Satellitengestütze Positionierungs- und Vermessungstechnik : GPS-Datenerfassung in der Vermessung

Autor(en): **Wild, Urs**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins, des Verbandes Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen = Bulletin de l'Association Suisse des Electriciens, de l'Association des Entreprises électriques suisses**

Band (Jahr): **89 (1998)**

Heft 15

PDF erstellt am: **24.05.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-902096

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.
Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.
Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

Satellitengestützte Positionierungs- und Vermessungsmethoden spielen im Bereich der Datenerfassung für Geographische Informationssysteme (GIS) eine immer grössere Rolle. Der vorliegende Artikel gibt einen Überblick über den heutigen Stand der Technik und – aus der Sicht des Bundesamtes für Landestopographie (Swisstopo) – einen Ausblick auf kommende Entwicklungen in den Bereichen Vermessung und GIS-Datenerfassung.

Satellitengestützte Positionierungs- und Vermessungstechnik

GPS-Datenerfassung in der Vermessung

■ Urs Wild

Für den Einsatz von GNSS[1] gilt es verschiedene Messgrössen und -verfahren zu unterscheiden:

Als *Messgrössen* können entweder direkt die von den Satelliten ausgesendeten Navigationscodes (C/A-Code im zivilen Bereich, P-Code für das Militär) oder aber die Trägerphase der Satellitensignale verwendet werden. Im ersten Fall spricht man von einer Code-Messung (mit einer Messauflösung von einigen Metern), im zweiten Fall von einer Phasenmessung (mit einer Messauflösung von 2–3 mm). Der Code ist die primäre Messgrösse in der Navigation, während in der Vermessung die Trägerphase eingesetzt wird.

Bei den *Messverfahren* unterscheidet man zwischen absoluten und differentiellen Verfahren. Bei den absoluten Messungen werden mit einem GNSS-Empfänger die Signale von mindestens vier Satelliten empfangen und daraus die Position des Empfängers berechnet. Bei der absoluten Methode wirken sich sämtliche systematischen Fehlereinflüsse wie Bahnfehler, Atmosphäre, Satelliten- und Empfängeruhren direkt auf die Positionsgenauigkeit aus. Beim differentiellen Einsatz von GNSS werden immer mindestens zwei Empfänger verwendet, wobei einer der Empfänger auf einem koordinatenmässig bekannten Punkt aufgestellt wird (Referenzstation), während der zweite Empfänger auf dem zu bestimmenden Punkt aufgestellt wird. Durch Differenzbildung der Messungen auf der Referenz- und der mobilen Station kann nun die Koordinatendifferenz (nicht mehr die absolute Position) zwischen den beiden Stationen bestimmt werden. Diese Koordinatendifferenz kann viel genauer bestimmt werden als die absolute Position, weil die systematischen Fehlereinflüsse für die beiden Stationen durch die Differenzbildung grösstenteils eliminiert werden.

Im weiteren gilt es zu unterscheiden, ob diese Messverfahren als Post-Processing (d.h. durch nachträgliches Zusammenbringen der Daten auf einem Rechner) oder aber Real-Time (d.h. gleichzeitig mit der Messdatenerfassung im GNSS-Empfänger) angewandt werden. Beide Möglichkeiten liefern grundsätzlich dieselben Resultate, stellen aber unterschiedliche Anforderungen an die einzusetzenden Geräte.

Das Post-Processing-Verfahren wird hauptsächlich in der Geodäsie (Landesvermessung) und in der Ingenieurvermessung eingesetzt. Dabei werden auf den zu bestimmenden Punkten Messdaten gesammelt. Die Messzeiten liegen je nach geforderter Genauigkeit im Bereich von einigen Minuten bis einigen Stunden

Adresse des Autors
Dr. *Urs Wild,* Bundesamt für Landestopographie, Sektion Geodätische Grundlagen
3084 Wabern

[1] In diesem Artikel wird konsequent der Begriff Global Navigation Satellite Systems (GNSS) verwendet, womit immer beide existierenden Systeme (GPS und Glonass) gemeint sein sollen.

