Ingenieurvermessung : Genauigkeit im Dienste der Sicherheit

Autor(en): **Arioli, R. / Egger, K.**

Objekttyp: **Article**

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

Band (Jahr): **87 (1989)**

Heft 6: **Der Kultur- und Vermessungsingenieur/Ingenieur-Geometer = L'ingénieur du génie rural et géomètre = L'ingegnere rurale, geometra e topografo**

PDF erstellt am: **27.04.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-234051

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.
Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.
Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

Ingenieurvermessung – Genauigkeit im Dienste der Sicherheit

R. Arioli, K. Egger

Mit Ingenieurvermessung wird das weite Feld der Vermessungsarbeiten bezeichnet, das mit der Planung und Ausführung von Bauvorhaben verknüpft ist (1). Dazu gehören beispielsweise:
- **Geländevermessungen für Profile, Höhenkurven- oder Kotenpläne, etc., die als Grundlage für Projektierungen dienen**
- **Absteckung von Achsen und Hauptpunkten für Hoch- und Tiefbauten**
- **Überwachung und Prüfung der Bauausführung nach Lage und Höhe**
- **Deformationsmessungen von Bauwerken und Geländeteilen**

Bei Ingenieurvermessungen gibt es – im Gegensatz zu amtlichen Vermessungen – keine vorgegebenen, einheitlichen Standards für die Genauigkeit der Resultate und die Durchführungsweise der Arbeiten. Sie müssen von Fall zu Fall festgelegt werden unter Berücksichtigung der vermessungstechnischen Besonderheiten des Bauwerkes, der Sicherheitsanforderungen und nicht zuletzt der Wirtschaftlichkeit.

Über die Grundsätze von Qualität und Wirtschaftlichkeit

Über die Anordnung von Ingenieurvermessungen gibt es in unserem Lande ebenso wenig gesetzliche Vorschriften, wie über die Durchführung, das hiefür autorisierte Fachpersonal und die zu erreichenden Genauigkeiten. Auch in den sonst so zahlreichen Normenwerken findet sich hierüber fast nichts. An die Stelle von Vorschriften und Normen treten hier die *Regeln der Vermessungskunst.* Diese muss sich der Vermessungsingenieur in eigener Verantwortung aneignen. Neben der theoretischen Ausbildung und laufender Weiterbildung kommt dabei der praktischen Erfahrung und der Selbstkontrolle grosse Bedeutung zu: der Vermessungsingenieur muss selber entscheiden können, ob er befähigt ist, eine bestimmte Vermessungsaufgabe übernehmen zu können. Er muss die Qualitätsanforderungen an die Vermessungsarbeit, die aus der jeweiligen Bau- oder Sicherheitsaufgabe heraus abzuleiten sind, selber formulieren und gemeinsam mit der Bauherrschaft und den anderen am Bau Beteiligten festlegen. Ebenso muss er in der Lage sein, abzuschätzen, ob seine Instrumente, Geräte und Rechenhilfsmittel (z.B. Software für Computer-Berechnungen) den Qualitätsanforderungen einer bestimmten Vermessungsaufgabe zu genügen vermögen und er hat schliesslich in jedem einzelnen Fall angemessene Methoden und Verfahren für die Ausführung der Vermessungsarbeiten zu entwickeln, mit denen er die Einhaltung der geforderten Qualität prüfen und nachweisen kann.

Zusätzlich zu den Qualitätsanforderungen sieht sich der Vermessungsingenieur mit der Frage der Wirtschaftlichkeit konfrontiert. Sehr oft legen Auftraggeber und Bauherrschaften auf letztere besonders grossen Wert – möglicherweise weil anhand von Vergleichsofferten die Kosten sehr viel einfacher vergleichbar sind als die zugehörigen Leistungen. Jedenfalls aber sollten ökonomische Überlegungen es dem Ingenieur-Geometer verbieten, Ingenieurvermessungen stets mit denselben Mitteln und Qualitätsstandards auszuführen.

