

SmartStation von Leica Geosystems: Effizienzsteigerung durch neue Messtechnologie?

Jan Schmidt
und Michael Möser

Die SmartStation von Leica Geosystems ist als Kombination von Tachymeter und GPS-RTK-Rover die logische Weiterentwicklung auf dem Markt der geodätischen Sensoren. Sowohl die Bedienung des Instruments und als auch die Datenspeicherung sind integriert in einer gemeinsamen Benutzerführung und einer einheitlichen Datenbank. Der Beitrag untersucht, ob mit einer solchen Instrumentenkombination Effizienzsteigerungen möglich sind.



Abb.: LEICA GeoOffice

Einleitung

Die Firma Leica Geosystems hat im Februar 2004 eine völlig neu entwickelte Produktfamilie unter dem Namen Leica System 1200 der Öffentlichkeit vorgestellt. Hierbei ist es erstmals gelungen, Hard- und Softwarekomponenten der beiden parallel existierenden Messverfahren der Satellitengeodäsie (GPS1200) und der Tachymetrie (TPS1200) auf einer gemeinsamen Basis zu entwickeln. Das System zeichnet sich durch ein einheitliches Betriebssystem, identische Datenhaltung, gleiche Benutzeroberfläche und einheitliches Zubehör aus. Für dieses Konzept der Vereinheitlichung wurde der Begriff X-Function geprägt.

Das bedeutet für den Anwender, dass die Bedienung und Benutzerführung für alle Geräte des System 1200 völlig identisch über das große Grafikdisplay erfolgt, was einen Wechsel zwischen TPS und GPS ohne aufwändige Einarbeitung ermöglicht. Außerdem erfolgt die Speicherung al-

ler Messdaten und Berechnungen, egal von welchem Gerät, in einer Datenbank auf der CompactFlash Speicherkarte, die problemlos zwischen den Instrumenten getauscht werden kann. Das einheitliche Zubehör reicht von der Stromversorgung mittels Lithium-Ionen-Batterie über Ladegerät bis hin zur Fernbedienung der Tachymeter, welche sich durch ein Touchscreen und eine vollwertige alphanumerische Schreibmaschinentastatur auszeichnet und auch als Controller des GPS-Empfängers eingesetzt werden kann.

Ergänzt wird das System 1200 durch das Softwarepaket Leica Geo Office (LGO), mit dessen Hilfe TPS-, GPS- und Nivellement-Daten in einheitlicher Form ausgewertet, verwaltet und visualisiert werden können. Die grafische Benutzeroberfläche bietet die Grundlage für eine umfassende Qualitätskontrolle durch schnelle Prüfung der Daten auf Vollständigkeit. Durch das einheitliche Datenmanagement von TPS, GPS und LGO ist ein verlust-



Abb.: GPS1200



Abb.: TPS1200

freier durchgängiger Datenfluss zwischen allen drei Komponenten gewährleistet.

Bereits bei der Vorstellung von System 1200 tauchten vereinzelt Fragen auf, ob es nun nicht auch möglich sei, einen so genannten GPS-Tachymeter zu entwickeln. Diese Fragen wurden damals noch mit Kopfschütteln und Schulterzucken beantwortet aber nun, 1 Jahr später, im Januar 2005, stellt Leica ein Vermessungssystem vor, welches weltweit erstmals Tachymetrie und Satellitentechnik in einem Gerät vereint. Die SmartStation ist durch Kombination einer Totalstation mit einem GPS RTK-Rover die logische Weiterentwicklung von System 1200, wodurch sich neue Vermessungsmethoden mit veränderten Abläufen ergeben. Die Frage ist, wie sich diese Abläufe gestalten lassen, so dass eine Effizienzsteigerung möglich ist.

Was steckt hinter dem Begriff SmartStation?

Die oben beschriebene Entwicklung von System 1200 war die Voraussetzung für die Verwirklichung der Vision von Tom Stansell, dem damaligen Entwicklungschef von Magnavox, der 1983 prognostizierte, dass GPS im Jahr 2000, kombiniert mit herkömmlichen Tachymetern, ein integrierter Bestandteil einer jeden Vermessung sein wird. Wie sieht nun die erstmalige, vollumfängliche Verschmelzung von Tachymeter und GPS-System aus?



Abb.: SmartAntenna



Abb.: Adapter



Abb.: Kommunikationsmodul



Abb.: Kommunikationsseitendeckel

Die Basiskomponente der SmartStation ist eine beliebige Totalstation der Serie TPS1200. Der an diesem Gerät vorhandene Tragegriff wird durch einen speziellen Adapter ersetzt, welcher zur Befestigung der SmartAntenna in der Stehachse des Tachymeters benötigt wird. Außerdem bietet der Adapter noch die Möglichkeit, ein Kommunikationsmodul für den Empfang von GPS-Korrekturdaten aufzunehmen. Die einzige Modifikation, die der Serientachymeter erfährt, ist der Wechsel des Kommunikationsseitendeckels. Darin enthalten sind eine Bluetooth-Schnittstelle und eine Hotshoe-Verbindung zum Antennen-Adapter. Über diesen Seitendeckel erfolgt einerseits die Datenübergabe von GPS-Antenne und RTK Kommunikationsmodul an den Tachymeter und andererseits werden diese beiden Komponenten mit Strom der internen TPS Batterie versorgt. Die Bluetooth-Schnittstelle kann für die Datenübertragung zwischen Tachymeter und Rechner oder für die Übergabe von Korrekturdaten mittels eines GSM-Telefons mit einer ebensolchen Schnittstelle genutzt werden.

