für Kommunikation und Datenaustausch mit dem Nutzer,
- c) Software zur Generierung virtueller Beobachtungsdaten (VRS) oder Zugriff auf entsprechende Schnittstelle der Vernetzungssoftware,
- d) Basislinienauswertesoftware zur Berechnung der Basislinie von der VRS zur Nutzerstation,
- e) PHP-Webapplikation u.a. zur Generierung der Web-Oberfläche, Kontrolle und Steuerung des Datenaustausches, der Berechnung, Analyse und Ergebnisbereitstellung aber auch zur Administration des Dienstes seitens des Anbieters.

Ein solcher zentralisierter, automatischer Auswertedienst kann als zusätzlicher SAPOS-Service für Nutzer, die cm-genaue Positionen benötigen, unter folgenden Bedingungen interessant sein:

- Nutzer verfügen über keine eigene Auswertesoftware,
- eigene Ergebnisse sollen durch eine zweite unabhängige Software kontrolliert werden,
- fehlende GPS-Auswerteerfahrung bzw. –qualifikation,
- Echtzeitverfahren (RTK, HEPS) durch fehlende Kommunikationsverbindung nicht möglich,
- Einsatz von Einfrequenzempfängern.

Die o.g. Voraussetzungen a) bis d) sind durch die SAPOS-Infrastruktur bereits vorhanden oder relativ leicht zu realisieren. Damit ergeben sich für den Dienstanbieter auch einige Vorteile:

- Nutzung des Dienstes für eigene Aufgaben,
- Erweiterung des SAPOS-Kundenstammes,
- Sicherung eines Qualitätsstandards der Auswertung (z.B. Berücksichtigung von Antennenkorrekturen, korrekte Referenzierung),
- Erweiterung des SAPOS-Leistungsumfanges unter Nutzung bereits vorhandener Infrastruktur, Unterstützung.

Das Kernstück des neuen Dienstes, die erforderliche PHP-Webapplikation, ist jedoch zu entwickeln. Erste Erfahrungen wurden am Geodätischen Institut der TU Dresden mit der Entwicklung einer simplen Applikation gesammelt, die webgestützt, mit RINEX-Nutzerdaten und den Daten der institutseigenen Permanentstation auf dem Messdach des Beyerbaus der TU Dresden, eine Basislinienberechnung durchführte und die Ergebnisse per E-Mail zur Verfügung stellte. Diese „**BasisLinienBerechnungOnline**“ gab der Applikation ihren Namen BaLiBo. Die Software, die neben den PHP-Scripten auch aus einigen WaSoft-Modulen besteht, wurde im Auftrag und in Zusammenarbeit mit dem damaligen Landesvermessungsamt Sachsen, dem jetzigen Staatsbetrieb für Geobasisinformation und Vermessung Sachsen (GeoSN), weiterentwickelt. Obwohl der geodätische Hintergrund mittlerweile weit mehr als eine Basislinienberechnung darstellt, blieb der Name BaLiBo.

Im Folgenden soll der zukünftige SAPOS-Dienst BaLiBo-Sachsen vorgestellt werden.

3 BaLiBo-Sachsen

Das Web-Layout der nachfolgenden Abbildungen entspricht der Test- und Entwicklungsversion am Geodätischen Institut der TU Dresden. Durch die Verwendung von *Cascading Style Sheets* kann das Layout des Webinterfaces relativ einfach an die Bedürfnisse und Anforderungen im Rahmen des einheitlichen *Corporate Design* des GeoSN angepasst werden.

3.1 Zielstellung bei der Entwicklung

Ziel war die Entwicklung einer leicht zu bedienenden, in das SAPOS-Webinterface integrierbaren Webapplikation, die auf der Grundlage der vorhandenen SAPOS-Infrastruktur (Referenzstationen, Beobachtungsdaten, Rechen-technik) eine zentralisierte GPS-Datenauswertung durchführt. Die Nutzung des Dienstes soll keine umfassenden Auswerteerfahrungen erfordern. In der Praxis häufig auftretende Fehler sollen erkannt bzw. durch das System unterstützt vermieden werden. Für die Interpretation der Resultate sind die Ergebnisdateien auf das Wesentliche zu reduzieren und die erreichte Genauigkeit verbal zu charakterisieren.

3.2 Nutzung des Dienstes

Um eine missbräuchliche Benutzung auszuschließen, ist eine Registrierung und Anmeldung beim Dienst mit Nutzernamen und Passwort erforderlich (vgl. Abb. 1). Bei der Bedienung wird der Nutzer durch die Onlinehilfe unterstützt (BaLiBo 2009). Von den Möglichkeiten eines Rückblickes auf bereits durchgeführte Berechnungen und der Voreinstellung von individuellen Parametern zunächst abgesehen, kann die Realisierung des Berechnungsauftrages sofort durch die Auswahl der hochzuladenden Beobachtungsdaten beginnen (vgl. Abb. 2).