Bauherrschaft – Vermessungsingenieur – Bauunternehmer

In ausländischen Normenwerken, wo das Verhältnis zwischen Bauherrschaft, ausführenden Unternehmern und Vermessungsingenieuren bisweilen recht ausführlich reglementiert wird, ist etwa nachzulesen:

«Bei Strassenbauten sind die Strassenachse und die Bauwerksachsen, bei Hochbauten die Achsen und Höhenpunkte sowie die Strassenflucht vom Auftraggeber abzustecken und festzulegen. Absteckplan und Höhenverzeichnis sind vor Baubeginn mit einer Niederschrift dem Bauunternehmer zu übergeben...»

In der Schweiz ist es ebenfalls üblich, dass die Grundlagenvermessungen durch die Bauherrschaft angeordnet und dem Bauunternehmer zur Verfügung gestellt werden. Dieser hat dann lediglich für die nachfolgenden Detailmessungen zu sorgen. Kontrollvermessungen – wie beispielsweise Schnurgerüstkontrollen, Setzungs- oder Deformationsmessungen – sind dann in der Regel wiederum Sache der Bauherrschaft.

Daraus ergibt sich, dass bei Ingenieurvermessungen in den weitaus meisten Fällen die Bauherrschaften Vertragspartner der Vermessungsingenieure sind.

Pionierleistungen der Ingenieurvermessung

Der Eisenbahntunnel durch den Gotthard ist zweifellos eine der bemerkenswerte-

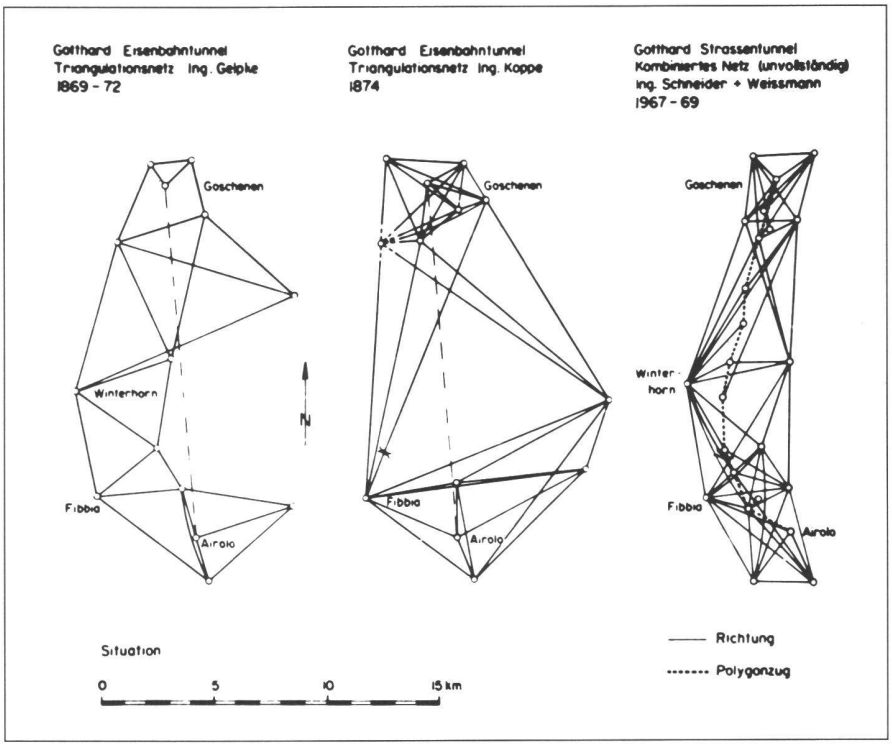

Abb. 1: Triangulationsnetze für die Absteckung der Bahn- und Strassentunnel am St. Gotthard. (Foto: W. Schneider AG).