Die SmartAntenna ist ein 12 L1 + 12 L2 GPS Empfänger mit der aus dem GPS1200 bekannten SmartTrack Technologie, welche sich durch einen robusten Empfang und eine schnelle Satelliten-Akquisition auszeichnet. Als RTK Kommunikationsmodule können Funkmodems, GSM, GPRS und CDMA dienen, welche allesamt in ein, auf den Antennen-Adapter aufsteckbares, wetterfestes Gehäuse passen. Durch eine neue Firmware des Tachymeters kann die Bedienung der SmartStation ausschließlich über die TPS-Tastatur erfolgen. Außerdem übernimmt die Totalstation die Berechnung der GPS-Position mit den ebenfalls aus GPS1200 bekannten SmartCheck Algorithmen im kinematischen RTK-Modus mit einer Genauigkeit von 10 mm + 1 ppm in der Lage und 20 mm + 1 ppm in der Höhe.

Die SmartStation verfügt gegenüber einer Totalstation TPS1200 über zusätzliche Applikationen. Dies betrifft vor allem die Bereiche der Stationierung und Orientierung, wo es nun möglich ist, die Stationskoordinaten zusätzlich aus einer RTK-GPS Messung zu erhalten und eine Orientierungsmessung zu einem unbekanntem Anschlusspunkt durchzuführen. Welche Voraussetzungen hierfür nötig und welche Arbeitsabläufe denkbar sind, soll im Folgenden dargestellt werden.

Voraussetzungen für die Arbeit mit SmartStation

SmartStation bietet die Möglichkeit die Standpunktkoordinaten des Instrumentes über GPS im RTK-Modus zu bestimmen, d. h. die Position ist in kürzester Zeit mit hoher Genauigkeit verfügbar. Die weitere Detailpunktaufnahme kann dann in gewohnter Weise durch Polaraufnahme mit dem Tachymeter erfolgen. Hieraus lassen sich zwei wesentliche Grundvoraussetzungen ableiten. Zum einen müssen für die präzise GPS Positionierung Korrekturdaten einer Referenzstation vorliegen und zum anderen ist der Übergang vom globalen Koordinatensystem WGS84 der GPS-Messung in das lokale System der Tachymeterbeobachtungen erforderlich.



Der Bezug der Korrekturdaten lässt sich auf zwei Wegen realisieren, nämlich durch den Betrieb einer eigenen Referenzstation oder die Nutzung von Referenzstationsdiensten. Die Bereitstellung der Korrekturdaten über eine eigene Referenz ist mit höheren Investitionskosten verbunden, wobei keine laufenden Kosten anfallen. Jedoch bietet sich in Deutschland die sehr gute infrastrukturelle Ausstattung durch die zwei Referenzdienste SAPOS und ascos an.

Der Satellitenpositionierungsdienst der Deutschen Landesvermessung SAPOS stellt vier verschiedene Servicebereiche mit unterschiedlichen Eigenschaften und Genauigkeiten zur Verfügung. Von den angebotenen SAPOS-Diensten ist für den Bereich der Vermessung besonders der Hochpräzise Echtzeit Positionierungs-Service (HEPS) interessant. Mit einer erreichbaren Genauigkeit von 1–2 cm eignet er sich für den Einsatz in vielen Bereichen des Vermessungswesens. Er beruht auf dem Konzept der vernetzten Referenzstationen. Die dabei erzeugten Flächenkorrekturparameter bzw. Daten von Virtuellen Referenzstation werden mittels GSM-Mobilfunk an den Nutzer übermittelt. Für die Nutzung des Dienstes HEPS wird eine Gebühr von 0,10 € je Minute bei Abgabe der Korrekturdaten im Format RTCM2.3 über GSM erhoben. Zusätzlich sind die Gebühren des jeweiligen Mobilfunkbetreibers zu zahlen. Zur Verringerung der Mobilfunkgebühren hat zum Beispiel das Landesvermessungsamt Sachsen mit den beiden Providern D1 und D2 Gruppenverträge zur Einwahl in das SAPOS-System abgeschlossen, in welche sich die HEPS-Nutzer aufnehmen lassen können. Mit diesen Gruppenverträgen reduziert sich die Verbindungsgebühr auf etwa 0,06 € je Minute, so dass sich die laufenden Kosten bei Nutzung dieses Dienstes auf 0,16 € pro Minute aufsummieren.

Die E.ON Ruhrgas AG betreibt in Deutschland ein eigenes vernetztes Referenzstationssystem für die Anwendung satellitengeodätischer Verfahren bei Bau und Betrieb ihrer Versorgungseinrichtungen. Dieser firmeninterne Satellitenreferenzdienst ascos steht seit 2000 auch Dritten zur Verfügung. Geliefert werden Korrekturdaten für GPS und GLONASS in 2 Genauigkeitsklassen, von denen der Präzise Echtzeit Dienst (PED) Genauigkeiten von 2 cm bietet. Geliefert werden die Daten für eine virtuelle Referenzstation im RTCM-Format über Mobiltelefone nach dem GSM-Standard. Im Rahmen einer Zusammenarbeit mit der AdV kann E.ON Ruhrgas dabei neben den eigenen GPS+GLONASS Referenzstationen auch auf die Daten der SAPOS-Stationen der einzelnen Bundesländer zugreifen und ermöglicht so die bundesweite Verfügbarkeit der Korrekturdaten für den PED. Leider ist dieser Service für Sachsen derzeit (Januar 2005) noch nicht verfügbar. Die E.ON Ruhrgas AG bietet für den Bezug der Korrekturdaten des PED verschiedene Tarifmodelle an. So kann zwischen Standardtarif, einer Flatrate oder Pre-Paid-Paketen gewählt werden. Bei allen Tarifen sind die GSM-Verbindungskosten schon enthalten, es kann allerdings auch eine eigene GSM-Karte genutzt werden. In diesem Fall verringert sich der Minutenpreis im Standardtarif um 0,05 €. Es fallen im, mit dem SAPOS-Angebot vergleichbaren, Standardtarif Kosten von 0,25 € pro Minute an. Offensichtlich ist der ascos-Korrektur-

