Zeitschrift: Schweizer Ingenieur und Architekt
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 116 (1998)
Heft: 44

Artikel: Geodätische Vermessung: Sunnibergbrücke
Autor: Wirth, Bruno / Donarsch, Georg
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-79589

Nutzungsbedingungen
Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. 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. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

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. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

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. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 13.07.2025

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

Bruno Wirth, Davos-Platz, Georg Donatsch, Landquart

Geodätische Vermessung

Sunnibergbrücke

Das geodätische Grundlagenfixpunktnetz, das für die ganze Umfahrung Klosters errichtet wurde, musste für die Sunnibergbrücke die Hauptabsteckung, die Detailabsteckung, die Bauwerkskontrollen sowie die Bauwerksüberwachung ermöglichen. Für diesen Bereich wurde ein mittlerer Fehler (mF) von 3 mm festgelegt, d.h., es durften keine absoluten Abweichungen über 10 mm von der Vermessung herrühren.

Im Bereich der Sunnibergbrücke wurden fünf Betonpfeiler und zwölf Polygonpunkte versichert. Die Hauptschwierigkeit bestand darin, ein Netz zu rekognoszieren, das die geodätische Überwachung der Brücke mit mm-Genauigkeit in Lage und Höhe ermöglichte, obwohl die Brückenpfeiler zum Teil vollständig in den Wald zu liegen kamen und, im Falle des Pfeilers P2, über 60 m hoch sind. Zudem konnte die rechte Drostobelseite nicht für Fixpunkte verwendet werden, da sie zum Rutschgebiet Gotschna gehört. Die Messpfeiler wurden zum Teil einige hundert Meter von der Brücke entfernt an gut einsehbaren Stellen angeordnet. Die Polygonpunkte wurden dann bis zu den Pfeilerstandorten hin angeordnet. Zur Überbrückung der 60 m Höhendifferenz zwischen Pfeileransatz und Fahrbahn wurde bei fortschreitender Bauhöhe bewusst ein Stationswechsel auf einen weiter entfernten Fixpunkt in Kauf genommen.

Das Netz ist durch klassische Beobachtungen wie Distanz-, Richtungs- und Höhenwinkelmessungen mit einem automatischen Theodoliten wie auch unabhängig mit GPS (Global Positioning System) bestimmt worden (Bild 1). Die GPS-Beobachtungen wurden als freies Netz ausgeglichen.

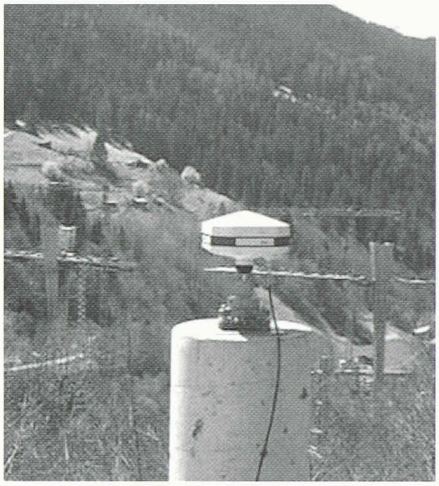
Die terrestrischen Beobachtungen ergeben, um Meteo, Instrumenten- und Stativhöhe korrigiert, bereinigte räumliche Messelemente. Die definitive Ausgleichung erfolgte mit einem dreidimensionalen Ansatz unter Berücksichtigung der Oberflächenlotabweichungen und der freien GPS-Lösung. Der grösste mittlere Lagefehler beträgt für das ganze Netz 8 mm, für die Punkte um die Sunnibergbrücke 3 mm. Die Punkthöhen wurden in einem speziellen Höhenausgleichsprogramm ermittelt. Die erreichte Höhengenauigkeit beträgt im Bereich der Sunnibergbrücke mF < 4,2 mm.

Baukontrollen

Für die Fundationen musste auf dem Terrain ein Axenkreuz sowie ein Höhenfixpunkt pro Fundament angegeben werden. Auf OK Fundamentplatte folgte dann der Pfeileransatz. Während des Baus der Pfeiler wurde jede dritte Schalungsetappe, d.h. nach je 7,5 m, bezüglich Lage und Höhe der Holmen kontrolliert. Die Unternehmung musste dabei eine Schalungsgenauigkeit von 2 cm einhalten. Dies erfordert vom Bauherrenvermesser eine Einmessung der betonierten obersten Holmenpunkte mit einer Genauigkeit von mF = 5 mm. Der geeignetste Fixpunkt für die Absteckung und die Kontrolle wurde immer als freie Station bestimmt und so zu den nächstgelegenen Fixpunkten kontrolliert. Sämtliche Messungen wurden doppelt aufgenommen, gemittelt und anschliessend als Protokoll jeder Baukontrolle mit den berechneten Koordinatenwerten dem Bauingenieur abgegeben.

