

Zeitschrift: Vermessung, Photogrammetrie, Kulturtechnik : VPK = Mensuration, photogrammétrie, génie rural

Herausgeber: Schweizerischer Verein für Vermessung und Kulturtechnik (SVVK) = Société suisse des mensurations et améliorations foncières (SSMAF)

Band: 98 (2000)

Heft: 6

Artikel: Mit Satellitenvermessung den Loipen auf der Spur

Autor: Wirth, B. / Favey, E. / Geiger, A.

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-235655>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 16.03.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Mit Satellitenvermessung den Loipen auf der Spur

Im Laufe der letzten Jahre haben Methoden der kinematischen Geodäsie und mithin der Navigation Eingang gefunden in die Lösungsstrategien bei Vermessungstechnischen Problemstellung. In diesem Artikel wird ein aktuelles Beispiel aus der Praxis dargestellt, das diese Entwicklung aufzeigt. Die Methoden der Satellitengeodäsie, insbesondere der GPS Technik, erlaubt es, Aufgaben, die mit klassischen Methoden kaum lösbar sind, anzugehen. Das Beispiel zeigt die Machbarkeit und Effizienz einer Streckenkartierung in einer schneebedeckten Landschaft mit Hilfe des Differential GPS. Das wirkungsvolle Zusammenspiel zwischen satellitengeodätischen Methoden, klassischen Verfahren und dem GIS wird dabei dokumentiert.

Au cours de ces dernières années, les méthodes de la géodésie cinématique et par conséquent de la navigation ont été introduites dans la stratégie des solutions de problèmes de technique de mensuration. Dans cet article on présente un exemple actuel de la pratique qui démontre cette évolution. Les méthodes de la géodésie satellitaire, notamment de la technique GPS, permettent d'aborder des tâches dont la solution n'est guère possible avec des méthodes classiques. L'exemple montre la faisabilité et l'efficacité de la cartographie d'un tracé dans un paysage couvert de neige à l'aide d'un GPS différentiel. L'article démontre la combinaison efficace entre des méthodes de géodésie satellitaire, des procédés classiques et le SIT.

Di recente i metodi di geodesia cinematica e navigazione hanno preso piede nelle strategie per far fronte alle problematiche di misurazione. L'articolo si ricollega a un esempio pratico che mostra tale sviluppo. Infatti, le metodologie di geodesia satellitare, in particolare della tecnica GPS, permettono di risolvere dei compiti molto difficilmente praticabili con i metodi classici. Partendo da quest'esempio, si dimostra la fattibilità e l'efficienza della messa in carta di un paesaggio innevato, ricorrendo al GPS differenziale. Si provvede anche a documentare la complementarietà molto efficace tra i metodi geodetici-satellitari, i processi classici e il SIG.

B. Wirth, E. Favey, A. Geiger

Problemstellung und Auftrag

Im Januar 1999 wurde das Büro Darnutzer, Davos, mit der Aufgabe konfrontiert, sämtliche Langlaufloipen von Davos aufzunehmen. Davos Tourismus (DT, Verkehrsverein von Davos) hatte mit den betroffenen Grundeigentümern einen Vertrag abgeschlossen, wonach sie für die Inanspruchnahme ihrer Grundstücke durch die Loipen pro Winter entschädigt werden. Die Höhe der Entschädigung richtet sich nach der Grösse der Loipenfläche und nach Art des überfahrenen Landes (Wies- oder Weidland). Wegflächen werden nicht entschädigt. Auf

Wunsch der einzelnen Grundeigentümer fand eine Feldbegehung statt, bei der der Loipentyp mit Breite in einer Skizze des Verlaufes festgehalten wurde. Die Aufnahmen über die total 75 km Loipenlänge (35 km klassisch und Skating, 40 km nur klassisch) hatten in den Monaten Februar und März 1999 zu erfolgen. Die gesamte Loipenanlage dehnt sich über ein Areal von ca. 10 km mal 6 km aus und erstreckt sich auch in Seitentäler hinein. Die Genauigkeit der Aufnahmen sollte ca 0.5 m betragen, längs kritischer Grenzen etwas genauer.