	GPS	Glonass
Anzahl Satelliten	24	24 (geplant)
Anzahl Bahnebenen	6	3
Inklination	55°	64,8°
Bahnhöhe	ca. 20 200 km	ca. 19 100 km
Umlaufzeit	11 h 58 min	11 h 15 min
Trägerfrequenz	L1: 1575,42 MHz L2: 1227,60 MHz	L1: 1602,5625–1615,5 MHz L2: 1246,4375–1256,5 MHz
C/A-Code (L1) P-Code (L1, L2)	1,023 MHz 10,23 MHz	0,511 MHz 5,11 MHz
Zeitbasis Geodät. Referenzsystem	UTC (USNO) WGS 84	UTC (SU) SGS 85
Selective Availability Anti-Spoofing (A-S)	Ja Ja	Nein Möglich

Tabelle I Gegenüberstellung der Satelliten-Positionierungssysteme GPS und Glonass

	Post-Processing	Real-Time
Absolut	Einzelpunktbestimmung 20 Meter (Mittelbildung)	Navigation 50–100 Meter
Differentiell	Geodäsie, Vermessung 0,001–0,10 Meter	Vermessung, GIS-Datenerfassung DGNSS: 1–10 Meter RTK: 0,01 Meter

Tabelle II Übersicht über Messverfahren und erreichbare Genauigkeiten

(z.B. bei Staumauerüberwachungen mit Genauigkeiten im Millimeter-Bereich). Diese Messdaten werden nachträglich im Büro zusammen mit den Messdaten der Referenzstationen ausgewertet.

Für die praktische Anwendung in der amtlichen Vermessung und bei der GIS-Datenerfassung setzen sich immer mehr die Real-Time-Methoden durch. Je nach verwendeter Messgrösse spricht man dabei von Differential GNSS (DGNSS) im Falle von Code-Messungen oder aber von RTK (Real Time Kinematic) im Falle von Trägerphasenmessungen. Ein solches Real-Time-System setzt demnach immer einen Datenlink zwischen der Referenzstation und dem Empfänger auf dem zu bestimmenden Punkt voraus, über den die Beobachtungsdaten der Referenzstation übertragen werden können. Die effektive Positionsberechnung erfolgt dann direkt im Empfänger auf dem Neupunkt.

Tabelle II gibt einen Überblick über die verschiedenen Messverfahren und die damit erreichbaren Genauigkeiten.

GNSS-Empfänger

Heute ist auf dem Markt eine Vielzahl von GNSS-Empfängern erhältlich, in verschiedenen Ausführungen und Preisklassen.

Im wesentlichen sind zwei Hauptgruppen von Empfängern zu unterscheiden:

- Code-Empfänger
- Phasen-Empfänger

Die Code-Empfänger finden hauptsächlich in der Navigation (Autonavigationssysteme, Flottenmanagement usw.). ihre Anwendung. Mit diesen Empfängern wird eine Grundgenauigkeit von 50 bis 100 m erreicht, welche durch den Einsatz differentieller Verfahren (DGNSS) bis in den Bereich weniger Meter (2–5 m) gesteigert werden kann. Navigationsempfänger sind fast ausschliesslich 1-Frequenz-Empfänger (L1). Diese Empfänger können normalerweise im internen Speicher lediglich Positionsdaten abspeichern und keine Rohmessungen (=Distanzmessungen zu den einzelnen Satelliten). Dadurch können solche Empfänger nicht für Post-Processing-Anwendungen eingesetzt werden. Preislich liegen solche Empfänger je nach Ausführung zwischen 300 und 2000 Franken.

GNSS-Empfänger, welche die Trägerphase messen, lassen sich ihrerseits wieder aufteilen in Empfänger, die die Phasenmessung nur zu Hilfszwecken verwenden (Glättung der stärker verrauschten Codemessung, Elimination von Mehrwegausbreitungs-Effekten usw.) und solche, welche die Trägerphase als primäre Messgrösse erfassen («geodätische» Empfänger für Anwendungen höchster Präzision). In dieses breite Spektrum von Geräten fallen alle Empfänger, die für den Einsatz im GIS-Bereich in Frage kommen. Der Preis richtet sich dabei nach den technischen Eigenschaften (1-Frequenz- oder 2-Frequenz-Geräte, Messgenauigkeit usw.) und liegt zwischen 5000 und 40 000 Franken.

Von einigen Herstellern werden kombinierte GPS- und Glonass-Empfänger angeboten. Die Kombination der beiden Satellitensysteme bringt hauptsächlich einen Gewinn bezüglich Verfügbarkeit (grössere Anzahl Satelliten) und Zuverlässigkeit. Dies kann gerade für den Einsatz von GNSS in problematischer Umgebung (Wald, dicht bebaute Gebiete) von grosser Bedeutung sein. Eine erhebliche Genauigkeitssteigerung ist durch die Kombination von GPS und Glonass nicht zu verzeichnen.