datendienst hier teurer als das SAPOS-Pendant. Interessanter sind die ascos-Volumentarife. So wird bereits bei Nutzung des 1-Monats-Tarif ein, dem SAPOS-Tarif gleichwertiger, Minutenpreis von 0,16 € erreicht. Mit dem Jahrestarif sinkt der Minutenpreis dann auf 0,11 €, ist also sogar günstiger als SAPOS. Für die Bearbeitung kleinerer Projekte oder Nutzer, die den Dienst nur kurzzeitig für wenige Anwendungen benötigen, bieten sich die Pre-Paid-Pakete an. Hierbei muss weder Grund- noch Einrichtungsgebühr bezahlt werden, allerdings ist der Preis pro Minute mit ca. 0,65–0,70 € deutlich höher. Insgesamt bietet das Tarifsysteem für den Bezug von ascos-Korrekturdaten mehr und bessere Möglichkeiten um den individuell besten Tarif für den jeweiligen Verwendungszweck zu finden.

Die zweite Voraussetzung für die Arbeit mit SmartStation ist die Verknüpfung von GPS und TPS Koordinaten. Die Ergebnisse von RTK-GPS-Messungen liegen zunächst im systemeigenen WGS84-Koordinatensystem vor. Die Nutzerkoordinatensysteme sind jedoch zumeist zweidimensionale Projektionskoordinatensysteme, welche um eine, am Schwerevektor orientierte, Höhenkomponente ergänzt werden. Es ist also notwendig, die im WGS84 erhaltenen Koordinaten in das gewünschte Nutzerkoordinatensystem zu überführen. Häufig beruhen die gewünschten Projektionskoordinaten auf lokal bestanschließenden Ellipsoiden, während das WGS84 auf dem geozentrischen GRS80-Ellipsoid beruht. Im Laufe der Transformation muss also der Übergang von einem Ellipsoid zum anderen erfolgen. Dieser Ellipsoidübergang geschieht im Normalfall durch eine dreidimensionale 7-Parameter-Helmerttransformation mit 3 Translationen, 3 Rotationen sowie einer Maßstabsanpassung.

Die Transformationsparameter können bei Vorliegen von einer ausreichenden Anzahl von Passpunkten, die in beiden Koordinatensystemen vorliegen und das Messgebiet umschließen, vorab z. B. mit LGO berechnet und auf der Speicherkarte des Gerätes abgelegt werden. Dadurch können die im WGS84 bestimmten Stationskoordinaten sofort geräteintern in das lokale Nutzersystem umgeformt werden. Wenn die Koordinaten der Passpunkte lediglich im lokalen System vorliegen, müssen die WGS84-Koordinaten vor Ort mittels GPS-Messung bestimmt und die Transformationsparameter direkt mit Hilfe des Applikationsprogrammes auf dem Tachymeter berechnet werden. SmartStation bietet zusätzlich die Möglichkeit, Landesspezifische Koordinatensysteme zu verarbeiten, welche für die Lage- und Höhenüberführung genutzt werden können. Sind weder Passpunkte noch Transformationsparameter vorhanden kann auf der SmartStation auch das einfache 1 Punkt 1 Schritt Koordinatensystem generiert werden. In diesem Zusammenhang bietet ascos einen interessanten Dienst an. PED-Trans bietet die Möglichkeit, die Korrekturdaten passpunktgenau in Echtzeit in das jeweils gültige Landessystem zu transformieren.

Realisierung des Lageanschlusses

Jede Vermessung hat zur Aufgabe, ein oder mehrere Objekte der realen Welt in ihrer Form und gegenseitigen



Lage zu erfassen. Zusätzlich besteht für viele Aufgaben die Notwendigkeit, den Anschluss an das jeweilige Landesbezugssystem herzustellen. Dieser Lageanschluss lässt sich je nach vorhandenem Instrumentarium unterschiedlich realisieren, wobei der bisherige Stand der Technik nur Messungen mit Tachymeter oder GPS-Empfänger zuließ. Die Verwendung einer Totalstation setzt das physische Vorhandensein von Festpunkten voraus. Hierbei ist zunächst zu klären, wo sich die Anschlusspunkte befinden, und mit welchem Messverfahren der Lageanschluss des Messobjektes erfolgen kann. Im Idealfall befinden sich in unmittelbarer Nähe des Vermessungsauftrages mindestens zwei Bezugspunkte mit deren Hilfe die Erfassung des gesamten Objektes erfolgen kann. Das Instrument kann auf einem bekannten Punkt stationiert und die Orientierung des Teilkreises durch Messung der Horizontalrichtung zu dem zweiten Punkt hergestellt werden. Sind zwei oder mehr Bezugspunkte vorhanden, kann die Bestimmung der Stationskoordinate auch über eine freie Standpunktwahl erfolgen, vorausgesetzt, die geometrischen Bedingungen lassen dieses Verfahren zu. Der Vorteil hierbei ist, dass die Lage des Instrumentenstandpunktes flexibler gestaltet werden kann. Beide Methoden lassen sich mit geringem materiellen Aufwand durchführen, da lediglich eine einfache Tachymeterausrüstung erforderlich ist.

