Zeitschrift: Wasser Energie Luft = Eau énergie air = Acqua energia aria
Herausgeber: Schweizerischer Wasserwirtschaftsverband
Band: 94 (2002)
Heft: 9-10

Artikel: AlpTransit und die Talsperren : Sicherheit ist oberstes Gebot
Autor: Pougatsch, Henri / Müller, Rudolf W.
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-939653

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: 04.07.2025

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

AlpTransit und die Talsperren: Sicherheit ist oberstes Gebot

Henri Pougatsch und Rudolf W. Müller

Einleitung

In Zusammenhang mit dem Bau der AlpTransit-Tunnels hat der Bund die Überwachung von vier Staumauern verstärkt. Die Massnahmen wurden aufgrund von Erfahrungen aus dem Jahre 1978 ergriffen. Damals wurde die Talsperre Zeuzier durch den Bau des Sondierstollens für den Rawil-Tunnel stark beschädigt. Für die Talsperren Santa Maria, Curnera und Nalps im Gebiet des Gotthard-Basistunnels sowie für die Talsperre Ferden im Gebiet des Lötschberg-Basistunnels wurden zusätzliche Kontrollsysteme eingeführt (Bild 1). Damit können Bewegungen an der Oberfläche und ihre allfälligen Auswirkungen auf die Staumauern erkannt werden.

Drainagewirkung bei Felsmassiven und ihre Folgen

Deformationsmessungen, die gegen Ende 1978 mit Loten an der Talsperre Zeuzier durchgeführt wurden, ergaben ungewöhnliche Bewegungen. Infolge dieser Deformationen wurde die Staumauer stark beschädigt, wodurch ein normaler Betrieb für lange Zeit unmöglich war. Weitreichende Untersuchungen dazu ergaben, dass die Deformationen der Staumauer auf eine allgemeine Bodensenkung zurückzuführen waren, die sich muldenförmig über etwa 2 bis 3 km erstreckte. Die Senkung selbst war die Folge einer Drainage der Gesteinsmasse durch den Bau des Sondierstollens für den Rawil-Tunnel. Man mass am Sperrenstandort eine Setzung von 12,5 cm und ein Näherrücken der Talflanken von 7 bis 8 cm (Bild 2).

Bei einem vor einigen Jahren durchgeführten Präzisionsnivellement entlang der Gotthard-Passstrasse stellte man dort ebenfalls eine Setzung fest, deren Maximum von 11,5 cm im Gebiet der Sustenegg gemessen wurde. Genau in diesem Gebiet befinden sich zwei der bekanntesten unterirdischen Bauwerke: der Eisenbahn- und der Strassentunnel.

Gründe für die Senkungen

Der Bau eines Tunnels in einem mit Klüften durchzogenen und mit Wasser gesättigten Felsmassiv kann zu veränderten hydrogeologischen Bedingungen führen. Es kann sein, dass Wasser zum Teil in beträchtlichen Mengen bis zum Tunnel durchsickert, was dazu führt, dass der Wasserdruck in den Klüften grossräumig abnimmt. In der Folge schliessen sich die Klüfte. Die Summe solcher Kluftschliessungen kann an der Oberfläche zu bedeutenden Setzungen führen, die sich auf bestehende Bauten, wie etwa Bogenmauern, negativ auswirken können. Die Setzungen führen zur Bildung einer Mulde, deren tiefster Punkt sich oft senkrecht über dem Tunnel befindet. Je nach topografischen und geologischen Verhältnissen können die Deformationen auch unsymmetrisch verteilt sein.

Folgen für das AlpTransit-Projekt

Es kann nicht ausgeschlossen werden, dass sich der Fall von Zeuzier auch bei den Bauten im Bereich des geplanten Gotthard- resp. Lötschbergtunnels wiederholt. Deshalb haben die betroffenen Bundesorgane, d. h. das Bundesamt für Wasser und Geologie (BWG), das bei Fragen der Sicherheit der Stauanlagen zuständig ist, und das Bundesamt für Verkehr (BAV), das mit der Aufsicht des Alptransit-Projekts beauftragt ist, bereits 1992 die als notwendig erachteten Massnahmen ergriffen. Bei der Genehmigung der Projekte hat das Eidgenössische Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation (UVEK) die Aufgaben und die Zuständigkeiten in Zusammenhang mit dem Bau der Tunnels und der Sicherheit der Stauanlagen geregelt.