TECHNISCHE UNIVERSITÄT DRESDEN

BaLiBo
BasisLinienBerechnungOnline Sachsen
Impressum | Hilfe

Benutzer: Passwort: |

Bitte melden Sie sich an, um BaLiBo-Sachsen nutzen zu können.

16.12.08 11:32:37 | Webmaster

Abb. 1: Nutzeranmeldung

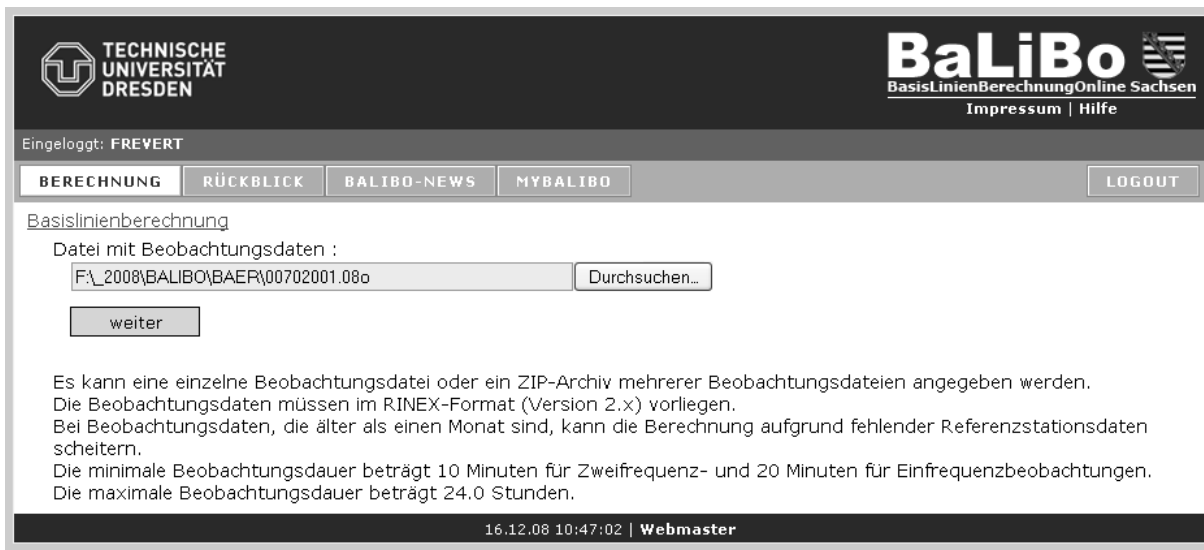


Abb. 2: Auswahl der hochzuladenden Beobachtungsdaten

Diese müssen im RINEX-Format (Version 2.x) vorliegen. Die minimale Beobachtungsdauer beträgt für Einfrequenz-GPS-Beobachtungen 20 Minuten und für Zweifrequenzdaten 10 Minuten. Die administrierbare maximale Beobachtungsdauer wurde auf 6 Stunden festgelegt. Die Daten können in komprimierter Form als zip-Archiv übertragen werden. Dabei sind Beobachtungsdateien mehrerer Punkte und/oder Mehrfachmessungen eines Punktes in einem Archiv möglich. Alle gewünschten Berechnungen eines Archivs bilden einen Auftrag.

Im Gegensatz zu den vorhandenen globalen bzw. regionalen Diensten wird der Nutzer nach dem Übertragen der Beobachtungsdaten, die auf dem BaLiBo-Server gegebenenfalls entpackt und nach verschiedenen Gesichtspunkten analysiert und vorausgewertet werden, zur Auswahl bzw. Bestätigung oder Änderung der wichtigsten Parameter aufgefordert. Das Beispiel der Abb. 3 enthält die Doppelmessungen von 3 Punkten, deren 6 Beobachtungsdateien in einem zip-Archiv übertragen wurden.

Diese Interaktion erschien dringend notwendig, da einerseits die Auswahl des korrekten Antennentyps und der korrekten vertikalen Antennenhöhe wesentliche Voraussetzung für eine cm-genau Nutzerposition sind, gleichzeitig aber genau diese Parameter häufig im RINEX-Header nicht oder nicht eindeutig enthalten sind. Für eine Antenne existieren teilweise unterschiedliche Bezeichnungen und Schreibweisen. Eine Zuordnung der bauarttypischen Antennenkorrekturen der Nutzerantenne wäre nicht möglich. Eine Antennenhöhe von 0.0000 m kann e-

benfalls korrigiert werden. Die Voreinstellungen des Antennentyps werden aus den Einstellungen des Nutzerprofils (s. MyBaLiBo) übernommen.