Abklärungen und Lösungsansatz

Es stand bald ausser Zweifel, dass für die-

se Aufnahmen keine klassische Aufnahmetechnik in Frage kam, dazu war die Zeit zu knapp und das Suchen von Fixpunkten unter dem Jahrhundertschnee 1999 eine fast unlösbare Aufgabe. Gespräche mit Leuten des Bundesamtes für Landestopographie (L+T) und des Geodäsie und Geodynamik Labors (GGL) des Institutes für Geodäsie und Photogrammetrie (IGP) der ETH Zürich führten zu folgendem Lösungsvorschlag: Ein mobiler GPS-Empfänger sollte mit dem Loipenfahrzeug bei normalen Unterhaltsfahrten mitfahren, während gleichzeitig ein Operateur die Wegstrecke und die Fahrspur attributmässig protokolliert. Als Referenzstation dient die permanent registrierende AGNES Station Davos. Das AGNES (Automatisches GPS-Netz der Schweiz) wird von der Landestopographie betrieben. Die Auswertung sollte über eine differentielle Codelösung erfolgen. Die für eine Phasenlösung eventuell notwendigen Initialisierungsstopps nach häufigen Empfangsunterbrüchen (infolge Sichtbehinderung zu den Satelliten) fallen weg. Damit bleibt der Betrieb des Loipenfahrzeuges so wenig wie möglich gestört. Die geforderte Genauigkeit sollte erreicht werden.

Ausführung

Anlässlich der Begehung mit dem Personal des Loipenunterhaltsdienstes von DT wurden die Loipen entsprechend ihrem Typ und ihrer Breite kategorisiert. Als Loipentypen wird zwischen klassischen Loipen mit 2–4 Spuren, Skating-Loipen mit 1–2 Maschinenbreiten und Wanderloipen (Spazierwege, die es nur im Winter gibt) unterschieden.

Für die total 251 betroffenen Parzellen fanden lediglich neun Begehungen statt; d.h. der Grossteil der Grundeigentümer vertraute den Aufnahmen durch den Geometer. Bei diesen Begehungen traten keine nennenswerten Probleme zutage. In drei Sessionen von total 15.3 Stunden Registrierungszeit im Sekundentakt war das gesamte Loipennetz aufgenommen.

Wo die Loipe etwas unter die Bäume oder gar in den Wald gelegt ist, war oftmals



Abb. 1: Loipenfahrzeug mit Antenne auf der hinteren Plattform fest montiert und Empfänger (Trimble 4000SST) auf dem Beifahrersitz. Die Antenne konnte nicht höher montiert werden, da vorbeistreichende Äste sie sonst gefährdet hätten.

keine Punktbestimmung mehr möglich. Loipenverläufe auf Waldwegen konnten ohne nochmalige Aufnahme direkt den numerischen Grundbuchdaten entnommen werden. Die verbleibenden Lücken von 9.7 km Loipenlänge wurden durch Bestimmung von Fixpunkten mit dem Rapid Static Verfahren (Empfänger von der Firma Lutz, Schmid & Co, Chur) und mit darauf bezogenen Theodolitmessungen aufgenommen.

Auswertungen

Die registrierten Rohdaten wurden in einem Post-Processing zusammen mit den Referenzdaten ausgewertet. Als Referenzstation diente die AGNES Station Davos (in der Nähe der Höhenforschungsstation installiert). Die Daten werden automatisch im Ein-Sekunden-Rhythmus registriert und zur L+T nach Bern transferiert. Zur Langzeitarchivierung werden dann nur die 30-Sekunden Daten abgelegt. Die Referenzdaten der AGNES-Stationen können bei der L+T über Netzverbindungen bezogen werden. Am GGL wurden mit einer speziellen, für komple-