Im Bereich der Linienführung des Gotthard-Basistunnels sind die Bogenmauern Santa Maria, Curnera und Nalps der Kraftwerke Vorderrhein AG (KVR) betroffen. Die

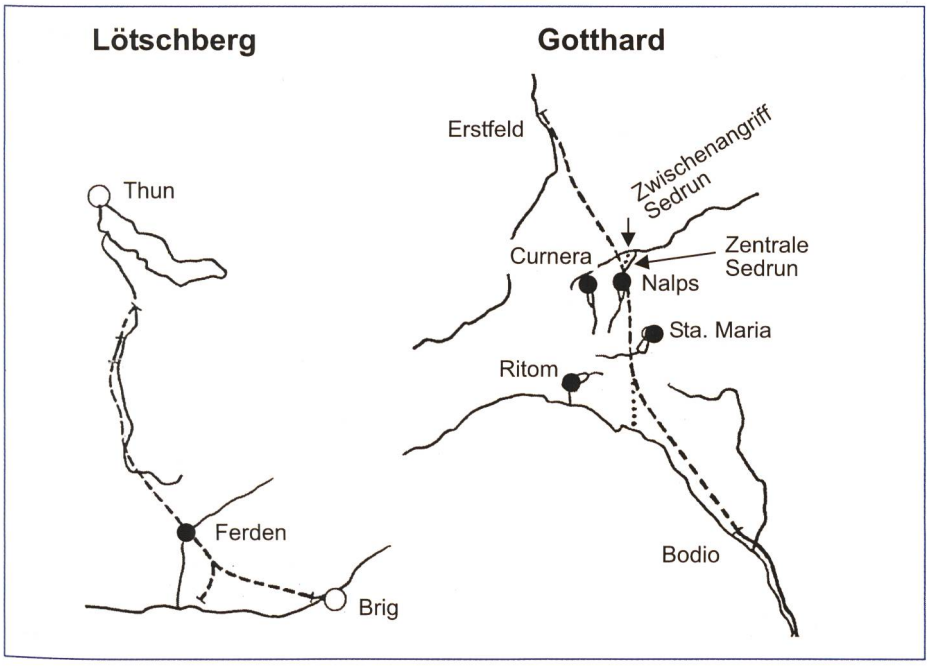

Bild 1. Stauanlagen im Einflussbereich der Basistunnels: Ferden im Bereich des Lötschberg-Basistunnels (links), Curnera, Nalps und Santa Maria im Bereich des Gotthard-Basistunnels (rechts). Weitere Objekte, deren Beeinflussung abzuklären war, sind die Stauanlage Ritom (durch den Gotthard-Basistunnel) sowie die Kavernenzentrale Sedrun und die Stollen und Schächte der Kraftwerke Vorderrhein (durch das Abteufen des Zwischenangriffs Sedrun).

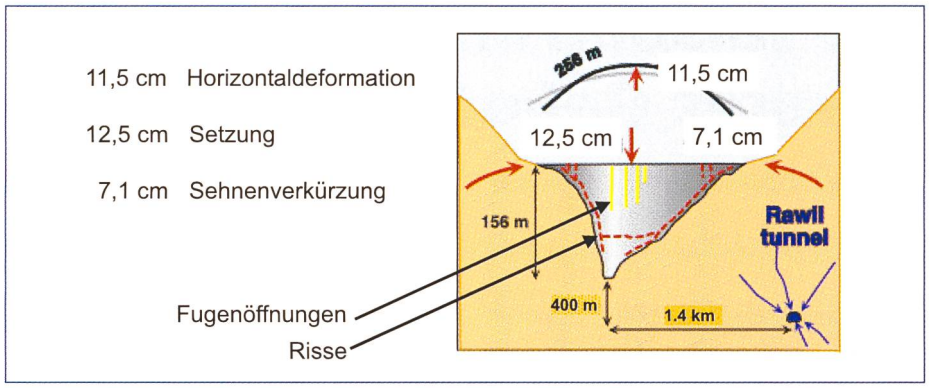

Bild 2. Deformationen der Bogenstaumauer Zeuzier infolge der durch die Gebirgsdrainage des Sondierstollens für den Rawil-Tunnel hervorgerufenen Senkungen des Geländes.