The screenshot shows the BaLiBo web interface. At the top left is the logo of Technische Universität Dresden. At the top right is the BaLiBo logo with the text 'BasisLinienBerechnungOnline Sachsen' and links for 'Impressum', 'Hilfe', and 'Adminhilfe'. Below the header, it shows the user is logged in as 'FREVERT'. A 'BERECHNUNG' button is visible. The main content area displays the order 'Auftrag FREVERT-081216-124020 wird vorbereitet'. Below this, a status message says 'Analyse der Beobachtungsdaten läuft...' and 'ZIP-Datei erkannt' with 'Anzahl prozessierbarer Dateien: 6'. A table lists observation data with columns for Dateiname, Stationsname, Startzeit, Endzeit, Antennentyp, vertikale Antennenhöhe, Dauer, Intervall, and Aktiv. Below the table is a 'UTM-Zone:' dropdown set to '33' and a 'Start' button. At the bottom, a footer shows the date and time '16.12.08 12:40:21' and 'Webmaster'.

Dateiname	Stationsname	Startzeit	Endzeit	Antennentyp	vertikale Antennenhöhe	Dauer	Intervall	Aktiv
		GPS-Zeit	GPS-Zeit	aus MYBALIBO-Voreinstellung	[m]	[min]	[s]	
00801991.08o	0080	17.07.08 08:26	17.07.08 09:18	TRM55971.00 NONE	1.4580	52.3	15	<input checked="" type="checkbox"/>
00801992.08o	0080	17.07.08 10:29	17.07.08 11:21	TRM55971.00 NONE	1.5767	52.3	15	<input checked="" type="checkbox"/>
11501991.08o	1150	17.07.08 08:29	17.07.08 09:31	TRM55971.00 NONE	1.5295	62.0	15	<input checked="" type="checkbox"/>
11501992.08o	1150	17.07.08 10:30	17.07.08 11:32	TRM55971.00 NONE	1.4037	61.5	15	<input checked="" type="checkbox"/>
24001991.08o	2400	17.07.08 08:23	17.07.08 09:26	TRM55971.00 NONE	1.4580	62.8	15	<input checked="" type="checkbox"/>
24001992.08o	2400	17.07.08 10:30	17.07.08 11:30	TRM55971.00 NONE	1.3498	59.8	15	<input checked="" type="checkbox"/>

Abb. 3: Bestätigung/Änderung der Auftragsdetails

Die Festlegung/Änderung des Stationsnamens ermöglicht darüber hinaus, unabhängig vom Dateinamen bzw. den Eintragungen im RINEX-Dateikopf die in der Praxis vorgeschriebenen/üblichen Mehrfachmessungen eines Punktes durch dessen identische Stationsnummer zu kennzeichnen. Die Ergebnisse der Prozessierung verschiedener Sessions ein und derselben Station werden zusammengefasst und Abweichungen berechnet.

Mit Betätigung des Start-Buttons werden die Eintragungen im Fenster mit den Auftragsdetails durch den Nutzer bestätigt, an den BaLiBo-Server übertragen und die Prozessierung gestartet. Der Nutzer kann die nachfolgenden Prozessierungsschritte verfolgen (vgl. Abb. 4) oder aber den Browser schließen. Die Ergebnis-E-Mail wird je nach Auslastung des BaLiBo-Servers und der Anzahl der zu prozessierenden Punkte i.d.R. nach wenigen Minuten verschickt.

TECHNISCHE UNIVERSITÄT DRESDEN

BaLiBo
BasisLinienBerechnungOnline Sachsen
Impressum | Hilfe | Adminhilfe

Eingelogg: FREVERT

BERECHNUNG

Auftrag FREVERT-081216-124020 gestartet

Berechnung läuft im Hintergrund. Fenster kann geschlossen werden:

31 gültige von 31 SAPOS-Stationen.

Prozessiere Datei 1 von 6

Aktuelle Datei: 00801991.08o
 Für die aktuelle Datei sind 31 von 31 SAPOS-Stationen verfügbar.
 Ephemeriden kopiert
 Headerdaten korrigiert
 Absolutlösung als Näherung für VRS berechnet
 Ermittle Referenzstationen und beziehe Daten (geschätzte Dauer: 3 Minuten)
 ausgewählte Referenzstationen: 0144, 0143, 0148
 SAPOS-Dateien übertragen

Zusammenfassen der Referenzbeobachtungen
 Zusammenfassen der Referenzbeobachtungen erfolgreich!