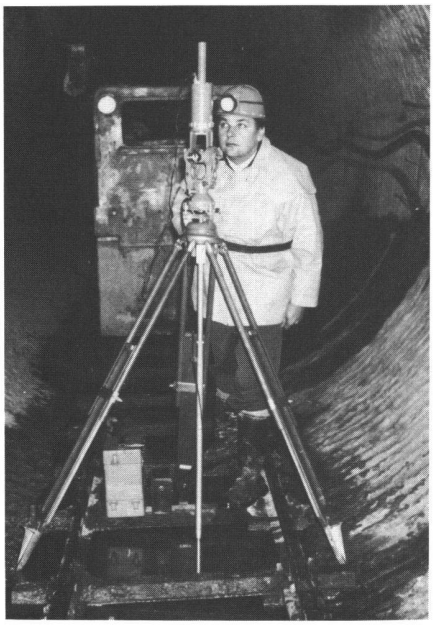

Abb. 2: Achs-Kontrolle mit dem Kreiseltheodolit in einem Abwasser-Stollen. (Foto: W. Schneider AG).

sten Bauleistungen in der Geschichte unseres Landes. Dazu gehört insbesondere die Tunnelabsteckung (2). Im Jahr 1869, drei Jahre vor Beginn des Tunnelbaus wurde der damals erst 30jährige Geometer Gelpke aus Bern damit beauftragt. Er legte ein Dreiecksnetz über das Gebirge, das die beiden Tunnelendpunkte in Göschenen und Airolo miteinander verband, hatte zusammen mit Trägern und Gehilfen alle Winkel darin gemessen und in Andermatt bestimmte er mittels Stahlmessband eine Basis von knapp 1,5 km Länge. Daraus errechnete er die Vortriebsrichtungen von beiden Tunnelportalen aus. Richtungen, denen der Unternehmer Louis Favre und seine Mineure danach während der achtjährigen Bauzeit voll vertrauen mussten. Das Ergebnis hatte schliesslich das Vertrauen gerechtfertigt. An der Durchschlagsstelle in der Mitte des Tunnels sind die beiden Tunnelvortriebe nicht mehr als 33 cm quer und 5 cm in der Höhe voneinander abgewichen. In der Länge ergab sich allerdings eine Abweichung von 7,1 m. In der Zwischenzeit sind der Bauherrschaft, der Gotthardbahngesellschaft, aber grosse Aufregungen nicht erspart geblieben. Der Vergleich der Vermessungen von Gelpke mit denjenigen, die für die Erstellung der Dufourkarte ausgeführt wurden, zeigte verschiedene Unstimmigkeiten auf. Um die Risiken zu vermindern, und das entstandene Misstrauen zu beseitigen, wurde eine umfassende Neuvermessung angeordnet, welche dem aus Westfalen stammenden Ingenieur Koppe übertragen wurde. Die Arbeiten von Dufour wurden kurzerhand als Pfuscherei bezeichnet, wobei man freilich übersehen hatte, dass seine Vermessung zu ganz anderen Zwecken, nämlich für die Landeskarte konzipiert wurden. Eine Geschichte, die sich seither bei vielen Ingenieurvermessungen mit ähnlichen Phasen der Unsicherheit, der Schadensverhütung und der häufig damit verbundenen Missverständnisse wiederholt hat.

Hundert Jahre danach, beim Bau des Gotthardstrassentunnels 1970–1980 wurde die Vermessung nach ähnlichen Prinzipien durchgeführt [3]. Mit den zu dieser Zeit modernsten Instrumenten, wie beispielsweise elektrooptischen Distanzmessern und Kreiseltheodoliten sowie mit ausgeklügelten Berechnungsalgorithmen ist es gelungen, die Durchschlagsgenauigkeit wesentlich zu erhöhen. Sie beträgt für den 17 km langen Tunnel nur mehr 5 cm (Prognose ±16,5 cm) quer, 5 cm (±7 cm) in der Länge und 6 cm (±5 cm) in der Höhe. Diese Achsabweichungen sind so gering, dass sie von blossem Auge kaum mehr wahrnehmbar sind. Der vermessungstechnische Aufwand hiefür ist bestimmt nicht klein; er lohnt sich aber allein schon deshalb, weil die erzielte Genauigkeit der Achsabsteckung das kostspielige Nachprofilieren des Tunnelausbruches weitgehend erspart.