xe kinematische Auswertungen konzipierten Software (Cocard, 1995) die Messungen ausgewertet. Die Koordinatenberechnungen erfolgten im Europäischen Referenzsystem bezüglich der Schweizer Realisierung CHTRF95 (Koordinatensatz der Schweizer Referenzpunkte im Europäischen System ETRS). Der Übergang auf CH1903+ Koordinaten erfolgt durch Translation mit den von der L+T definierten Parametern. Die Anpassung an die lokalen CH1903 Koordinaten konnte für die hier verfolgten Zwecke mit genügender Genauigkeit durch eine weitere Translation bewerkstelligt werden.

Die GPS-Lösungen zeigen die erwartete Streuung, die knapp den Anforderungen genügen. Vor allem verfälschen gelegentliche Ausreisser das Ergebnis ungebührlich. Um aus diesen Daten optimale Positionen zu extrahieren, wurde ein Filter entwickelt, das in konsistenter Weise Position, Geschwindigkeit und Beschleunigung schätzt. Dabei werden innerhalb von gleitenden Fenstern Polynome tiefen Grades bestimmt und für den Mittelpunkt die gewünschten Grössen berechnet. Im vorliegenden Fall wurde die Fenstergrösse so gewählt, dass jeweils 20 Nachbar-

punkte für die Berechnung an einer Stelle berücksichtigt wurden.

Konstruktion der Loipenflächen und Produktegenerierung

Auf Plots mit den Grunddaten und den ausgewerteten Linien wurde durch die Spezialisten des Loipenunterhaltes der genaue Loipentyp eingetragen, worauf die Loipenflächen auf dem LIS mit ADALIN konstruiert werden konnten. Diese wurden nochmals geplottet und gründlich kontrolliert.

Aus einem Mehrfachverschnitt der drei Ebenen Grundeigentum, Bodenbedeckung mit Wiese, Weide und Wege sowie den Loipenflächen ergab sich eine Liste, worauf pro Parzelle die Anteile Loipenfläche nach Bodenbedeckungsart getrennt ausgewiesen wurden. Diese Daten wurden in ein vorbereitetes FileMaker Dokument (Datenbank) übernommen und dort mit den Daten aus der Parzelleninformation wie Name und Adresse des Grundeigentümers ergänzt. Durch die Festlegung der Beiträge pro m² je Kulturart wurde in je einem Formular pro Parzelle der Entschädigungsbetrag direkt berechnet und ausgewiesen. Nach dem Versand an die Grundeigentümer und der Bereinigung einiger Einsprachen konnten

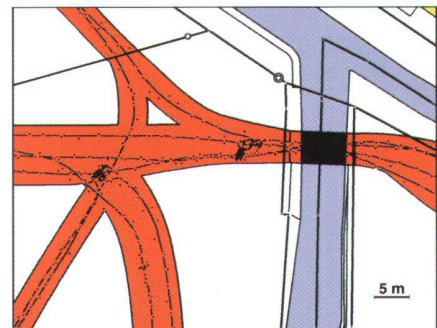


Abb. 2: Situation mit den Grunddaten aus der amtlichen Vermessung, den einzelnen Messpunkten sowie einer Verbindungsline über die geglätteten Punkte. Die Genauigkeit im Submeterbereich belegt die gute Qualität der gewählten Methode.

