

Neue Technologien mit Leica-SmartStation

Jan Schmidt und Michael Möser
Technische Universität Dresden
Geodätisches Institut
Professur Ingenieurgeodäsie
Helmholtzstraße 10
01069 Dresden

1 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.

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 nur ein 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.

2 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 (Leica Geosystems). Wie sieht nun die erstmalige, vollumfängliche Verschmelzung von Tachymeter und GPS-System aus?

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 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.

3 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. 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.

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.

4 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. 19000 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 (LV Sachsen 1). 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.

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.

5 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 bereits bei Einschalten des Instrumentes mit dem Satellitentracking beginnt, steht die Standpunktkoordinate 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. 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 Richtungsmessung zu einem zweiten, am besten mit Stativ und Reflektor signalisierten, Punkt erforderlich. Die Positionen der einzelnen Instrumentenstandpunkte lassen sich in Bezug auf das Vermessungsobjekt noch flexibler gestalten, wenn diese keine direkte Sicht 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 nun unter Nutzung der COGO-Funktion Bogenschnitt erfolgen.

6 Praktische Untersuchungen

6.1 Lageplan: Testobjekt Münchner Platz in Dresden

Mit diesem Test soll die Situation „Gebiet mit unzureichender Lagefestpunktdeckung“ 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

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 100m x 200m. Dieses Gebiet wurde ausgewählt, um die GPS-Verfahren in einer typischen städtischen Abschattungssituation mit den terrestrischen Methoden vergleichen zu können.

Die Polaraufnahme des Testprojekts „Münchner Platz“ erfolgte mit einem Tachymeter vom Typ TCRP1203 der Firma Leica Geosystems. Die Punktverdichtung für die terrestrische Aufnahme wurde durch einen zweiseitig angeschlossenen Polygonzug von etwa 700m Länge mit 2 Neupunkten im Bereich des Messgebietes realisiert. Während der tachymetrischen Einzelpunktaufnahme wurden insgesamt 410 Punkte von 4 Instrumentenstandpunkten aufgemessen. Die Gesamtmessdauer von 320 min setzt sich zusammen aus der Polygonzugmessung zur Punktverdichtung mit 90 min Dauer und der eigentlichen Aufnahme mit einer Dauer von 255 min. Da für die Polygonzugmessung im 2-Mann-Trupp gearbeitet wurde, wohingegen die Aufnahme der Detailpunkte mittels Fernsteuerung durch nur eine Person erfolgte, ergibt sich eine Gesamtmessdauer von 435 Personenminuten.

Für die RTK – Einzelpunktaufnahme wurde das System GPS500 von Leica Geosystems verwendet. 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 160 min benötigt. Da die Ergänzungsmessungen auch hierbei im 1-Mann-Verfahren erfolgten, ergibt sich für diese Messmethode eine Gesamtdauer von 310 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. Die Aufnahme der Einzelpunkte erfolgte mittels 360° Prisma, RX1220 Fernsteuerung und RadioHandle im 1-Mann-Verfahren. Es ergab sich eine Gesamtmessdauer für Sta-

tionierung, Orientierung und Erfassung der Einzelpunkte von 270 Minuten für 410 Punkte.

6.2 Baulagenetz und Absteckung

Die Erstellung von Lageplänen stellt sicher nur ein kleines Teilgebiet der geodätischen Arbeiten dar. Aus diesem Grund sollen im Folgenden die Einsatzmöglichkeiten der SmartStation in der baubegleitenden Vermessung betrachtet werden. Hierbei geht es vor allem darum, ausgehend von einem neu anzulegenden Baulagenetz im Rahmen von Absteckungsarbeiten diskrete Punkte der Projektierung in das Gelände zu übertragen.