Bei der 1988 ausgeführten Grundlagenvermessung des 19 km langen Vereinatunnels gelangten neben den klassischen Verfahren, im Sinne eines Versuches modernste Satellitengeodäsie, sogenannte Global Positioning Systeme, GPS, zum Einsatz.
Sie erlauben die Bestimmung von gegenseitigen Koordinaten mit Hilfe von Satelliten. Schwierigkeiten entstehen bei der mathematischen Behandlung von GPS-Messungen mit herkömmlichen geodätischen Beobachtungen (Winkel, Distanzen im Projektionssystem) wegen der Verschiedenheit der Koordinatensysteme. Der Beitrag der GPS-Messungen liegt vorerst mehr in einer grösseren Sicherheit als in einer grösseren Genauigkeit der Resultate. Damit sind ähnliche Durchschlagsgenauigkeiten wie beim Gotthardstrassentunnel zu erwarten.

Alltägliche Beispiele von Ingenieurvermessungen

Nicht bei allen Tunnelbauten ist gleich hohe Präzision erforderlich, wie bei den Gotthard- und Vereinatunnels. Das gilt insbesondere bei kürzeren Stollen für Verkehrsbauten oder Abwasserstollen. In allen Untertagsbaustellen werden aber besondere Anforderungen an den Vermessungsingenieur gestellt, vor allem wegen der Dunkelheit, den oft schlechten Sichtverhältnissen, der fast unmöglichen Verständigung mit Gehilfen auf weitab liegenden Vermessungspunkten und wegen der knappen Platzverhältnisse. Die Erfahrung auf vielen solchen Baustellen hilft ihm, mit

Abb. 3: Einmessung der fertig verlegten Leitung für die Nachführung des Leitungskatasters. (Foto: Vermessungsamt Kanton Basel-Stadt).

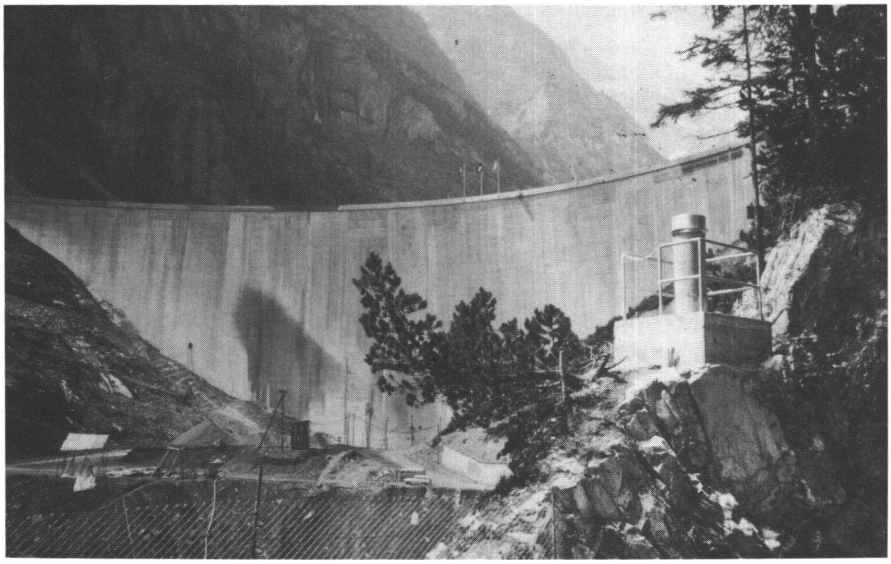

Abb. 4: Messstation vor der Staumauer. Die Deformationsmessungen beginnen schon während der Bauzeit. (Foto: W. Schneider AG).

derartigen Schwierigkeiten besser fertig zu werden.