Bogenmauer Ferden der Kraftwerke Lötschen AG (KWL) befindet sich im Bereich des Lötschberg-Basistunnels. Weitere Stauanlagen, für die Abklärungen über eine allfällige Beeinflussung durch den Tunnelbau zu treffen waren, sind Ritom (bzw. Piora) im Bereich des Gotthard-Basistunnels, Carmena und Sonvico im Bereich des Ceneri-Basistunnels sowie der Waldweiher, der über dem Trassee des Zimmerbergtunnels liegt.

Bekanntlich wird der Betrieb von alpinen Wasserkraftanlagen (wie etwa bei der KVR) von den Jahreszeiten beeinflusst. Der Inhalt der Staubecken variiert im Verlauf des Jahres. Im Herbst (September, Oktober) sind die Staubecken voll, während der Wasserspiegel im Frühling (April, Mai) abgesenkt wird. Der Wasserstand erreicht also nur während einer beschränkten Zeit sein Maximum. Das Staubecken Ferden, dessen Inhalt bescheiden ist, dient als Wochenspeicher und der Wasserstand des Sees schwankt deshalb oft und rasch.

Für die Bundesbehörden ist es vordringlich, dass der Bau von Tunnels, Stollen und Schächten keine Auswirkungen auf die Stauanlagen hat, weder auf deren Sicherheit noch auf einen allfälligen Verlust von Wasser aus den Becken. Sie haben daher beschlossen, ein zusätzliches, erweitertes Überwachungssystem einzuführen, das einerseits zur vorsorglichen Beweissicherung und andererseits als Alarmsystem dienen soll. Mit einer angemessenen Überwachung sollen allfällige Bodenbewegungen und ungewöhnliche Deformationen der Talsperren, ihrer Widerlager oder ihrer Umgebung so rasch wie möglich erkannt werden. Zudem wurde unter der Leitung des BWG eine interdisziplinäre Expertengruppe gebildet, die den Auftrag hat, mit Hilfe von hochentwickelten Modellen unter anderem das Verhalten des Felsmassivs sowie die Empfindlichkeit der Talsperren bei allfälligen Bewegungen ihrer Widerlager zu untersuchen. Die Expertengruppe – bestehend aus Dr. G. Lombardi, für Talsperren und Felsmechanik, Dr. T. R. Schneider, für Geologie, und K. Egger, für Vermessung – soll zudem zusätzliche Überwachungsmassnahmen vorschlagen, die aufgrund der Erfahrungen aus dem Fall Zeuzier ergriffen werden sollen.

Mit der Entwicklung eines rechnerischen Modells war es möglich, die Veränderungen der Belastungen und der hydrogeologischen Bedingungen in den Felsmassiven sowie das Ausmass der Deformationen zu simulieren (Bild 3). Hierbei ist zu erwähnen, dass eine Setzung an einem bestimmten Punkt im Verhältnis zur Vortriebsbrust des Tunnels phasengleich oder zeitlich versetzt (verfrüht oder verspätet) beginnen kann. Weiter wurde analysiert, wie sich die Setzungen in Abhängigkeit zum Vortrieb des Tunnelausbruchs entwickeln. Mit dem gleichen Modell war es auch möglich, die Plausibilität der im Gebiet des Gotthardpasses beobachteten Setzungen zu bestätigen sowie einige interessante Informationen zu erhalten (Einfluss des Wassers aus dem Felsmassiv und aus Störzonen, Ausmass und Auswirkung des Absinkens des Bergwasserspiegels).

Es wurde eine Studie über die Empfindlichkeit der Talsperren bei einer allfälligen Deformation ihrer Widerlager durchgeführt. Dabei ist zu erwähnen, dass Bauten, wie Dämme oder Gewichtsmauern, auf Bodensenkungen weniger empfindlich reagieren als Bogenmauern. Während gleichmässige Setzungen keinerlei besondere Schäden verursachen, können Relativverschiebungen (Widerlagerverkippung, Schliessen oder Öffnen d.h. Zusammen- oder Auseinanderrücken der Talflanken sowie gegenseitige Ver-