Berechnen der virtuellen Referenzstation
 virtuelle Referenzstation berechnet

Berechnen der Basislinie
 Berechnung erfolgreich abgeschlossen

Abb. 4: Informationen über Ablauf der Prozessierung

3.3 Nutzerprofil – MyBaLiBo

Der Menüpunkt MYBALIBO soll, neben der Möglichkeit der Änderung von Nutzerdaten (E-Mail-Adresse und Passwort) und einer Voreinstellung für die UTM-Zone, den Nutzer bei der schnellen und korrekten Auswahl des Antennentyps unterstützen. Aus Nutzersicht kommen nur einige wenige eigene Antennentypen in Frage. Der Dienstanbieter muss jedoch ein möglichst umfassendes Spektrum an Typen und Kombinationen mit verschiedenen Radomen anbieten. Die Auswahl des richtigen Antennentyps aus einer Liste mit mehr als 150 Antennen ist wenig nutzerfreundlich. Außerdem weicht die hier zugrundeliegende eindeutige IGS-Antennenbezeichnung meistens von der üblichen Bezeichnung, die der Hersteller verwendet, ab. Deshalb besteht für den Nutzer die Möglichkeit, einen Standardantennentyp (Antennenvoreinstellung) und eine Favoritenliste anzulegen. Zusätzlich werden übliche Herstellerbezeichnungen bei der Auswahl als ergänzender Kommentar angegeben (vgl. Abb. 5).

TECHNISCHE UNIVERSITÄT DRESDEN

BaLiBo BasisLinienBerechnungOnline Sachsen Impressum | Hilfe

Eingelogg: FREVERT

BERECHNUNG RÜCKBLICK BALIBO-NEWS **MYBALIBO** LOGOUT

My Balibo: Nutzerprofil bearbeiten

Passwort

Passwort neu:

Wiederholung:

Mail-Adresse

Email neu:

UTM-Zone und Nutzerantenne

Antennenvoreinstellung:

UTM-Zonenvoreinstellung:

Antennenfavoritenliste

Favoriteneintrag:

Liste der Favoriten:

Antenne	Löschen
TRM33429.00+GP NONE	x
TRM41249.00 NONE	x

16.12.08 12:02:31 | Webmaster

Abb. 5: Bearbeitung des Nutzerprofils

Der Standardantennentyp ist bei der Bestätigung der Auftragsdetails bereits voreingestellt. Die Eintragungen der Favoritenliste erscheinen in der Auswahlliste ganz oben.

3.4 Interner Ablauf

Den prinzipiellen Ablauf zeigt Abbildung 6. Der erste Teil des PHP-Scriptes generiert die Webseite zur Auswahl der Beobachtungsdaten, übernimmt die übertragene Datei und entpackt gegebenenfalls das zip-Archiv. Alle RINEX-Dateien werden auf Einhaltung des RINEX-Datenformates und bezüglich des Inhaltes analysiert und die Webseite mit der Tabelle der Auftragsdetails (vgl. Abb. 3) erzeugt.