Aufwändiger gestaltet sich der Lageanschluss, wenn die Festpunkte weit entfernt vom Messobjekt gelegen sind oder die eigentlich vorhandenen zerstört oder nicht auffindbar. Hier ist die Messung eines Polygonzuges unvermeidbar, dessen Wirtschaftlichkeit mit zunehmender Länge abnimmt. Die materiellen Kosten sind nicht bedeutend höher als bei den zuerst genannten Verfahren, aber die personellen Kosten können bei langen Polygonzügen sehr schnell anwachsen.

Hierzu noch einige Anmerkungen zur derzeitigen Festpunktdichte am Beispiel des Bundeslandes Sachsen. Derzeit sind in Sachsen ca. 19 000 Raumbezugsfestpunkte (RBP) örtlich vorhanden und koordinatenmäßig bestimmt. Dies entspricht einer durchschnittlichen Punktdichte von 1 RBP/km². In den nächsten Jahren soll jedoch die Anzahl der Bodenfestpunkte erheblich verringert werden. Begründet wird dies mit der veränderten Messtechnik und den Unterhaltskosten für die Laufendhaltung der Festpunkte. Erhalten werden soll ein Festpunktfeld von ca. 5000 RBP, welches in seiner Genauigkeit und Zuverlässigkeit, der Verteilung der RBP und der Punktzahl an moderne Vermessungsverfahren angepasst wird. Diese Tatsache erfordert ein Umdenken dahingehend, wie der Lageanschluss zukünftig realisiert werden kann.

Der große Vorteil satellitengestützter Messverfahren liegt darin, dass die Einzelpunktbestimmung unabhängig von vorhandenen Bezugspunkten erfolgen kann, da hierbei die „Festpunkte“ durch die Satelliten realisiert werden. Es ist aber auch bei diesen Verfahren erforderlich, „Sicht“ zu den Festpunkten zu haben, d. h. der Antennenstandpunkt sollte so gewählt werden, dass gute Bedingungen für den Empfang der erforderlichen Satellitensignale gewährleistet sind. Hier zeigt sich der Nachteil dieses Verfahrens für die Detailaufnahme. In Gebieten mit viel Abschattung durch Bewuchs, Bebauung oder topographische Gegebenheiten wird immer ein gewisser Prozentsatz der

Neupunkte mit dem Tachymeter bestimmt werden müssen. Dies bedeutet wiederum, dass die Totalstation aus vielen Anwendungen nicht wegzudenken ist, auch wenn GPS immer breitere Anwendung findet. Damit verdoppeln sich etwa die Investitionskosten da Tachymeter und GPS-Empfänger gekauft werden müssen.

Die Koordinierung einiger weniger Punkte als Grundlage für eine spätere Detailaufnahme kann entweder im Post-processing oder mittels RTK erfolgen. Da die geforderte Genauigkeit nur durch differenzielle Verfahren gewährleistet ist, stellt sich auch hier wieder die Frage auf welche Weise Referenzstationsdaten genutzt werden können. Wie bereits oben erwähnt ist der Betrieb einer eigenen Referenzstation mit höheren Investitionskosten verbunden, was sicher nur dann Sinn macht, wenn viele Rover im Einsatz oder permanente Messungen erforderlich sind. Ansonsten kann man auf die Dienste der Referenzstationsbetreiber zurückgreifen, da hier nur in eine GPS-Ausrüstung investiert werden muss. Der Vorteil der Aufnahme mittels RTK ist, dass die Punktkoordinaten innerhalb weniger Minuten vorliegen, was die personellen Kosten erheblich senkt und zweitens können die Koordinaten bei Vorhandensein entsprechender Transformationsparameter sofort in das ebene lokale Bezugssystem umgewandelt werden, um eventuell notwendige Ergänzungsmessungen mittels Totalstation auszuführen.

Wie in den vorangegangenen Absätzen beschrieben wurde, hat jedes der aufgeführten Verfahren zur Realisierung des Lageanschlusses und nachfolgender Detailpunktaufnahme seine Vor- und Nachteile. Die Frage ist nun, ob sich die jeweiligen Nachteile durch die Kombination von Tachymetrie und Satellitentechnik in der SmartStation aufheben. Hier erfolgt die Bestimmung der Standpunktkoordinaten über RTK, d. h. schnelle Verfügbarkeit im oben angegebenen Genauigkeitsrahmen und Transformation des Ergebnisses in das lokale Koordinatensystem, wobei die Wahl des Instrumentenstandpunktes unabhängig von vorhandenen Bodenfestpunkten erfolgen kann. Es gibt nur zwei Bedingungen, die erfüllt werden müssen. Erstens muss der Instrumentenstandpunkt GPS-tauglich und zweitens der Empfang von Korrekturdaten einer Referenzstation oder eines Referenzstationsnetzes gewährleistet sein. Die anschließende Aufnahme der Detailpunkte erfolgt mittels Tachymetrie, wodurch eine effektive Erfassung aller vom Standpunkt aus sichtbarer Objekte sichergestellt ist.