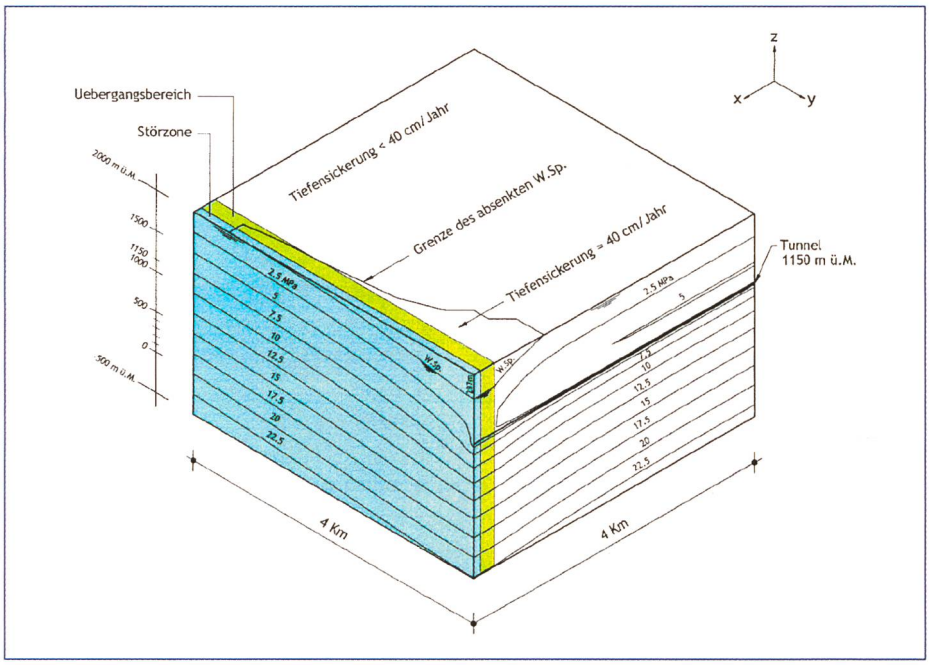

Bild 3. Deformationen des Felsmassivs, hervorgerufen durch die Gebirgsdrainage und Absenkung des Bergwasserspiegels. Validierung des Rechenmodells zur Beschreibung der hydraulisch-mechanisch gekoppelten Vorgänge im geklüfteten, elastischen und wassergesättigten Gebirge (F.E.S.-Modell nach Lombardi) anhand der zwischen 1970 und 1997 durch das Bundesamt für Landestopografie gemessenen Setzungen, die der Bau des Gotthard-Strassentunnels verursacht hatte.

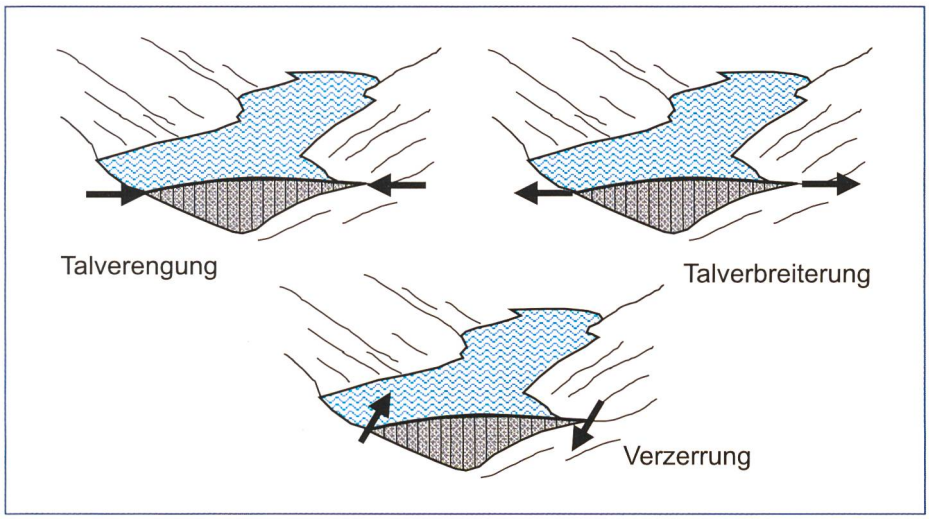

Bild 4. Zur Abklärung der Empfindlichkeit der Sperren wurden die Auswirkungen von Relativverschiebungen der Widerlager auf die Spannungen und Verformungen der Bogenmauern untersucht.