Bei der Beschaffung von GNSS-Empfängern ist grosses Gewicht auf die mit den Empfängern mitgelieferte Software zu legen. Hier gibt es grosse Unterschiede – vom einfachen Programm zum Herunterladen von Positionsdaten bis hin zu eigentlichen GIS-Systemen, welche die grafische Visualisierung der erfassten Daten (z.B. in Kombination mit einem Karten- oder Planhintergrund) und die Verknüpfung der Positionsdaten mit zusätzlichen Attributen erlauben.

Moderne Konzepte für die GNSS-Vermessung

Das Bundesamt für Landestopographie (Swisstopo) setzt seit 1987 für einen grossen Teil seiner Vermessungsaufgaben in den Bereichen Landes- und Ingenieurvermessungen das Global Positioning System (GPS) ein. Durch den Einsatz von hochpräzisen geodätischen GPS-Empfängern und bezüglich der permanenten GPS-Referenzstation Zimmerwald relativen Messverfahren wurde ein neues, GPS-gestütztes Landesnetz (LV95) mit einer Genauigkeit von etwa 5 mm in der Lage und 2–3 cm in der Höhe bestimmt. Damit steht in der Schweiz erstmals ein homogenes, verzerrungsfreies Fixpunktnetz mit Zentimeter-Genauigkeit zur Verfügung. Im Vergleich dazu weist die bestehende Landestriangulation Verzerrungen im Bereich von 1–2 m auf. LV95 wird mittelfristig die bestehende Landestriangulation ablösen.

Moderne Konzepte der Landesvermessung stellen die Fixpunktnetze als «aktive» Kontrollpunktfelder zur Verfügung, das heisst der Benutzer erhält über einen Online-Datenlink sämtliche für ihn rele-

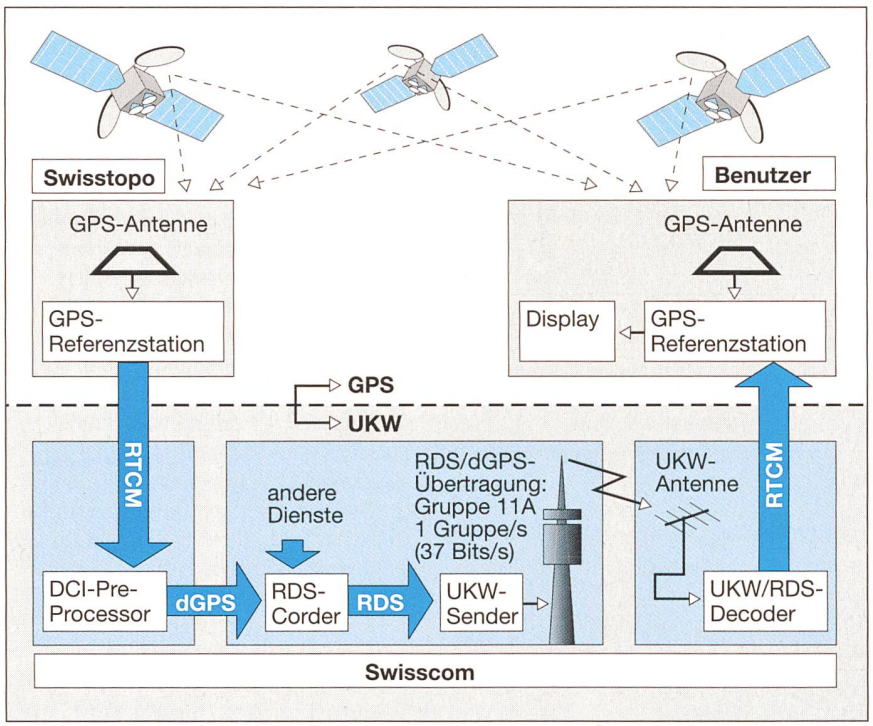

Bild 1 Schema DGPS-Dienst

vante Information der nächstgelegenen Referenzstation. Diese Information umfasst die Koordinaten der Referenzstation sowie die benötigten Mess- oder Korrekturdaten der Referenzstation. Mit Hilfe dieser Daten bestimmt der Benutzer mittels der oben beschriebenen Real-Time-Verfahren (DGNSS oder RTK) seine Position. Die Hauptvorteile dieses Konzeptes sind:

- Sämtliche Benutzer arbeiten in einem einheitlichen Koordinatensystem.
- Der logistische Aufwand für den Betrieb einer eigenen Referenzstation entfällt.