An einem derzeit laufenden Bauvorhaben wurden die bereits bestehenden Koordinaten der vorhandenen Netzpunkte durch eine Neumessung mit SmartStation bestimmt. Um eine hohe innere Genauigkeit zu erhalten erfolgte die Berechnung der Koordinaten in einer freien Netzausgleichung des klassischen Richtungs- und Streckennetzes, was auch der bisherigen Vorgehensweise entsprach. Das setzt das Vorhandensein der entsprechenden Beobachtungen (Richtungen und Strecken) von jedem Standpunkt zu jedem möglichen Zielpunkt voraus, wodurch sich ein hoher Messungsaufwand ergibt. Bei dem kombinierten Einsatz von Tachymetrie und Satellitengeodäsie sind allerdings zwei Vorteile erkennbar. Zum einen ist der Anschluss des zumeist lokalen Baulagenetzes an ein übergeordnetes Landeskoordinatensystem sehr schnell realisierbar. Hierfür müssen lediglich einige Netzpunkt gute Empfangsbedingungen für GPS-Signale aufweisen. Die jeweilige GPS-Messung erfolgt dann im Zuge der klassischen Netzmessung auf den entsprechenden Instrumentenstandpunkten. Zum anderen ist die Möglichkeit der Kontrolle der Koordinaten der Netzpunkte durch ein zweites unabhängiges Messverfahren gegeben.

Eine noch zu klärende Frage ist, ob die umfangreiche Anlage eines klassischen Baulagenetzes bei dem durchgehenden Einsatz der SmartStation an einem Bauvorhaben überhaupt notwendig ist. Vielleicht ist die Koordinatenbestimmung einiger weniger Punkte ausreichend, über die der Teilkreis des Tachymeters nach erfolgter GPS-Messung orientiert bzw. eine Kontrolle der Stationierung durchgeführt werden kann.

Auch für die Absteckung diskreter Objektpunkte sind durch den Einsatz der neuen Technologie andere Arbeitsabläufe denkbar. Der Vorteil liegt hierbei in der hohen Flexibilität der Lage der Instrumentenstandpunkte, welche relativ unabhängig vom vorhandenen Festpunktfeld festgelegt werden kann. Durch die unterschiedlichen, weiter oben bereits vorgestellten, Verfahren der Teilkreisorientierung erfolgt die eigentliche Messaufgabe, die Übertragung vorgegebener Objektpunkte in das Gelände, schneller und zwar unabhängig von aktuellem Zustand, Erreichbarkeit bzw. Sichtbarkeit der Netzpunkte. Neben der effizienten

Arbeitsweise spielt allerdings auch die erreichbare Genauigkeit eine große Rolle. Da die Stationierung und gegebenenfalls auch die Orientierung der SmartStation mittels RTK-GPS erfolgt, ist zu klären, mit welcher Genauigkeit die Absteckung realisiert werden kann. Hierzu wurden in einem vorhandenen Baulage-netz, welches als Richtungs- und Streckennetz aufgebaut ist, erste praktische Erfahrungen gesammelt. Nach einer Freien Stationierung erfolgte die Übertragung der Koordinaten eines beliebig gewählten Punktes mit Hilfe des Polarverfahrens. Der so abgesteckte Punkt diente als Sollpunkt für die Arbeiten mit der SmartStation. Die Lagedifferenzen der nach erfolgter GPS-Stationierung abgesteckten Punkte lagen sowohl bei Orientierung nach vorhandenem Festpunkt als auch bei Orientierung nach zunächst unbekanntem Anschlusspunkt unter 5mm. Dieser Wert zeigt, dass die neue Technologie neben einem sehr effizienten Arbeiten ein für viele Aufgaben ausreichendes Genauigkeitspotential erreicht.

7 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. Außerdem ist ein schneller Wechsel zur 1-Mann-Totalstation durch Austausch der SmartAntenna gegen das neue RadioHandle möglich. Erste Praxistests an der TU Dresden haben gezeigt, dass durch den Einsatz der SmartStation viele Vermessungsaufgaben effektiver gelöst werden können als bisher.

8 Literatur

Leica Geosystems: http://www.leica-geosystems.com/media/new/product_solution/SmartStation_White_Paper.pdf
(17.03.2005)

LV Sachsen: http://landesvermessung.sachsen.de/produkte/raumbezug/lage/index_lage.html (19.12.2005)