Absteckungsarbeiten für Hoch- und Tiefbauten in den Siedlungsräumen (Strassen, Leitungen, Gebäudefluchten, etc.) sind in vielen Fällen eng mit den Katastern der amtlichen Vermessung verknüpft. Hier werden dann in der Regel auch die selben Qualitätsansprüche gestellt und dieselben Vermessungsverfahren angewandt. Es gilt aber auch hier, die Ausnahmen zu erkennen. So können für die Angabe von Gebäudefluchten und -Achsen für Stahlbauprojekte wesentlich höhere Präzisionen gefordert sein, nämlich solche, die den Montagetoleranzen vorgefertigter Bauteile entsprechen. Oder die Angabe bzw. die Kontrolle von Schnurgerüsten kann wegen schlechter Zugänglichkeit durch Bauinstallationen, Materialdepots und ähnlichem zu unvorhersehbaren Schwierigkeiten führen, besonders bei tiefen Baugruben. Hier wiederum vermittelt eine reiche Erfahrung dem Vermessungsingenieur das nötige Können, um mit alternativen Methoden innert nützlicher Zeit zum Ziel zu kommen.

Auch bei relativ einfachen Vermessungsaufgaben, denen die Geländeaufnahmen in den meisten Fällen zugeordnet werden dürfen, lohnt es sich, den Qualitätsansprüchen vor Arbeitsbeginn einige Aufmerksamkeit zu widmen. Nicht immer ist gleiche Genauigkeit und gleich hohe Zuverlässigkeit geboten. Das lässt sich anhand der nachfolgenden Beispiele leicht erkennen: Profile in einem Wildbachverbauungsprojekt dürfen naturgemäss einigen Dezimetern Definitionsunsicherheiten entsprechen, wogegen topografische Aufnahmen von Bauplätzen mindestens so genau sein müssen, dass die Kontrolle der baugesetzlich vorgeschriebenen Gebäudehöhen – je nach Örtlichkeit sind ± einige Zentimeter gefordert – möglich ist.

Die Überlegungen zur geforderten Qualität von Vermessungsarbeiten sind deshalb so wichtig – vor allem für den Auftraggeber – weil erhöhte Anforderungen in der Regel mehr Aufwand und damit höhere Kosten verursachen.

Deformationsmessungen

Die Deformationsmessung an Staumauern ist ein klassischer Anwendungsfall der Ingenieurvermessung. Freilich können regelmässige Überwachungsmessungen ebenso bei anderen grösseren Bauwerken – je nach den Umständen auch bei kleineren – aus Sicherheitsgründen nötig sein.

Voraussetzung hiezu sind Messeinrichtungen, mit denen Veränderungen des Bauwerkes, des Untergrundes und oft auch der näheren Umgebung unter verschiedenen äusseren Belastungen zeitgerecht, zuverlässig und genau festgestellt werden können. Ziel der Messungen ist immer das möglichst frühzeitige Erkennen von Verhaltens-Anomalien, damit allfällige Gefahren rechtzeitig abgewendet werden können. Die Ingenieurvermessung ist nebst anderen Hilfsmitteln dabei nicht wegzudenken; sie leistet einen namhaften Beitrag zur Sicherheit unserer Bauwerke.

Die Früherkennung von Deformationen erfordert in der Regel hohe bis höchste Messgenauigkeiten. Die einleitenden Aussagen über die Regeln der Vermessungskunst erlangen in diesem Spezialgebiet ihre volle Bedeutung.

In relativ einfachen Fällen, zum Beispiel bei einer kleinen Brücke in unstabilem Gelände oder in der dicht bebauten Umgebung einer tiefen Baugrube genügt in der Regel eine eindimensionale Deformationsmessung, in der Form eines Präzisionsnivellementes. Dieses gibt anhand von Höhenänderungen genügend Aufschlüsse über allfällige Entwicklungen, welche die Sicherheit in Mitleidenschaft ziehen könnten. In schwierigeren Situationen werden zweidimensionale Beobach-

