

Schutz vor Datenmanipulation beim Aufmaß für die Bauabrechnung

FA 2.210

Forschungsstelle: Universität Stuttgart, Institut für Anwendungen der Geodäsie im Bauwesen (Prof. Dr.-Ing. W. Möhlenbrink)

Bearbeiter: Ramm, K. / Kuhlmann, H.

Auftraggeber: Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen, Bonn

Abschluss: Mai 2002

1. Aufgabenstellung

Durch das gemeinsame Aufmaß werden im Bauwesen Daten gewonnen, die wesentliche Grundlage für die Bauabrechnung

sind [VOB Teil B 2000, § 14]. Zur vermessungstechnischen Datenerfassung werden heutzutage elektronische Messsysteme verwendet. Für die Bauabrechnung kommen die Messverfahren der Tachymetrie, des Nivellements und des differenziellen GPS in Echtzeit (RTK – Real Time Kinematic) zum Einsatz. Die Verwendung elektronischer Messsysteme gewährleistet einen automatischen Datenfluss von der Erfassung bis zur Auswertung. Moderne Messsysteme enthalten Mikroprozessoren, die durch freie Programmierbarkeit eine flexible Anpassung an die Nutzerwünsche ermöglichen. Dadurch können die aufzunehmenden Daten bereits während des Messablaufs manipuliert werden, dabei ist nicht sichergestellt, dass die im Messinstrument abgespeicherten Werte den tatsächlich gemessenen Werten entsprechen und dass die Weiterverarbeitung der Messdaten in den Softwarepaketen einwandfrei erfolgt. Zur Gewährleistung einer korrekten Bauabrechnung sind im Rahmen dieses Projekts die angesprochenen Manipulationsmög-

lichkeiten zu verhindern. Da eine hard- oder softwareseitige Einschränkung der Messsysteme die technische Weiterentwicklung und damit auch rationelles Arbeiten behindert, sind für jedes der genannten Messverfahren konkrete Verfahrensabläufe zu erarbeiten, die mögliche Manipulationen aufdecken können. Diese Vorschläge sind an die bestehenden Regelungen für die elektronische Bauabrechnung (REB) anzupassen, gegebenenfalls notwendige Ergänzungen oder Veränderungen in den REB werden benannt.

2. Untersuchungsmethodik

Die Arbeit wurde in folgenden drei Schritten durchgeführt:

- Darstellung des Manipulationspotenzials durch den Einsatz von elektronischen und frei programmierbaren Messsystemen bei der Bauabrechnung,
- Darstellung des Datenflusses für die Messverfahren der Tachymetrie, des Nivellements und des differenziellen GPS in Echtzeit und Bewertung des Manipulationspotenzials innerhalb der Verarbeitungsschritte,
- Entwicklung von Gegenmaßnahmen in Form von konkreten Messabläufen zur Reduzierung des Manipulationspotenzials.

Das zu untersuchende Manipulationspotenzial wurde danach bewertet, bei welchem Grad der Automation des eingesetzten Messsystems es auftreten kann. Es werden drei Messsysteme unterschieden:

- analoges Messsystem (AM): keine elektronische Messwerverfassung, kein Mikroprozessor, Notiz der Messdaten manuell;
- elektronisches Messsystem (EM): elektronische Messwerverfassung und Mikroprozessor, mit den Ausprägungen
 - manuelle Notizen,
 - Nutzung von Datenspeichern im Gerät,
 - Speicherung auf externem Feldrechner;
- frei programmierbares Messsystem (FPM): elektronische Messwerverfassung und frei programmierbarer Mikroprozessor, automatische Speicherung der Messdaten und geschlossener Datenfluss.

Die Aufgabenstellung geht davon aus, dass das Ergebnis der Messung im Feld (wie es im Folgenden erläutert wird) vom Auftragnehmer (AN) an den Auftraggeber (AG) übergeben wird. Daher liegt bezüglich der Messwerverfassung danach keine Manipulationsmöglichkeit mehr vor. Durch die Übergabe der Messdaten sind Kontrollrechnungen möglich. Diese Möglichkeit zur Doppelberechnung durch den AG schützt vor Manipulation.

Die Feldmessungen mit den drei Systemen führen zu

- AM: Feldbücher,
- EM: Feldbücher (a), Ausdruck und Übergabe der Datenspeicher von AN an AG (b) und Ausdruck der Messdaten (c)¹,
- FPM: Ausdruck der Messdaten.

Damit liegt zwischen FPM und EM mit Registrierung auf Feldrechnern bezüglich der Manipulierbarkeit kein Unterschied vor; auf welchem beliebig programmierbaren Rechner die Endergebnisse berechnet werden, spielt keine Rolle. Daher ist durch FPM kein zusätzliches Manipulationspotenzial entstanden. Gegenüber den anderen elektronischen Messsystemen und den AM tritt ein erhöhtes Manipulationspotenzial einzig an der Stelle der Reduktionen und Korrekturen der Sensordaten des Messsystems auf. Das weitere Vorgehen konzentrierte sich daher auf diesen Punkt.