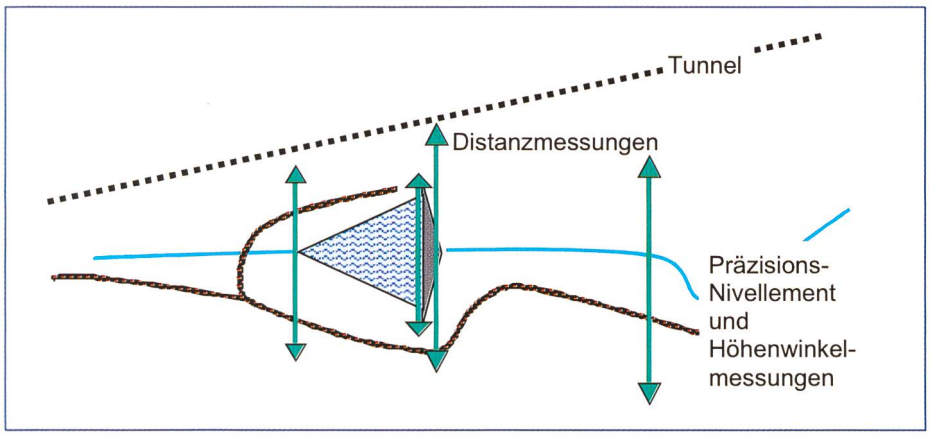

Bild 5. Schematische Darstellung des zusätzlichen Überwachungssystems. Es dient zur Beobachtung allfälliger Geländeverformungen in der näheren und weiteren Umgebung der Talsperren sowie zur Beweissicherung und als Alarmglocke.

schiebungen der Hänge in Talrichtung) Schäden verursachen (Risse, Fugenöffnungen) (Bild 4). Die durchgeführten Studien ergaben, dass sich jede Talsperre anders verhält. Selbst das Auftreten von erheblichen Schäden bedeutet nicht unbedingt, dass es zu einem Bruch der Mauer kommen muss. Nötigenfalls ist ein Absenken des Wasserstandes oder sogar die rasche und vollständige Entleerung eines Staubeckens möglich, denn die vom Bund kontrollierten Bauten müssen vorschriftsgemäss mit Ablassvorrichtungen (Grundablass) ausgerüstet sein. Mit diesen Vorrichtungen einerseits sowie mit dem Turbinieren andererseits kann das Wasser im Staubecken abgesenkt werden.

Allgemeine Organisation der Überwachung

Um die festgelegten Ziele zu erreichen, müssen an den Talsperren selbst, in deren Umgebung sowie an der Oberfläche und in den Tunnels entsprechende Überwachungen organisiert werden.

Die *Talsperren* werden durch das ordentliche Überwachungssystem laufend kontrolliert. Es besteht aus Rundgängen mit visuellen Kontrollen und Verhaltensbeobachtungen mit Messgeräten, welche den für alle Schweizer Stauanlagen verlangten Standards entsprechen und als leistungsstark bezeichnet werden können. Die Kontrollen und die Messungen werden vom Personal des Betreibers durchgeführt. Gewisse automatisch erhobene Messungen können fortlaufend ausgewertet werden. Die gesamten Ergebnisse werden nach einer ersten Analyse durch den Betreiber an Fachpersonen weitergeleitet, die mit der laufenden Überwachung beauftragt sind und beurteilen können, ob sich die Talsperre normal verhält. Die Effizienz dieses Systems bewährte sich schon in der Vergangenheit, indem damit abweichendes Verhalten aufgezeigt werden konnte.

Zur *Überwachung der erweiterten Umgebung* wurde das Kontrollsystem für die Talsperren ausgebaut. Damit können allfällige Deformationen an der Oberfläche infolge von unterirdischen Arbeiten frühzeitig erkannt werden. Diese Massnahme umfasst geodätische Messungen wie Nivellements bei den Stauanlagen und im Vorgelände sowie Distanzmessungen zwischen den Talflanken und den Widerlagern der Staumauern (Bild 5). Die Nivellements, mit denen Setzungen des Geländes gemessen werden können, sind von grosser Bedeutung und haben die Funktion einer Alarmglocke. Sobald diese erweiterten Überwachungsanlagen erstellt waren, wurden während eines Jahres geodätische Messungen durchgeführt, um allfällige jahreszeitliche Schwankungen festzustellen und um vor dem Beginn des Tunnelvortriebs Referenzdaten zu erhalten. Während des Tunnelvortriebs werden weitere Messungen in Abhängigkeit des Bohrfortschritts im Verhältnis zu den Talsperren bzw. in Abhängigkeit einer allfälligen Entwicklung von Deformationen an der Oberfläche vorgenommen. Das Messprogramm des erweiterten Überwachungssystems wird auch nach Beendigung des Tunnelbaus weitergeführt, um sicherzustellen, dass kein vom Normalverhalten abweichendes Phänomen auftritt. Gegebenenfalls kann die erweiterte Überwachungsanlage auch ins normale Kontrollsystem für die Talsperren integriert werden.