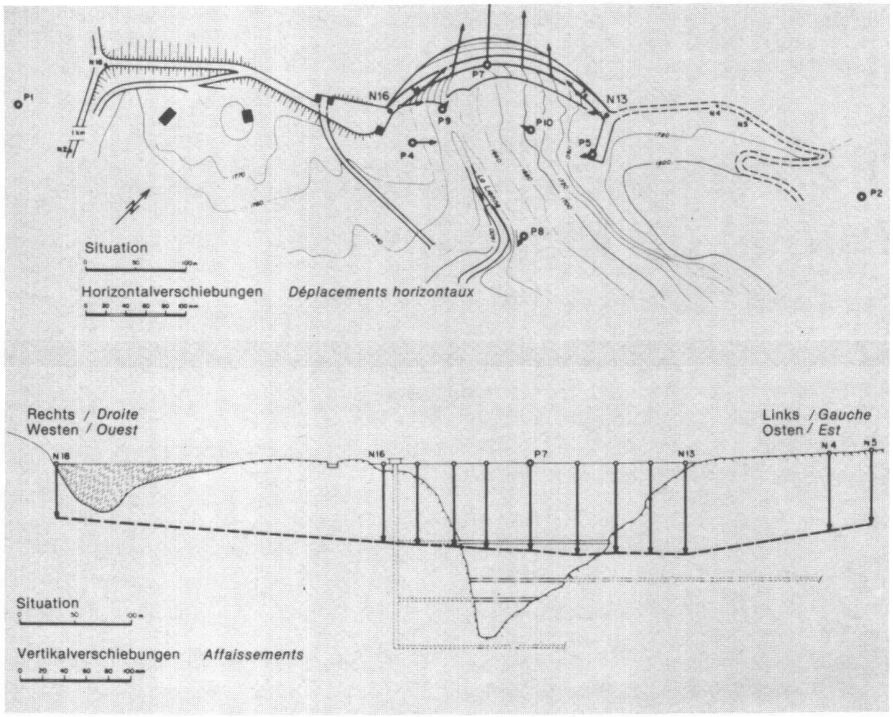

Abb. 5: Die Staumauer von Zeuzier (1777 m.ü.M.) wurde zwischen 1954 und 1957 errichtet. Ihre Höhe beträgt 156 m.
Vom Zeitpunkt der Fertigstellung bis zum Jahre 1976 verhielt sich die Staumauer völlig normal. Ab 1978 wurden anomale Deformationen beobachtet, die aus Sicherheitsgründen zu Sofortmassnahmen wie der Leerung des Sees führten.

tungen, nämlich die Feststellung von Lageveränderungen erforderlich. Sehr oft werden aber dreidimensionale Verschiebungsmessungen verlangt, die meistens nicht allein durch die Kombination von Nivellement mit Lagevermessung zu bewerkstelligen sind. Hier entstehen durch die Verknüpfung verschiedenartiger Messverfahren gelegentlich Auswertungsprobleme, die recht hohe Anforderungen an das mathematische Verständnis des Vermessungsingenieurs stellen.
Handelt es sich zudem um einen Fall mit komplexen Sicherheitsfragen, so ist der Vermessungsingenieur plötzlich nicht mehr nur Spezialist, sondern zugleich Generalist in einem Expertenteam von Bauingenieuren, Geologen, Hydrologen, usw. Das bedeutet, dass neben fachlicher Kompetenz auch die Fähigkeit zu interdisziplinärer Verständigung gefragt ist. Dies wiederum setzt Grundkenntnisse in den anderen beteiligten Fachgebieten voraus, damit der Vermessungsingenieur die Probleme der übrigen Spezialisten zu erkennen, ihren Gedankengängen zu folgen und ihnen seine eigenen Anliegen plausibel darzulegen vermag.