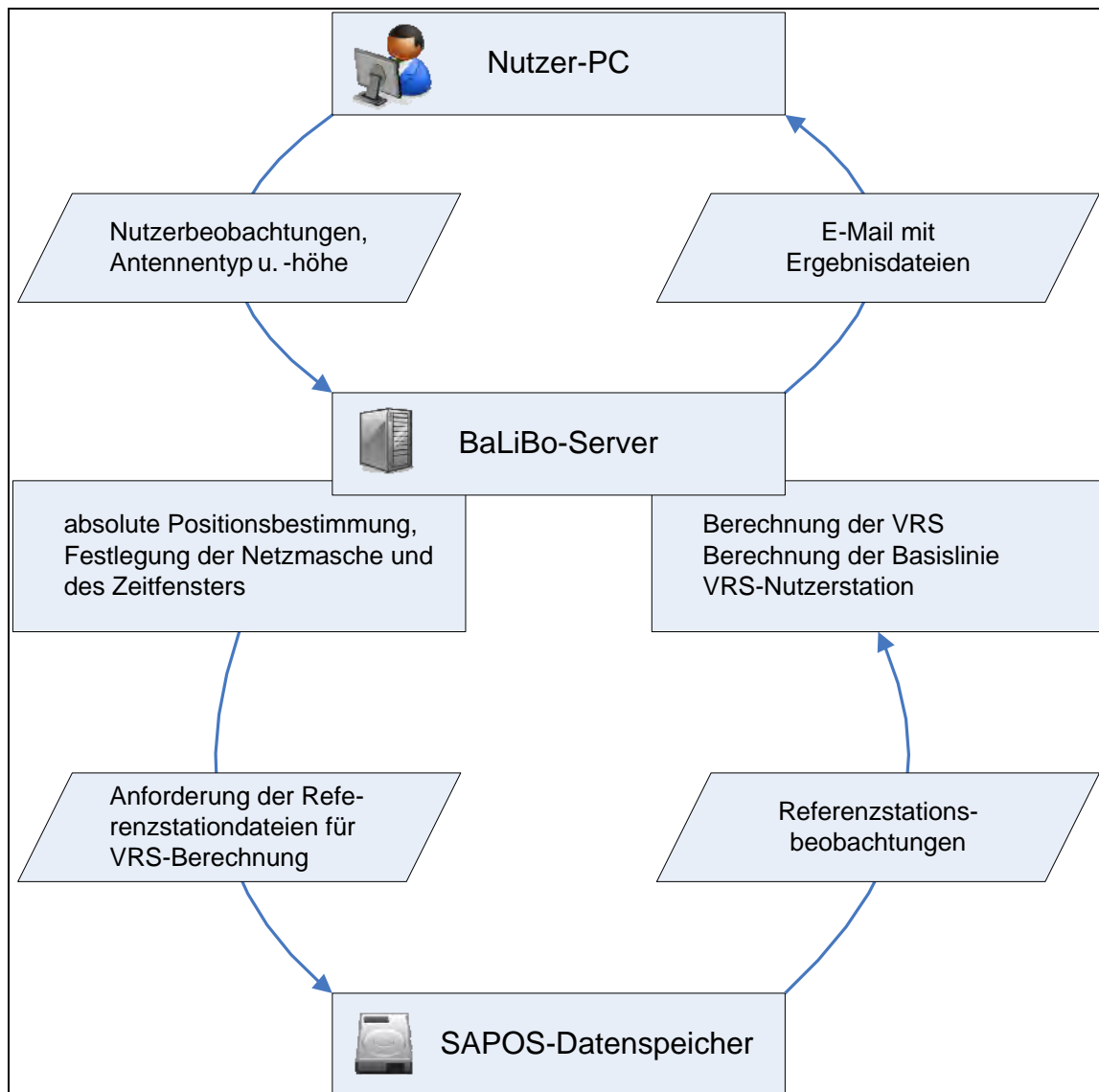


Abb. 6: BaLiBo-Berechnungsablauf

Nach der Interaktion durch den Nutzer erfolgt der umfangreichere Teil der Bearbeitung, der mit der Korrektur der Dateikopfeintragen beginnt.

Da praktische Erfahrungen zeigen, dass die im RINEX-Dateikopf eingetragene Näherungsposition oft falsch ist bzw. fehlt, wird für jede Beobachtungsdatei eine Absolutlösung berechnet. Diese Koordinaten werden im Dateikopf eingetragen und dienen als Position für die zu berechnende virtuelle Referenzstation (VRS). Wegen der fehlenden Zugriffsmöglichkeit auf die Generierung einer VRS mit Hilfe der SAPOS-Vernetzungssoftware wird bei der vorliegenden Lösung für Sachsen durch WaSoft-Virtuell eine „eigene“ VRS erzeugt. Nach einer Analyse

des Beobachtungszeitraumes der Nutzerdaten, der berechneten Näherungsposition und den Informationen der Koordinatendatei des sächsischen SAPOS-Netzes sowie der angrenzenden Stationen erfolgt die Auswahl der zur VRS-Berechnung zu verwendenden Referenzstationen. Die Struktur der Referenzstationskoordinatendatei ermöglicht durch einen Zeitstempel auch bei Koordinatenänderung einer Station oder Stationsverlegung die Generierung der zur Beobachtungsepoche gültigen und zweckmäßigen Netzmasche. Sind für die Beobachtungszeitspanne für eine Referenzstation der ausgewählten Netzmasche keine Beobachtungsdaten verfügbar, wiederholt der Algorithmus die Festlegung der Netzmasche unter den gegebenen Bedingungen bis eine praktikable Lösung erzeugt wurde oder die verbleibende Konfiguration keine qualitativ hochwertige Lösung mehr ermöglicht.

Dieser, für die Auswahl der geeigneten Referenzstationen verantwortliche Teil des PHP-Scriptes, liefert alle aus Stationsnamen, GPS-Tag und Beobachtungsstunde (Stundenkürzel a-x) bestehenden Dateinamen der benötigten Referenzstationsbeobachtungen sowie die Namen der benötigten Ephemeridendateien. Je nach Struktur und Zugriffsmöglichkeit der SAPOS-Server-Datenbank mit den Beobachtungen aller Stationen werden diese z.B. per FTP angefordert oder wie in diesem Fall durch direkten Festplattenzugriff der VRS-Berechnung zugeführt. Für die Referenzstationen werden die i.A. vorliegenden individuellen Kalibrierwerte berücksichtigt. Nach erfolgreicher VRS-Generierung besteht der letzte Auswerteschritt in der Basislinienberechnung zwischen VRS und Nutzerstation mit Hilfe des Moduls Wal.

Auf der Grundlage der internen Berechnungsprotokolle erfolgt die Analyse der Koordinatenqualität, Aufbereitung (z.B. Zusammenfassung von Mehrfachmessungen) und Generierung der Ergebnisdateien sowie deren Versendung per E-Mail. Durch Nutzung der im amtlichen Bezugssystem referenzierten Stationen ergibt sich für den Nutzer ein weiterer nicht zu unterschätzender Vorteil. Die Koordinaten der Nutzerstationen werden sofort im richtigen Bezugssystem (hier ETRS89/DREF) ermittelt. Eine Transformation, wie bei den o.g. global arbeitenden Diensten, ist nicht erforderlich. Neben den ellipsoidischen Höhen werden auch orthometrische Höhen auf der Grundlage des Geoidmodells GCG05 berechnet und dem Nutzer zur Verfügung gestellt.