Auf der Grundetappe des Pfeilers (Höhe Fahrbahnplatte) wurden in einem ersten Schritt vier Platten (je rechtwinklig im Abstand von 2,5 m von der Pfeilermitte angeordnet) eingerichtet, die das lokale Koordinatensystem in Lage und Orientierung darstellten. Im weiteren wurde ein Höhenfixpunkt pro Pfeiler bestimmt. Diese Punkte wurden durch eine freie Station und auf mindestens vier Pfeiler des Grundlagefixpunktnetzes bezogen bestimmt. Die Schwierigkeit dabei lag darin, dass die Ausgangspunkte der Grundetappe aller vier Pfeiler unabhängig voneinander mit einer hohen Genauigkeit bestimmt werden mussten. Erschwerend war auch die Tatsache, dass für jeden Pfeiler samt seinen Freivorbauetappen ein eigenes lokales Koordinatensystem definiert werden musste (erwähnte vier Platten), dessen Nullpunkt durch einen Punkt auf dem sich unter der Sonneneinstrahlung und dem zunehmenden Gewicht bei Baufortschritt verformenden Pfeiler lag.

Jede dritte Bauetappe des Freivorbaus wurde durch uns kontrolliert. Da sich die Pfeiler mit vorrückendem Bau verformen, mussten unsere Ausgangspunkte auf dem Pfeiler bei jeder Kontrollmessung neu und auf das absolute Koordinatensystem (Grundlagenetz) bezogen bestimmt werden.



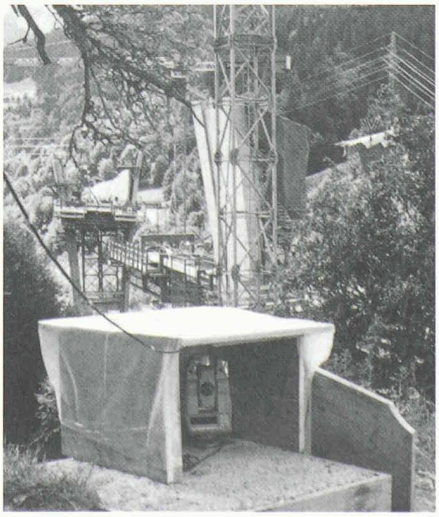
1
GPS-Empfänger im Einsatz für das Grundlagenetz

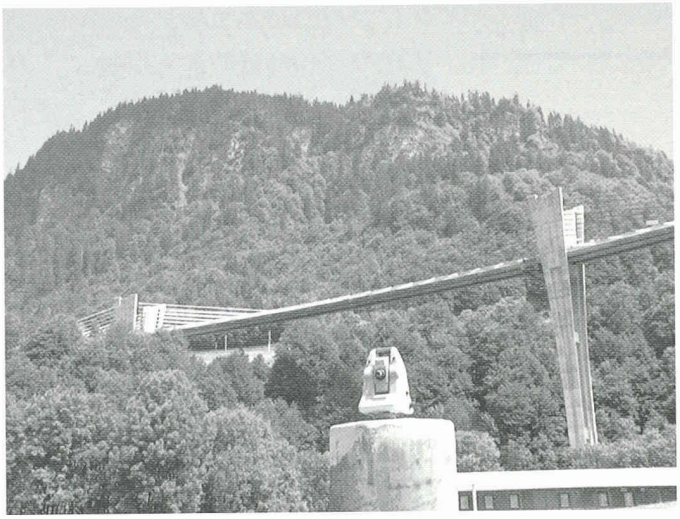
Automatische Überwachung

Für die Kontrolle grosser Bauwerke im Bau prüften wir den Einsatz eines automatischen Messsystems, das wir versuchsweise eine Woche lang an der Sunnibergbrücke installierten.

Für die Messungen wurde als Instrumentarium ein auf einem Betonsockel fest installierter, motorisch gesteuerter Theodolit mit automatischer Anzielung eingesetzt. Er wurde direkt mit Strom aus der nahe gelegenen Baubaracke versorgt. Der

2
Übersicht automatisches Messsystem





3
Geodätische Überwachung der Brücke

Datenfluss erfolgte über eine Schnittstelle zwischen Theodolit und PC in der Baubaracke. An den zu beobachtenden Punkten am Brückenpfeiler 1 und 2 wurden Reflektoren befestigt. Es handelt sich dabei um kleine Reflektoren (∅ 3 cm), die auch für die geodätische Überwachung an der Sunnibergbrücke verwendet werden.