Die Entscheidung, welches Verfahren zur Anwendung kommen soll, ist stark von der materiellen Ausstattung und damit auch von den jeweiligen Investitionskosten in die entsprechende Technik abhängig. Tatsache ist, dass sehr viele Aufgaben den Einsatz einer Totalstation erfordern. Die Kosten für einen Tachymeter variieren je nach Genauigkeit und Ausstattung sehr stark, müssen pauschal aber mit 20 000 € angenommen werden. Wie oben gezeigt, lassen sich unter bestimmten Voraussetzungen die geforderten Lageanschlüsse mit dieser Geräteausstattung nur sehr schwer und kostenaufwändig realisieren. Eine praktikable Alternative stellt die Herstellung des Lagebezuges über GPS dar. Der Preis eines vollwertigen RTK-tauglichen GPS Empfängers mit entsprechender Antenne und Kommunikationseinrichtung für den Korrektur-



datenempfang lässt sich pauschal ebenfalls mit ca. 20 000 € beziffern. Die SmartStation ermöglicht durch Kombination von TPS und GPS in einem Gerät die Zusammenführung der Vorteile von Satellitengeodäsie und Tachymetrie. In Abhängigkeit von der jeweiligen Ausstattung des Tachymeters, welcher als Basis für die SmartStation erforderlich ist, kann dieses Gerät für ca. 30 000 € erworben werden. Das bedeutet, dass für einen Mehrpreis von ca. 10 000 € jede Vermessungsaufgabe unabhängig vom vorhandenen Festpunktfeld schnell und kostengünstig durchgeführt werden kann.

Orientierungsmöglichkeiten mit der SmartStation

Die Bestimmung der Stationskoordinaten mit der SmartStation ist innerhalb weniger Minuten möglich. Erste Tests am Geodätischen Institut der Technischen Universität Dresden haben gezeigt, dass die SmartAntenna zum Tracken der zur Verfügung stehenden Satellitensignale etwa 1 min 30 sec benötigt. Nach dem Aufbau der GSM-Verbindung für den Empfang der RTK-Korrekturdaten ist die Bestimmung der Standpunktkoordinaten innerhalb 30 sec mit Zentimetergenauigkeit abgeschlossen. Das bedeutet, dass bereits nach etwa 2 Minuten die tachymetrische Detailpunktaufnahme erfolgen kann. Konfiguriert man die SmartStation so, dass die SmartAntenna be-

reits bei Einschalten des Instrumentes mit dem Satelliten-tracking beginnt, steht die Standpunktcoordinate nach Horizontierung, Projektauswahl und Eingabe der Standpunktinformationen sofort zur Verfügung. Die weiteren Messaufgaben können dann ohne Verzögerung durchgeführt werden.

Für die Realisierung des Lageanschlusses ist allerdings noch die Orientierung des Horizontalkreises im lokalen Bezugssystem erforderlich. Hierfür können je nach örtlichen Gegebenheiten verschiedene Optionen gewählt werden. Sind im Messgebiet Lagefestpunkte vorhanden, kann im Anschluss an die GPS Stationierung eine Orientierungsmessung zu einem bekannten Anschlusspunkt durchgeführt werden. Dieses Verfahren hat den Vorteil, dass der Instrumentenstandpunkt in eine für den Auftrag optimale Position gelegt werden kann, wobei lediglich darauf zu achten ist, dass ausreichend Satellitensignale empfangen werden können und der Orientierungspunkt sichtbar ist. Die aufgenommenen Einzelpunkte liegen zudem sofort mit ihren endgültigen Koordinaten im lokalen Bezugssystem vor.

Sind in unmittelbarer Nähe des Messobjektes keine Festpunkte vorhanden, kann die Orientierungsmessung zu einem unbekanntem Anschlusspunkt erfolgen, dessen Koordinaten zu einem späteren Zeitpunkt ebenfalls mit der SmartStation über GPS bestimmt werden. Hierfür ist lediglich eine Messung zu einem zweiten, am besten mit Stativ und Reflektor signalisierten, Punkt erforderlich. Die Koordinaten der Neupunkte, die von der ersten Station aufgenommen wurden, liegen jetzt noch nicht in endgültiger Form vor. Erst wenn der zuvor unbekanntem Anschlusspunkt durch SmartStation koordinatenmäßig bestimmt ist, können alle Messungen des ersten Standpunktes aktualisiert werden, wodurch jetzt alle Neupunkte mit ihren endgültigen Koordinaten im lokalen Bezugssystem vorliegen.

Die Positionen der einzelnen Instrumentenstandpunkte lassen sich im Bezug auf das Vermessungsobjekt noch flexibler gestalten, wenn diese keine direkte Sichte zueinander besitzen. Hierbei erfolgt die Orientierungsmessung wiederum zu einem unbekanntem Anschlusspunkt, der aber nun nicht durch eine GPS-Messung koordiniert wird, sondern zu dem lediglich von mindestens zwei Aufstellungen mit SmartStation eine Richtungs- und Streckenmessung erfolgen muss. Die Berechnung der Koordinaten des Anschlusspunktes kann unter anderem unter Nutzung der COGO-Funktion Bogenschnitt erfolgen. Für die Entscheidung, welche der beiden Bogenschlagergeb-