Ein Beispiel für eine derart komplexe Aufgabe ist die Staumauer von Zeuzier am Rawilpass. Zunächst verhielt sich die Mauer jahrelang völlig normal. Die festgestellten Deformationen stimmten mit den wechselnden Belastungen überein. Doch 1978 wiesen die Messungen auf anomale Deformationen und somit auf mögliche Sicherheitsrisiken hin. Als erste Sofortmassnahme wurde daraufhin die Absenkung und Leerung des Stausees angeordnet. Ab 1981 wurden die inzwischen eingetretenen Schäden nach einem vom Expertenteam genau festgelegten Arbeitsprogramm behoben. Danach hatten die Experten die Aufgabe, den Erfolg der getroffenen Massnahmen bei der schrittweisen Wiederinbetriebnahme zu überprüfen. Bei jeder einzelnen Stauetappe wurde eine geodätische Deformationsmessung, die der genauen Kontrolle des Mauerverhaltens diente, durchgeführt, und erst nach der jeweiligen Verifikation der Ergebnisse durfte die nächste Stauetappe begonnen werden. Heute ist das Werk wieder voll in Betrieb, und es wird wie alle anderen grossen Staumauern in unserem Land weiterhin regelmässigen Kontrollmessungen unterworfen, damit die wiedererlangte Sicherheit gewährleistet bleibt.

Literatur:

[1] H. Volquardts, K. Matthews: Vermessungskunde. Stuttgart 1967.

[2] E. Bachmann: Wer hat Himmel und Erde vermessen? Thun 1965.

[3] W. Schneider: Vermessung und Absteckung für den Gotthard-Strassentunnel. Schweiz. Bauzeitung Nr. 16/1972.

[4] F. Kobold, Prof. Dr. Ing.: Über den St.-Gotthardpass und die Absteckung des neuen Strassentunnels. Kurs für Präzisionsvermessungen in der Ingenieurgeodäsie, Graz 1970.

[5] R. Kägi, P. Gfeller, W. Schneider AG, SIN: Ingenieurvermessungen. VPK 8/1981.

[6] K. Egger, W. Keller: New Instruments, Methods and their Application for Geodetic Deformation Measurements on Dams. XII Congrès des Grands Barrages. Mexico 1976.

[7] Swiss National Committe on Large Dams: Modern Approach to Dam Monitoring in Switzerland. XV Congrès des Grands Barrages. Lausanne 1985.

Adresse der Verfasser:
Richard Arioli, Kurt Egger
Ingenieure SIA
Ingenieurbüro W. Schneider AG
Reichsgasse 61, CH-7000 Chur

Transjurane – piquetage du tunnel du Mont Terri

Ph. Brahier

Dans le cadre des travaux souterrains et spécialement pour les tunnels routiers ou ferroviaires, le travail du géomètre assure la conformité du tracé de l'ouvrage en exécution avec celui du projet. Une partie de ces opérations géométriques et des influences extérieures vous sont présentées au travers des travaux en cours du percement du tunnel du Mont Terri.

Situation générale

Le tracé de la transjurane implique le percement de nombreux tunnels, en particulier ceux qui permettront d'éviter le fameux col des Rangiers gardé par le monument à la mémoire des soldats de la mob 14–18 plus communément appelé «le Fritz» à 812 mètres d'altitude.
Dans le futur proche, l'automobiliste circulant de Delémont à Porrentruy traversera premièrement le tunnel du Mont Russelin (env. 3550 m), puis laissant à l'ouest St-Ursanne, s'engagera dans celui du Mont Terri (env. 4070 m), voir fig. 1.
Ce faisant, il se souciera peut-être du savoir technique nécessaire à la réalisation de tels ouvrages souterrains, et de la prouesse géométrique qui permet aux deux équipes creusant à chaque extrémité de se rencontrer. Somme toute est-il intéressé à savoir comment leur jonction est garantie.

Un véritable «gruyère»

Une galerie de reconnaissance est actuellement en forage au tunnel du Mont Terri. Son tracé est parallèle à celui du futur tube. Sa fonction est de confronter et d'affiner les études géologiques, de mettre en place in situ des essais, de servir ultérieurement d'accès:

- pour le service d'entretien,
- pour les secours en cas d'accident (ambulance, police, pompiers)
- et également à la mise en place de points d'attaque supplémentaires à l'intérieur de la montagne pour la creuse du tunnel principal.

Dans le cas précis plusieurs jonctions seront donc réalisées, rendant le travail de piquetage plus complexe.

Un réseau de base

Avant d'être au cœur de la montagne et de l'action, le géomètre doit mettre en place un réseau de triangulation au travers de