Der Nutzer kann über den Menüpunkt RÜCKBLICK (vgl. Abb. 7) auf bereits erfolgreich abgeschlossene Aufträge zurückgreifen. Hier ist der wiederholte Abruf aller per E-Mail gesandten Informationen, d.h. die Ergebnisse der Basisli-

nienberechnung (*.bal – Dateien), die Lösungsstatistik und eine speziell formatierte Koordinaten- und Ergebnisdatei möglich.



Abb. 7: Rückblick/Verwaltung erfolgreich berechneter Aufträge

3.5 Administration des Systems

Um eine ebenso einfache Handhabung des BaLiBo-Servers zu ermöglichen, erfolgen Administration und Wartung seitens des Dienstansbieters ebenfalls über ein Webinterface (vgl. Abb. 8).

Wichtige Systemparameter, die angepasst werden können sind dabei u.a.:

- Verzeichnisstrukturen
- minimale, maximale Beobachtungsdauer
- minimales Beobachtungsintervall
- Elevationsmaske

Einen umfassenden Anteil der Administration betrifft die Antennendatenbank. Neue oder geänderte Antennenkorrekturdatendateien können hochgeladen und bezüglich des Formates geändert werden.

Hierbei werden Nutzerantennen (*Roverantennen*) und Referenzstationsantennen unterschieden. Für letztere werden individuelle absolute azimuth- und elevation-sabhängige Kalibrierwerte vorgehalten. Für Nutzerantennen werden bauartspezifische Kalibrierwerte verwendet. Prinzipiell können natürlich auch hierfür indi-

viduelle Kalibrierwerte zur Anwendung kommen. Allerdings erscheint das für einen breiten Nutzerkreis nicht sehr praktikabel.

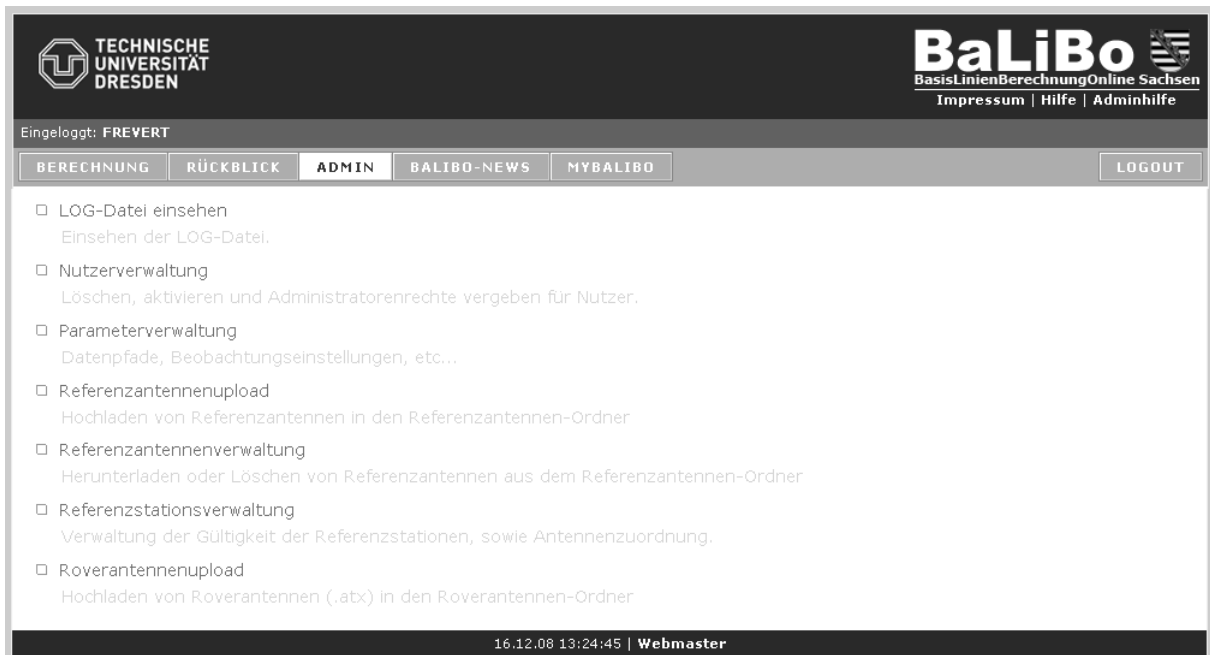


Abb. 8: Administratormenü (Auszug)

Mit der Referenzstationsverwaltung (vgl. Abb. 9) wird der Inhalt der Referenzstationskoordinatendatei laufend gehalten. Für die mit der Stations-*ID* verknüpften Koordinaten kann eine zeitlich begrenzte Gültigkeit festgelegt werden. Damit ist eine beobachtungsepochenabhängige Netzkonfiguration realisierbar. Koordinaten- und/oder Stationsveränderungen im Netz führen dadurch trotzdem zu einer korrekten Maschenbildung im Rahmen der VRS-Stationsauswahl.