Unter der Projektbezeichnung Agnes (Automatisches GPS-Netz Schweiz) baut Swisstopo ein Netz von permanenten GNSS-Stationen in der Schweiz auf. Diese GNSS-Stationen dienen als Referenzstationen für den Einsatz von Post-Processing- oder Real-Time-Verfahren in den Bereichen Vermessung und GIS-Datenerfassung. Die Datenübertragung der Beobachtungsdaten von den Referenzstationen zu den einzelnen Benutzern soll über Natel-D (Data Channel) oder über Data Radio Channel (Darc) oder Digital Audio Broadcasting (DAB) erfolgen. Die entsprechenden technischen Abklärungen werden momentan vorgenommen. Alle diese Positionierungsdienste sollen unter dem Namen Swiss Positioning Service (Swipos) zusammengefasst werden.

Der Aufbau von Agnes und der damit verbundenen Dienstleistungen wird wohl noch einige Jahre in Anspruch nehmen. Bereits heute werden aber die folgenden Dienstleistungen angeboten:

- Die Daten sämtlicher in der Schweiz von Swisstopo betriebenen GPS-Permanentstationen sind über das Internet zugänglich. Die Datenrate (=Aufzeichnungsintervall) beträgt 5 Sekunden. Da es sich hier um einen Versuchsbetrieb handelt, kann vorläufig keine Garantie für die lückenlose Verfügbarkeit der Daten übernommen werden. Diese Daten können als Referenzdaten für die differentielle Auswertung eigener GPS-Messungen verwendet werden. Diese Auswertungen setzen entsprechende Auswertesoftware voraus.
- Einen ersten Schritt in Richtung eines öffentlichen Real-Time-Positionierungsdienstes hat Swisstopo mit dem Aufbau eines DGPS-Dienstes über UKW/RDS (Radio Data System) in Zusammenarbeit mit der Swisscom (ab Anfang 1998 mit der SRG) gemacht.

Die DGPS-Korrekturdaten der Geostation Zimmerwald (im sog. RTCM-Format) werden durch die Swisscom in einem Preprocessor in ein RDS-kompatibles Format umgewandelt, auf die einzelnen Sendestandorte übertragen und über UKW/RDS ausgestrahlt. Das Radio Data System ist eine europäische Norm für die Verbreitung von digitalen Daten über das UKW-Sendernetz (87 bis 108 MHz). Die Korrekturdaten werden mit einer mittleren Datenrate von 1 RDS-Gruppe pro Sekunde (37 Bit/s) übertragen (Bild 1).

Während des Pilotbetriebs des DGPS-Dienstes (bis Ende 1998) stehen für die Ausbreitung der Korrekturdaten lediglich sechs UKW-Sender (mit einigen zusätzlichen Umsetzern) zur Verfügung, womit rund 60–70% des dichter besiedelten Gebiets der Schweiz abgedeckt werden kann (Bild 2). Nach Ablauf des Pilotprojekts (ab Ende 1998) wird die gesamte Schweiz flächendeckend mit DGPS-Korrekturdaten über UKW/RDS versorgt.

Der einzelne DGPS-Benutzer benötigt für den Empfang der Korrekturdaten einen RDS-Decoder, wobei verschiedene Modelle angeboten werden: handliche Pager, Einbaugeräte für Fahrzeuge oder Schiffe und OEM-Platinen für die Integration in andere Geräte. Nebst den RDS-Decodern, die über eine serielle Kabel-

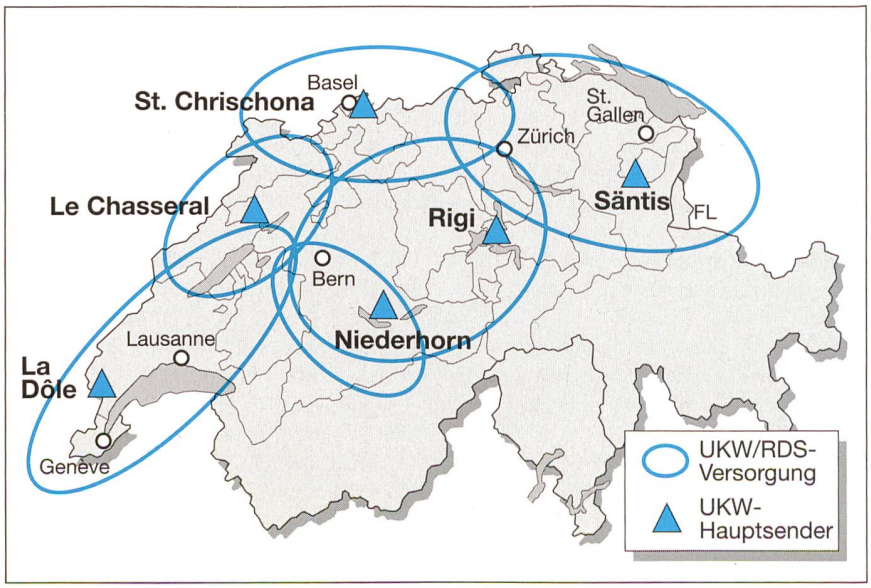

Bild 2 DGPS-Versorgung Schweiz (bis Ende 1998)

Bild 3 DGNSS im praktischen Einsatz
Erfassung von Positionen und Zusatzattributen

verbindung mit dem GPS-Empfänger verbunden werden müssen, existieren heute auf dem Markt bereits integrierte Geräte, welche einen GPS-Empfänger und RDS-Decoder vereinen.