Als Referenzmessung wurde zu Beginn jedes Messzyklus eine Strecke auf einen Messpfeiler des Grundlagenetzes gemessen. Dank dieser Referenzmessung konnte die Einwirkung der Meteo auf die Distanzmessung ausgeschaltet werden. Mit einer dreifachen unabhängigen Anzielung jedes Punkts erreichten wir eine hohe Genauigkeit (rund ± 1 mm, Bild 2).

Alle 15 Minuten wurde automatisch ein Messzyklus gestartet und gemessen. Die automatische Anzielung erwies sich auch mit passiven Zielen als vom Tageslicht unabhängig, und die Messungen konnten so während 24 Stunden am Tag mit gleichbleibender Zuverlässigkeit und Genauigkeit durchgeführt werden. Die Messungen an einem arbeitsfreien Tag ergaben Lageveränderungen von 2–3 cm sowie eine leichte Verdrehung des Pfeilers samt Freivorbau infolge der Sonneneinstrahlung. In der Nacht war die Lage sehr stabil, die grossen Ausschläge begannen mit dem Sonnenaufgang und erreichten im frühen Nachmittag das Maximum. Die Lageänderungen über 24 Stunden während des Baubetriebs waren von derselben Grössenordnung. Dieses Resultat bestätigt die Forderung an die Vermessung, dass Kontrollmessungen, die maximal 1 cm abweichen dürfen, vor Sonnenaufgang zu erfolgen haben.

Die so erzielten Messresultate erlauben nun dem Bauingenieur, seine Berechnungen zu überprüfen und zu testen, ob sie mit der Praxis übereinstimmen.

Bei speziellen Bauwerken, wie dies die Sunnibergbrücke sicherlich ist, kann somit der Einsatz einer automatischen Messstation für den Bauherrn von grossem Nutzen sein. Wird bei kritischen Arbeitsvorgängen (Freivorbauetappen) «online» gemessen, so ist während des gesamten Betoniervorgangs eine Direktkontrolle möglich.

Geodätische Überwachung

Die geodätische Messung (Bild 3) umfasste pro Pfeiler vier Nivellementsbolzen sowie je vier Miniprismen an den Pylonen. Zum Zeitpunkt des Berichts liegt noch keine Folgemessung zu einer Nullmessung vor, die nach Fertigstellung der Brücke ausgeführt wurde, weshalb hier keine Angaben zur Grössenordnung der Verschiebungen gemacht werden können.

Qualitätssicherungskonzept

Qualität wird in der Vermessung durch die beiden Begriffe Genauigkeit und Zuverlässigkeit abgedeckt. Genauigkeit wird durch die Ausgleichung von überbestimmten Messungen erreicht und ausgewiesen; Zuverlässigkeit wird durch unabhängige Kontrollen, z.B. durch Mehrfachmessen von Punkten, erreicht. Bei der Sunnibergbrücke unterscheiden wir drei verschiedene Arbeitsabläufe in der Vermessung.

- Absteckungen: Die abzusteckenden Koordinaten werden direkt auf den Theodoliten überspielt. Die Stationierung erfolgt kontrolliert. Die Punkte werden abgesteckt, verpflockt und zur Kontrolle nochmals gemessen.
- Baukontrollen: Der Unternehmer steckt sich seine Punkte selber ab (unabhängiger Vermesser) und errichtet z.B. die Schalung. Wir haben diese Punkte unabhängig zu überprüfen. Hier entschlossen wir uns, sie einfach ab einer kontrollierten Station aufzunehmen, rechneten im Büro die Koordinaten und übertrugen sie in die Tabellenkalkulation, die unser anschliessend sofort verschicktes Protokoll darstellte. Der Projektverfasser berechnete umgehend die Differenzen zu den Sollkoordinaten. Wenn sofort reagiert wird, kann so die Ursache für grössere Differenzen ohne Verzögerung ermittelt werden.
- Geodätische Überwachung: Hier gelten dieselben Prinzipien wie beim Grundlagenetz: durch überbestimmte Messungen werden grobe Fehler in der Netzausgleichung aufgedeckt und können eliminiert oder nachgemessen werden.

Adresse der Verfasser:
Arge Vermessung: Darnuzer/Donatsch mit: *Bruno Wirth*, dipl. Verm.-Ing. ETH, Dr. sc. techn., Ing.-Büro Darnuzer, Brämabüelstrasse 15, 7270 Davos-Platz, und *Georg Donatsch*, Ingenieur-Geometer SIA, Ing.-Büro Donatsch, Hochwangstrasse 3, 7302 Landquart