Nr.	Station	Koordinaten			Gültigkeit		Antenne	Löschen
	ID	X	Y	Z	von	bis	Typ	
1	0013	3856465.4540	907290.5070	4981932.7170	unbestimmt	unbestimmt	001300	x
2	0014	3834912.9500	979734.6970	4984828.5280	unbestimmt	unbestimmt	001400	x
3	0021	3854395.5030	939731.7030	4977583.2750	unbestimmt	unbestimmt	002100	x
4	0082	3875828.2430	846780.7390	4977583.1440	unbestimmt	unbestimmt	008200	x
5	0090	3850563.9290	866758.323	4993612.467	unbestimmt	unbestimmt	009000	x
6	0094	3917792.3420	830397.7620	4947641.6880	unbestimmt	unbestimmt	009400	x

Abb. 9: Referenzstationsverwaltung(Auszug)

Ergänzt wird die Administration durch weitere Hilfsmittel, die die Hilfedatei, die System-Logdatei oder die Verwaltung der Aufträge der Nutzer betreffen.

4 Testeinsatz

Im Rahmen der Entwicklung erfolgten durch den GeoSN und das Geodätische Institut der TU Dresden zahlreiche Funktionstests. Im Folgenden sollen die Ergebnisse, die auf der Grundlage der GNSS-Beobachtungsdaten der Hauptvermessungsübung II – 2008, der Geodäsie-Studenten des 6. Semesters, gewonnen wurden, vorgestellt werden.

Aus den Beobachtungsdaten wurden Doppelmessungen von 55 Punkten mit jeweils 15 Minuten Beobachtungsdauer, 15 Sekunden Aufzeichnungsrate und 10° minimale Elevation gebildet und mit BaLiBo ausgewertet. Anhand der Abschattungsprotokolle der Punkte wurden deren Abschattungsbedingungen in 4 Kategorien wie folgt eingeteilt:

- 0 : keine Abschattung
- 1 : geringe Abschattungen ($< 20\%$)
- 2 : stärkere Abschattungen ($< 40\%$)
- 3 : starke Abschattungen ($> 40\%$)

Punkte der Abschattungskategorie 3 wären nach den Erfahrungen der Autoren nur schwer mittels RTK bestimmbar gewesen und hätten bei statischen Messungen längere Beobachtungszeiten erfordert. Die 110 RINEX-Beobachtungsdateien wurden tageweise in 5 zip-Dateien zusammengefasst und an den BaLi-

Bo-Server übertragen. Nach weniger als 30 Minuten standen die per E-Mail verschickten Ergebnisse zur Verfügung.

Die Tabellen 2 bzw. 3 enthalten, in Abhängigkeit von der Abschattungskategorie, die Anzahl der aus Doppelmessungen ermittelten Differenzen der Lage- bzw. Höhenkomponenten, die bestimmte Genauigkeitsvorgaben erfüllen bzw. bei denen aufgrund der geringen Qualität die Lösung durch BaLiBo verworfen wird.

Tab. 2: Lagedifferenzen der mit BaLiBo ausgewerteten Doppelmessungen

Abschattungs- kategorie	Anzahl der Lagedifferenzen (Nord- und Ost-Komponente) aus Doppelmessungen			
	$\leq 1.5\text{cm}$	$> 1.5\text{cm} \dots \leq 2.5\text{cm}$	$> 2.5\text{cm}$	keine Lösung
0	28	0	0	0
1	41	2	1	0
2	20	1	1	4
3	6	0	0	6

Tab. 3: Höhendifferenzen der mit BaLiBo ausgewerteten Doppelmessungen

Abschattungs- kategorie	Anzahl der Höhendifferenzen aus Doppelmessungen			
	$\leq 2.5\text{cm}$	$> 2.5\text{cm} \dots \leq 4.0\text{cm}$	$> 4.0\text{cm}$	keine Lösung
0	13	1	0	0
1	21	1	0	0
2	8	1	1	3
3	3	0	0	3

Die Ergebnisse spiegeln einerseits das bekannte, erwartete Genauigkeitsniveau kurzzeit-statischer Messungen, andererseits in Verbindung mit zahlreichen weiteren Tests die Funktionsfähigkeit und Qualität des BaLiBo-Datendienstes wider. Gleichzeitig wird aber auch wieder deutlich, dass die unzureichende Koordinatenqualität einzelner Basislinienlösungen nur durch Doppelmessungen – nicht aber durch die Ergebnisparameter des Auswerteprozesses – vollständig aufgedeckt werden können.