Abb.: SmartStation

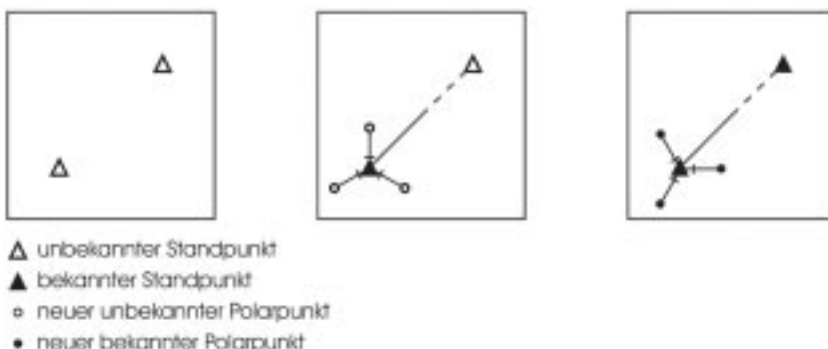


Abb.: Funktion „unbekannter Anschlusspunkt“

nisse dieses Verfahrens die der Örtlichkeit entsprechende ist, ist das Vorhandensein des großen Grafikdisplays sehr hilfreich. Hier werden die zwei möglichen Berechnungsergebnisse dargestellt und es kann der Punkt, welcher der richtigen Lösung entspricht ausgewählt und gespeichert werden. Liegen nun die Koordinaten des bisher unbekanntem Anschlusspunktes vor, können alle bis dahin aufgenommenen Neupunktkoordinaten in ihrer endgültigen Lage brechnet werden.

Testobjekt Münchner Platz in Dresden

Mit diesem Test soll die Situation „Gebiet mit unzureichender Lagefestpunktabdeckung“ simuliert werden. Folgende Verfahren kamen hierbei zur Anwendung:

- Polaraufnahme mit vorangehendem Polygonzug zur Punktverdichtung
- Einzelpunktaufnahme mit RTK und Nachmessungen mit Tachymeter
- Polaraufnahme mit der SmartStation

Aufgabe für diesen Test ist die Aufnahme eines Lageplanes. Das gewählte Testgelände befindet sich im Süden Dresdens in einer typischen Wohngegend. Es handelt sich dabei um einen mit Bäumen bewachsenen, von Häusern umsäumten Platz von etwa 100 m × 200 m. Dieses Gebiet wurde ausgewählt, um die GPS-Verfahren in einer typischen städtischen Abschattungssituation mit den terrestrischen Methoden vergleichen zu können.

Trotz eines reell vorhandenen AP-Feldes wird für diesen Test angenommen, dass in der unmittelbaren Umgebung keine Anschlusspunkte vorhanden sind. Die Koordinaten der Instrumentenstandpunkte für die terrestrische Aufnahme wurden deshalb mit einem zweiseitig angeschlossenen Polygonzug von etwa 700 m Länge mit 2 Neupunkten im Bereich des Messgebietes bestimmt. Es folgte die Polaraufnahme aller relevanten Geländepunkte von mehreren Standpunkten aus. Beim Verfahren RTK-GPS und SmartStation erfolgte die Standpunktbestimmung natürlich per GPS.

Die Polaraufnahme des Testprojekts „Münchner Platz“ erfolgte mit einem Tachymeter vom Typ TCRP1203 der Firma Leica Geosystems. Dabei handelt es sich um einen vollmotorisierten, zielsuchenden Tachymeter mittlerer Genauigkeit. Die verwendete Version verfügte nicht über die RCS Fernsteuerung, so dass im klassischen 2-Mann-Verfahren mit einem Reflektorträger und einem Bediener am Instrument gearbeitet wurde. Während der tachymetrischen Einzelpunktaufnahme wurden insgesamt 410 Punkte von 4 Instrumentenstandpunkten aufgemessen. Die Gesamtmessdauer von 320 min setzt sich zusam-



Abb.: Münchner Platz – Ansicht von Süd-Ost

men aus der Polygonzugmessung zur Punktverdichtung mit 90 min Dauer und der eigentlichen Aufnahme mit einer Dauer von 230 min. Da im 2-Mann-Trupp gearbeitet wurde, ergibt sich eine Gesamtmessdauer von 640 Personenminuten.

Für die RTK-Einzelpunktaufnahme wurde das System GPS500 von Leica Geosystems verwendet. Es besteht aus dem RTK-fähigen Empfänger SR530, der Antenne AT502 am Lotstock sowie Funkmodem zum Empfang der Korrekturdaten. In diesem Fall wurde eine eigene Referenzstation und Übertragung der Korrekturdaten via 70 cm Funk gewählt. Genauso wäre jedoch die Nutzung von fremden Korrekturdaten wie SAPOS oder ascos via GSM-Datenübertragung möglich gewesen. Aufgrund der Abschattung durch Bäume und umstehende Häuser gelang es mit der RTK-Ausrüstung lediglich 150 Einzelpunkte zu bestimmen. Dies entspricht etwa 37 %. Die dafür notwendige Arbeitszeit betrug aufgrund zahlreicher Satellitenverluste und der damit verbundenen erforderlichen Neuinitialisierung 150 min. Daher war es erforderlich, 63 % der Einzelpunkte tachymetrisch nachzumessen. Dafür wurden weitere 156 min benötigt. Da die Ergänzungsmessungen im 2-Mann-Verfahren erfolgten, ergibt sich für diese Messmethode eine Gesamtdauer von 462 Personenminuten.