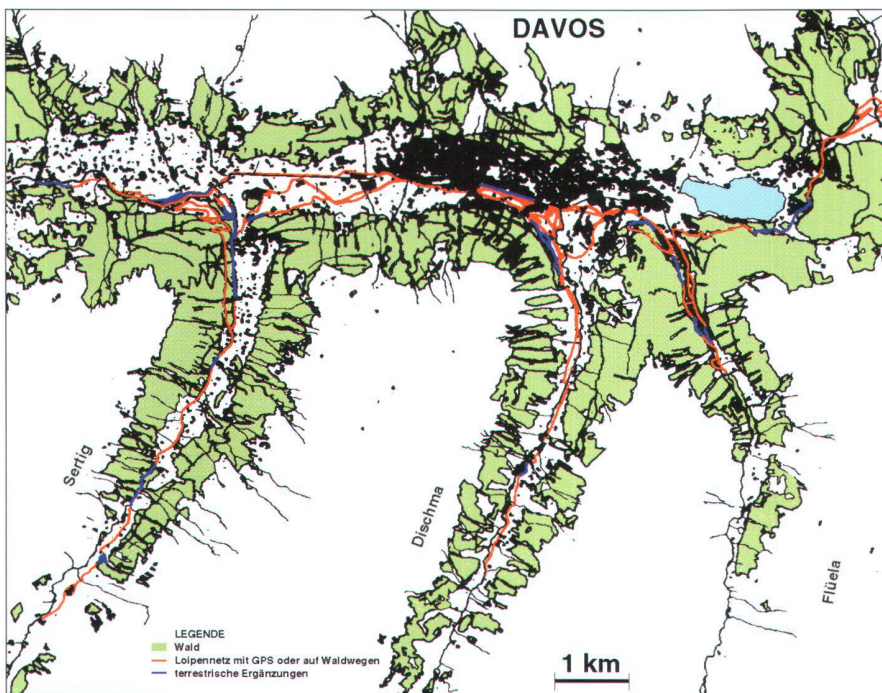


Abb. 3: Übersicht über das ganze Loipennetz von Davos. Unterschieden sind die Abschnitte mit kinematischer GPS-Aufnahme (rot) und mit kombinierten GPS/terrestrischen Lückenergänzungen (blau).

diesen Winter die Entschädigungen ausbezahlt werden.

Schlussfolgerungen

Das kinematische GPS-Verfahren hat sich auch in einer Gebirgsgegend als stabil erwiesen. Einige Satellitenempfangs-Ausfälle müssen in Kauf genommen werden.

Durch den Einsatz von statischem GPS und zusätzlichen klassischen Messungen, sind die Datenlücken einfach zu schließen. Hier könnten auch Kombinationslösungen mit Inertialsystemen weiterhelfen. Die Nutzung von permanenten Referenznetzen, insbesondere des AGNES, erleichtert die Arbeit erheblich, da kein Aufwand für die Installation und die Be-

treuung der Fix-Messstation mehr nötig ist. Echtzeit-Differential-Lösungen sind ebenfalls denkbar. Allerdings muss hier zusätzlich ein stabiler Datenlink sichergestellt werden. Durch eine zusätzliche Datenbearbeitung durch geeignete Filteralgorithmen können Genauigkeitsgewinne erzielt werden. Die hier angewendete Lösungsstrategie vom Messen bis zur Produktauslieferung hat sich vorzüglich bewährt.

Referenzen:

Cocard, M. (1995): High Precision GPS Processing In Kinematic Mode, Band 52, Schweizerische Geodätische Kommission.

AGNES, www.swisstopo.ch, L+T

Dr. Bruno Wirth
Ingenieurbüro Darnuzer
Vermessung und Photogrammetrie
Brämabüelstrasse 15
CH-7270 Davos Platz
e-mail: lisdavos@bluewin.ch

Dipl. Ing. Etienne Favey
Dr. Alain Geiger
Geodesy and Geodynamics Lab
Institut für Geodäsie und
Photogrammetrie
ETH-Hönggerberg
CH-8093 Zürich
e-mail: favey@geod.baug.ethz.ch
e-mail: geiger@geod.baug.ethz.ch

Wandeln Sie Ihr INTERLIS-Datenmodell in ein UML-Diagramm. Oder umgekehrt. Software herunterladen, testen.

Ihr Datenmodell als Diagramm!



EISENHUT INFORMATIK

Rosenweg 14 • CH-3303 Jegenstorf Tel 031 762 06 62 Fax 031 762 06 64 <http://www.eisenhutinformatik.ch>