5 Zusammenfassung

Im Auftrag und in Zusammenarbeit mit dem Staatsbetrieb für Geobasisinformation und Vermessung Sachsen GeoSN wurde der Online-Berechnungsdienst BaLiBo-Sachsen entwickelt und implementiert. Dieser führt auf der Grundlage der SAPOS-Infrastruktur eine zentralisierte GPS-Datenauswertung von Nutzerbeobachtungen durch. Der Nutzer lädt über ein *Webinterface* eine oder mehrere RINEX-GPS-Beobachtungsdatei(en) auf den BaLiBo-Server. Dieser übernimmt die Prozessierung und sendet die Berechnungsergebnisse per E-Mail an den Nutzer.

Damit steht ein weiterer SAPOS-Dienst zur Verfügung, der die vorhandenen Datendienste sinnvoll ergänzt. Für Nutzer ohne eigene GPS-Auswertesoftware bzw. unzureichende Auswerteerfahrung oder für unabhängige Kontrollberechnungen wurde mit BaLiBo eine leicht zu bedienende und an Nutzeranforderungen anpassbare Möglichkeit zur GPS-Koordinatenberechnung aus RINEX-Beobachtungsdaten geschaffen.

Mit der notwendigen Interaktion des Nutzers im Rahmen der Bestätigung bzw. Änderung der Auftragsdetails und den zahlreichen internen Kontrollen der Beobachtungsdaten und der Zwischen- und Endergebnisse durch den Steuer- und Auswertealgorithmus, wird eine hohe, gleichbleibende Qualität der Ergebnisse gewährleistet. Die aufbereiteten Ergebnisdateien ermöglichen und unterstützen eine einfache Interpretation der erreichten Genauigkeit. Die berechneten Koordinaten liegen im ETRS89/DREF vor.

Die Administration des Dienstes erfolgt über ein Webinterface. Der modulare Charakter der PHP-Applikation ermöglicht eine relativ einfache Anpassung an die SAPOS-Datenbankstrukturen anderer Bundesländer.

Literatur

AUSPOS (2009): Webseite der Australian Surveying and Land Information Group. Zugriff 15.01.2009, <http://www.ga.gov.au/geodesy/sgc/wwwgps>.

BaLiBo (2009): Bedienungshinweise BaLiBo – Onlinehilfe.

CSRS (2009): Webseite der Natural Resources Canada - Geodetic Survey Division, Zugriff 15.01.2009, http://www.geod.nrcan.gc.ca/online_data_e.php.

- GIPSY (2009): Webseite des Jet Propulsion Laboratory (JPL). Zugriff 15.01.2009, <http://milhouse.jpl.nasa.gov/ag>.
- Heßelbarth, A. (2009): GNSS-Auswertung mittels Precise Point Positioning (PPP). In diesem Band.
- Jamason, P.; Bock, Y.; Fang, P.; Gilmore, B.; Malveaux, D.; Prawirodirdjo, L.; Scharber M. (2004): SOPAC Web site (<http://sopac.ucsd.edu>). GPS-Solutions 10.1007/s10291-004-0118-2, S. 272-277.
- Kashani, I.; Wielgosz P.; Grejner-Brzezinska D. A.; Mader, G. L. (2008): A New Network-Based Rapid-Static Module for the NGS Online Positioning User Service – OPUS-RS. Navigation: Journal of the Institute of Navigation, Vol. 55, No. 3, S. 225-233.
- Mireault, Y.; Tétreault, P.; Lahaye, F.; Héroux, P.; Kouba, J. (2008): Online Precise Point Positioning. GPS-World 9/2008, http://images.questex.com/GPSW/2008/GPSW_Daily/082508/GPS0908_Innov_v7.pdf.
- OPUS (2009): Webseite des National Geodetic Survey (NGS). Zugriff 15.01.2009, www.ngs.noaa.gov/OPUS/.
- SCOUT (2009): Webseite des Scripps Institution of Oceanography. Zugriff 15.01.2009, <http://sopac.ucsd.edu/cgi-bin/SCOUT.cgi>.
- Soler T.; Michalak P.; Weston ND.; Snay RA.; Foote RH. (2006): Accuracy of OPUS solutions for 1–4 h observing sessions. GPS Solutions 10:45–55. doi:10.1007/s10291-005-0007-3.
- Stadler, D.; Schrank, J.; Walm, R.; Meißner, T.; Flöter, C.; Becker, D.; Höhne, K.; Esch, M.; Wanninger, L. (2007): Vergleich von Diensten für automatische GPS-Datenauswertung. Allgemeine Vermessungs-Nachrichten (AVN) 1/2007, Wichmann-Verlag, Heidelberg, S. 34-37.
- Wanninger, L. (2008): Dienste für automatisierte GNSS-Datenauswertung. 3. Thüringer SAPOS-Anwenderforum, 05.03.2008, Weimar.