Für die Aufnahme des Testobjekts „Münchner Platz“ mit SmartStation wurden insgesamt drei Instrumentenstandpunkte genutzt. Dabei wurde die neue Funktion „Orientierung zu unbekanntem Anschlusspunkt“ verwendet. Bei dieser Vorgehensweise wird der zunächst unbekanntem Anschlusspunkt mit einem willkürlich gewählten Azimut vom per GPS koordinierten Instrumentenstandpunkt aus angemessen. Es folgt die Polaraufnahme der von Stand-

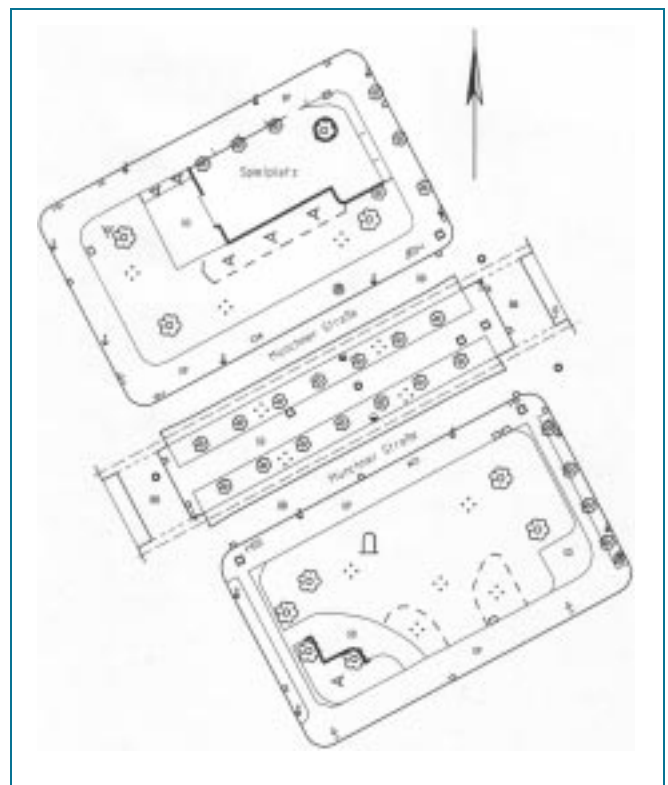


Abb.: Lageplan „Münchner Platz“

punkt 1 sichtbaren Einzelpunkte. Danach wird die SmartStation auf dem Anschlusspunkt aufgebaut und durch RTK-GPS die Position bestimmt. Aus den nun vorhandenen Koordinaten für Standpunkt 1 und 2 wird der Richtungswinkel zwischen den Instrumentenaufstellungen berechnet und die von Standpunkt 1 aufgenommenen Einzelpunkte werden durch eine Rotation um die Z-Achse in die richtige Lage gedreht. Für die Orientierung der Instrumentenaufstellungen 2 und 3 steht durch den vorhergehenden Standpunkt jeweils ein bekannter Anschlusspunkt zur Verfügung. Die Aufnahme der Einzelpunkte erfolgte mittels 360° Prisma, RX1220 Fernsteuerung und RadioHandle im 1-Mann-Verfahren. Es ergab sich eine Gesamtmessdauer von 270 Minuten für 410 Punkte.

Zur Anfertigung des abgebildeten Lageplans wurden ca. 400 Einzelpunkte mit jedem der oben genannten Messverfahren aufgenommen. Dabei ergaben sich teilweise beträchtliche Unterschiede in der Gesamtmessdauer. Die Projektbearbeitung verursacht bei Nutzung eines Tachymeters die geringsten materiellen und laufenden Kosten, wohingegen die personellen Kosten (in Personenminuten) sehr hoch sind. Die Ausführung der Vermessung ausschließlich mit RTK-GPS war unter den gegebenen Bedingungen nicht möglich, wodurch in diesem Vergleich die materiellen Kosten am höchsten sind, da eine Nachmessung mit Tachymeter unumgänglich war und somit zwei Geräteausrüstungen genutzt werden mussten. Die laufenden Kosten können bei einer Einzelpunktbestimmung über RTK unter Nutzung von Korrekturdaten eines Referenzstationsdienstes, die über GSM empfangen werden, schnell hohe Beträge annehmen. Dies ließe sich durch die Korrekturdatenübermittlung via 70 cm-Funk umgehen, wobei hier die Reichweite stark eingeschränkt ist, was den Betrieb einer eigenen Referenz in der Nähe des Messobjektes zur Folge hat und damit die materiellen Kosten nochmals in die Höhe treibt. Die personellen Kosten sind hier jedoch geringer als bei der reinen tachymetrischen Erfassung, da die RTK-Aufnahme nur durch eine Person ausgeführt werden kann. Bei der Durchführung der Stationierung mit SmartStation und anschließender Detailaufnahme im 1-Mann-Verfahren liegen die materiellen Kosten zwischen denen der beiden oben beschriebenen Methoden. Die laufenden Kosten aus dem Korrekturdatenempfang lassen sich auf ein Minimum reduzieren, da dieser nur für die Stationierung erforderlich ist. Die personellen Kosten, verdeutlicht durch die benötigten Personenminuten sind sehr gering, da das gesamte Projekt von nur einem Bearbeiter durchgeführt werden konnte. Das Kostenverhältnis der oben beschriebenen Verfahren ist für dieses Projekt in nachfolgender Tabelle noch einmal übersichtsweise zusammengestellt.