Daraus ergab sich folgende Strategie zur Aufdeckung und damit zur Verhinderung von Manipulation:

- gemeinsames Aufmaß vor Ort,
- durch geeignete Messverfahren gewährleisten, dass Korrekturen und Reduktionen richtig sind,

- Übergabe der Messdaten vor Ort von AN an AG (Koordinaten und Volumina sind von AN und AG berechenbar, daher besteht die Möglichkeit der Kontrolle, wodurch Manipulationen bei der Koordinaten- und Volumenberechnung aufdeckbar sind).

Um die Auswirkung von Manipulation beurteilen zu können, ist die Art der Wirkung der Manipulation eines Eingangsparameters auf das Endergebnis ausschlaggebend, z. B. das Volumen eines Aufnahmeobjekts. Eine nach der Theorie des kleinsten aufdeckbaren Fehlers sicher zu identifizierende Manipulation an einem Eingangsparameter ist ins Verhältnis zur erzeugten Volumendifferenz zu setzen. So lässt sich ermitteln, welches die für das Endergebnis kritischen Eingangsparameter sind und in welcher Größenordnung sich der aufzudeckende Fehler bewegen sollte. Daraus lässt sich eine Messkonfiguration ableiten, die diese Manipulation aufdecken kann.

3. Untersuchungsergebnisse

Um eine wirkungsvolle Kontrolle zu erzeugen, wurde das im Folgenden beschriebene Vorgehen gewählt.

3.1 Kontrollpunkte messen und berechnen

Durch die Aufnahmen von koordinatenmäßig bekannten Festpunkten wurde sichergestellt, dass die Schritte zur Bereinigung der Sensordaten korrekt durchgeführt worden sind und dass sowohl die dazu erforderlichen Eingangsparameter als auch die Auswertelgorithmen frei von Manipulation sind. Die im Feld übergebenen Messdaten lassen sich auf einfache Weise in Koordinaten umrechnen und müssen für die Kontrollpunkte im Rahmen der Messunsicherheit eine Übereinstimmung ergeben. An dieser Stelle wurde durch geeignete Messkonfigurationen gewährleistet, dass keine Manipulationen auftreten können.

Die weitere Vorgehensweise stimmte vom Prinzip her mit dem bestehenden Verfahren, wie es z. B. in HVA B-StB 2001 (Teil 3, Abschnitt 3.3 Abrechnung mit DV-Anlagen) beschrieben wird, überein. Dieses Vorgehen wird hier der Vollständigkeit halber angegeben, ist aber nicht geeignet, Manipulationen an den Messdaten aufzudecken, wie es die oben beschriebene Messkonfiguration leisten sollte.

3.2 Kontrollrechnung von Flächen, Volumina

Sind die Messdaten im Feld übergeben worden und ist durch eine geeignete Messkonfiguration sichergestellt, dass die resultierenden Koordinaten richtig sind, wurden Prüfberechnungen für die aus den Koordinaten abgeleiteten Größen – wie z. B. Flächen und Volumina – durchgeführt. Die von beiden Seiten ermittelten Werte dürfen nur um einen gewissen Betrag voneinander abweichen. Laut HVA B-StB 2001 ist bei auftretenden Abweichungen entsprechend der ZVB/E-StB 2000 zu verfahren.

Als wesentliches Ergebnis wurde der folgende grundsätzliche Ablauf zur Aufdeckung und Verhinderung von Manipulationen festgelegt:

- gemeinsames Aufmaß, damit die richtigen Punkte der Objekte ausgewählt werden,
- Aufnahme von Kontrollpunkten in bestimmter Messkonfiguration, um Manipulation bei Korrekturen und Reduktionen der Messdaten zu prüfen,
- Übergabe der Messdaten, damit prinzipiell die Möglichkeit der Doppelberechnung von Koordinaten und Volumina etc. gegeben ist.²

¹) Die Möglichkeit der Übergabe der Koordinaten bleibt davon unberührt.

²) Neben den Messdaten werden auch die Endergebnisse im Feld übergeben. Die Durchführung einer Kontrollberechnung liegt im Ermessen des AG. Weitere Vertragsbedingungen und die HVA B-StB 2001 bleiben davon unberührt.

Schutz vor Manipulationen bei den Korrekturen und Reduktionen

Durch die vorgeschlagenen Messkonfigurationen können Fehler von 6,3cm aufgedeckt werden, wie anhand der Tachymetrie deutlich geworden ist; dies entspricht 2,6‰ des dargestellten Beispiels. Daher lässt sich feststellen, dass die Auswahl der Objekt-Punkte einen deutlich stärkeren Einfluss auf das Endergebnis hat (5 %) als die Manipulation der Messdaten (2,6‰).