Der DGPS-Dienst ist gebührenpflichtig und wird in zwei verschiedenen Genauigkeitsstufen angeboten: einem Basic-Dienst für Genauigkeiten von 5–10 m und einem Premium-Dienst mit Genauigkeiten von 1–2 m.

Anwendungen

Der folgende Abschnitt gibt einen Überblick über Anwendungen, die bereits heute mit dem DGPS-Pilotbetrieb im GIS-Bereich realisiert sind. Die Anwendungen lassen sich nach den grundsätzlichen GNSS-Funktionalitäten unterteilen in:

- Positionsbestimmung (inkl. Geschwindigkeit)
- Navigation (von A nach B, Aufsuchen eines bekannten Punktes [Wegpunkte], Abfahren von Routen)
- Tracking (Aufzeichnung eines zurückgelegten Weges)

Unter die Kategorie der reinen Positionsbestimmung fallen sämtliche Positionsbestimmungen im Gelände, welche mit Datenerfassungen für Geographische Informationssysteme (GIS) verbunden sind. Nebst der Position werden dabei meistens auch Zusatzinformationen wie Lärmpegel, Bodenbeschaffenheit, Luftqualität usw. erfasst.

Die Erfassung der zusätzlichen Attribute kann je nach verwendetem GNSS-Empfänger entweder rudimentär durch Eingabe eines Kommentars zur abgespeicherten Position erfolgen oder aber sehr komfortabel zum Beispiel über eine Strichcodetabelle, die alle möglichen zu vergebenden Attribute enthält.

Falls einmal der UKW-Empfang kein DGPS zulassen sollte und der DGPS-Benutzer über einen GPS-Empfänger verfügt, der GPS-Messungen in einem internen Memory abspeichern kann, so können die abgespeicherten Daten nachträglich zusammen mit den Beobachtungsdaten der nächstgelegenen Referenzstation verarbeitet werden (Post-Processing).

Eine Weiterführung der Positionsbestimmung ist die Bestimmung von Flächen aus den Eckpunkten eines abgeschrittenen Polygons. Diese Anwendung ist vor allem für die Landwirtschaft von Bedeutung, falls es um die Bestimmung von Beitragsflächen oder zum Beispiel nach einem Hagelschlag um die Bestimmung der Schadensfläche geht. Gute GNSS-Empfänger bieten auch hier die entsprechenden Möglichkeiten.

Nebst der Position lässt sich mittels DGPS auch die Geschwindigkeit sehr genau bestimmen. Die Genauigkeit beträgt etwa 0,1 m/s (=0,3 km/h). Das Eidgenössische Amt für Messwesen hat mit DGPS intensive Versuche zur Geschwindigkeitsmessung mittels DGPS durchgeführt und insbesondere mit anderen Messmethoden verglichen. Die Ergebnisse waren durchaus positiv: Die Übereinstimmung von DGPS mit den besten heute verfügbaren Methoden lag immer im Bereich von 99%!

Im Bereich der Navigation ergeben sich interessante Anwendungen zum Beispiel bei der Positionierung von Messfahrzeugen (z.B. Erfassung der Sendefeldstärken bei der Swisscom). Auch in diesem Bereich wurde DGPS (z.T. noch in Versuchen) erfolgreich eingesetzt.

Das Tracking (=Aufzeichnen eines zurückgelegten Weges) kann für die rasche Kartierung von neuen Plan- oder Kartenelementen eingesetzt werden. Durch einfaches Befahren oder Begehen mit gleichzeitiger Registrierung der Position lässt sich die geometrische Lage solcher Elemente rasch erfassen.

La saisie des données GPS en mensuration

Pour la saisie des données géoinformatiques, les méthodes de positionnement et de mensuration assistées par satellite prennent un rôle de plus en plus important. L'article ci-présent donne un aperçu de l'état actuel de la technique et – du point de vue de l'Office fédéral de topographie (Swisstopo) – une perspective sur de futurs développements dans les domaines de la mensuration et de la saisie des données géoinformatiques.