	Kosten		
	materiell	laufend	personell
Tachymeter	ca. 20 000 €	0 €	ca. 350 €
RTK + Tachymeter	ca. 40 000 €	30 €	ca. 250 €
SmartStation	ca. 30 000 €	1 €	ca. 150 €

Weitere Praxistests

Zusätzlich zu dem oben beschriebenen Projekt bestand die Möglichkeit, die SmartStation im Vermessungsbüro ÖbVI Wolfgang Schultz in Cottbus auf ihre Einsatzmöglichkeiten im praktischen Vermessungsalltag hin zu untersuchen. Dazu wurde eine Gebäudeeinmessung für das Liegenschaftskataster durchgeführt. Da hier keine vermarkten Festpunkte zur Verfügung standen, erfolgte die Stationierung der SmartStation über GPS mit anschließender Orientierung zu einem zunächst unbekanntem Anschlusspunkt. nach Erfassung aller sichtbaren Gebäudeecken vom ersten Standpunkt aus, wurden die Koordinaten des zweiten Punktes ebenfalls über GPS bestimmt, wonach alle bisher aufgenommenen Neupunkte im Nutzerkoordinatensystem vorlagen. Zusätzlich konnten jetzt koordinatenmäßig bekannte Grenzpunkte abgesteckt, aufgesucht und deren Lage überprüft werden. Mit Tachymetrie wäre hier eine sehr zeitaufwändige Messung eines Polygonzuges erforderlich gewesen, da die nächsten Aufnahmepunkte auch noch durch Straßenbaumaßnahmen vernechtet waren.

Eine zweite Aufgabe bestand darin, eine neu verlegte Gasleitung im Bereich einer Mülldeponie lagemäßig zu erfassen. Die Anlage und Unterhaltung eines Festpunktfeldes ist hier nur schwer zu realisieren und mit hohen Kosten verbunden. Für die tachymetrische Einzelpunktaufnahme waren aufgrund der örtlichen Gegebenheiten zwei Instrumentenaufstellungen erforderlich. Auch bei diesem Projekt erfolgte die Stationierung und Orientierung nach dem oben beschriebenen Verfahren über GPS und unbekanntem Anschlusspunkt. Durch die Realisierung der 1-Mann-Methode konnte der Auftrag schnell und kostengünstig abgearbeitet werden.

Literatur

- [1] <http://ascos.ruhrgas.de/>
- [2] http://www.leica-geosystems.com/media/new/product_solution/SmartStation_White_Paper.pdf
- [3] http://www.lverma.smi.sachsen.de/produkte/raumbezug/sapos/index_sapos.html
- [4] http://www.lverma.smi.sachsen.de/produkte/raumbezug/lage/index_lage.html

Adresse der Autoren:
 Dipl.-Ing. Jan Schmidt und
 Prof. Dr.-Ing. habil. Michael Möser,
 Technische Universität Dresden,
 Geodätisches Institut,
 Lehrstuhl für Ingenieurgeodäsie,
 Helmholtzstraße 10,
 D-01069 Dresden



Zusammenfassung

Leica Geosystems ist es erstmals gelungen dem Nutzer ein Vermessungssystem zur Verfügung zu stellen, welches, basierend auf dem System 1200, TPS und GPS in einem Gerät vereint. Die damit verbundenen Synergieeffekte lassen sich wie folgt beschreiben. Der Tachymeter, welcher eine effektive Aufnahme von Detailpunkten ermöglicht, erhält seine Stationskoordinaten schnell, genau und kostengünstig über RTK-GPS. Durch den sehr guten Ausbau des Referenzstationsnetzes in Deutschland können Korrekturdaten vernetzter Referenzstationen relativ preiswert von SAPOS oder ascos bezogen werden. Für die Orientierung des Teilkreises stehen verschiedene Möglichkeiten zur Verfügung, wobei im ungünstigsten Fall maximal zwei Koordinatenbestimmungen über GPS erforderlich sind. Der Übergang von WGS84 in das Nutzerkoordinatensystem lässt sich durch die Hinterlegung von Transformationsparametern oder Bestimmung dieser in der Örtlichkeit realisieren. Der modulare Aufbau des Instrumentes erlaubt das Aufrüsten eines jeden Tachymeters des System 1200 zur SmartStation zum halben Preis einer vollwertigen GPS-Ausrüstung. Außerdem ist ein schneller Wechsel zur 1-Mann-Totalstation durch Austausch der SmartAntenna gegen das neue RadioHandle möglich. Erste Praxistests an der TU Dresden und im Vermessungsbüro ÖbVI Schultz in Cottbus haben gezeigt, dass durch den Einsatz der SmartStation viele Vermessungsaufgaben effektiver gelöst werden können als bisher.

Summary

For the first time Leica Geosystems has developed a surveying system, which is based on the system 1200, that combines TPS and GPS in an instrument. The synergies can be described as follows. The total station, which makes an effective admission of points of detail possible, gets its station coordinates fast, exact and inexpensively from RTK-GPS. By the very good development of the reference station network in Germany, correction data can be used relatively inexpensive by SAPOS or ascos. For the orientation of the horizontal circle different possibilities are available, whereby in the worst case maximally two coordinate regulations over GPS are necessary. The transition of WGS84 to the user coordinate system can be realized by the deposit of transformation parameters or determination of these during the measurement. The modular structure of the instrument permits an upgrade of each total station of the system 1200 to the SmartStation at the half price of an adequate GPS-equipment. In addition a fast change to the one-man-total station by exchange of the SmartAntenna against the new RadioHandle is possible. First practice tests showed that by the employment of the SmartStation many measurement tasks can be more effectively solved than so far.