3.3 Zum Datenfluss

- Für alle drei zu behandelnden Messverfahren (Tachymetrie, Nivellement, RTK-Messung) ist der vollständige Datenfluss dargelegt worden, anhand dessen die Manipulationsmöglichkeiten aufgezeigt worden sind.
- Es ist festgestellt worden, dass durch den Einsatz von FPM gegenüber EM mit externem Feldrechner kein weiteres Manipulationspotenzial entsteht.
- Gegenüber den analogen und den elektronischen Instrumenten mit manuellem Aufschrieb bzw. Speicherung auf Datenspeicher im Instrument tritt lediglich beim Anbringen der Korrekturen und Reduktionen an die rohen Messungselemente ein zusätzliches Manipulationspotenzial auf. Diese Stelle ist schwerpunktmäßig bearbeitet worden.
- Alle weiteren Manipulationsmöglichkeiten bleiben unverändert erhalten. Zur Elimination wird hierfür das gemeinsame Aufmaß unter Berücksichtigung der entwickelten Messkonfiguration und die Übergabe der im Feld gewonnenen Messdaten vorgeschlagen.

3.4 Zur Konfiguration für die drei Messverfahren

- Für jedes Messverfahren ist anhand einer analytischen Abschätzung und der gewonnenen Erkenntnisse zu den Auswirkungen von Manipulation auf Grund von Testszenarien eine geeignete Messkonfiguration entwickelt worden, die systematische Manipulationen an den ausschlaggebenden Eingangsparametern aufzudecken hilft.
- Die diskrete Manipulation eines Eingangsparameters lässt sich nur stichprobenartig durch doppelte Aufnahme von Neupunkten aufdecken und verhindern.

4. Schlussfolgerungen für die Praxis

Die vorgeschlagenen Messkonfigurationen zur Aufdeckung und Verhinderung von Manipulation durch EM und FPM können in die entsprechenden bestehenden Regelungen für die elektronische Bauabrechnung aufgenommen werden. Tangiert werden

die folgenden Verfahrensbeschreibungen aus dem Abschnitt 20 – Messwertaufbereitung:

- VB 20.103 Auswertung von Nivellements,
- VB 20.214 Auswertung elektrooptischer Tachymeteraufnahmen,
- VB 20.314 Auswertung elektrooptischer Querprofilaufnahmen.

Für Auswertungen von Messungen mit GPS existieren derzeit keine Verfahrensbeschreibungen.

Für das Nivellement können Angaben zur Messkonfiguration in das zweite Kapitel "Hinweis zur Anwendung" im Abschnitt 2.1.1 "Allgemeines" ergänzt werden, weil an dieser Stelle Angaben zur Durchführung von Nivellementsauszügen, zur Auswahl von An- und Abschlusspunkten und zur Verteilung von Abschlussfehlern gemacht werden.

Folgender Ergänzungstext wird vorgeschlagen:

Vor und nach der Messung sind stabile, höhenmäßig bekannte Kontrollpunkte in minimaler und maximaler Zielweite anzumessen und deren Höhen zu kontrollieren.

Für die Tachymeteraufnahmen können in der VB 20.214 unter dem Abschnitt 2.1 "Verfahrensgrundlagen" im Kapitel 2 "Beschreibung des Verfahrens" Hinweise zur Messkonfiguration eingefügt werden. Es werden bereits Angaben zur Messung von Exzentrizitäten, zu Messabschnitten, zu Berechnungsweise samt zu berücksichtigender Eingangsgrößen und allgemein zum Messablauf gemacht.

Folgender Text wird vorgeschlagen:

Vor und nach der Messung auf einem Standpunkt sind höhenmäßig bekannte Kontrollpunkte anzumessen und deren Höhen zu kontrollieren. Bei der Auswahl der Höhenkontrollpunkte sind die anerkannten Regeln der Vermessungstechnik einzuhalten.

Die VB 20.314 entspricht in ihrem Aufbau der VB 20.214, sodass an gleicher Stelle die angeführten Ergänzungen einzufügen sind.

Für eine ggf. noch entstehende Verfahrensbeschreibung zur Auswertung von RTK-Messungen wird folgender Text vorgeschlagen:

Es sind koordinatenmäßig bekannte Kontrollpunkte vor der Transformation mit der Roverstation zu besetzen und die Koordinaten in Lage und Höhe zu kontrollieren. Nach der Transformation sind Festpunkte zu besetzen, die im lokalen System koordinatenmäßig bekannt sind. Lage und Höhe sind zu kontrollieren. Bei der Auswahl der identischen Punkte ist auf eine gleichmäßige Verteilung um das Messgebiet herum zu achten. □