Mit der *Überwachung in den Tunnels* ist es möglich, zusätzliche Massnahmen zu ergreifen, um Schäden zu vermeiden und die Bauarbeiten zu optimieren. Im Allgemeinen werden von der Vortriebsbrust aus während des Tunnelvortriebs Bohrungen ausgeführt, um Aufschluss über die zu erwartenden geologischen und hydrogeologischen Verhältnisse zu erhalten. Bei einem Wassereinbruch ist es sehr wichtig, dass das Wasser gefasst und die Abflussmengen gemessen werden. Je nach Wassermenge muss der Bauherr entsprechende bauliche Massnahmen und Abdichtungsmassnahmen (z. B. mittels Injektionen) ergreifen, um den Wassereintritt zu reduzieren und dadurch das Risiko von Setzun-

gen des Felsmassivs zu verkleinern. Das BWG wird über die vorgefundenen geologischen und hydrogeologischen Verhältnisse informiert. Auf der Grundlage dieser Informationen (insbesondere über die Abflussmenge des drainierten Wassers) können dann weitere geodätische Kontrollmessungen durchgeführt werden.

Spezielle Bestimmungen für den Gotthard-Basistunnel

Bei der Genehmigung des Projekts für den Gotthard-Basistunnel hat das UVEK die Bildung eines Begleitgremiums unter der Leitung des BWG vorgesehen, um den gegenseitigen Informationsfluss und die Koordination der notwendigen Massnahmen sicherzustellen. Damit soll die Kontinuität des Tunnelbaus garantiert werden, ohne dass dabei die Sicherheit der Talsperren gefährdet wird. Dieses Begleitgremium besteht aus Vertretern der zuständigen Bundesbehörden (BWG, BAV) sowie den betroffenen Parteien (ATG, KVR). In dieser Gruppe werden zudem Strategievorschläge diskutiert und zu den Massnahmen und Kriterien zur Vermeidung von Schäden Stellung bezogen.

Zusätzlich zu den laufenden und erweiterten Überwachungsmassnahmen erachten es die ATG und die KVR als notwendig, weitere Mess- und Überwachungsmöglichkeiten zu schaffen, um die hydrogeologischen Bedingungen weiter im Voraus zu ermitteln. Damit soll die Möglichkeit geschaffen werden, im Tunnel die geeigneten Massnahmen zur Schadensverhütung zu testen und auszuwählen. So hat man in der Nähe und bei den betroffenen Talsperren permanente geodätische Messnetze eingerichtet. Diese werden durch weitere Nivellements und Einzelpunktvermessungen ergänzt.

Erste Erfahrungen am Lötschberg

Die erste Baustelle, die im Rahmen des Projekts AlpTransit in der Nähe einer Talsperre eröffnet wurde, war der Bau des Fensterstollens Ferden, der zum Projekt AlpTransit Lötschberg gehört. Die davon betroffene Talsperre Ferden liegt im Lötschental.

Während des Baus dieses 4 km langen Fensterstollens errichtete der Bauherr mehrere Messstellen zur Bestimmung der Abflussmenge des eindringenden Wassers. Im Allgemeinen lagen die Abflussmengen klar unter denjenigen der Prognose. Der Bauherr erstellte zudem einen wöchentlichen Bericht zuhanden des BWG. Parallel dazu und in Abhängigkeit des Vortriebs des Stollens wurde eine Reihe von geodätischen Messungen durchgeführt. Weder die Nivellement- noch die Distanzmessungen ergaben aussergewöhnliche Deformationen.

Anschrift der Verfasser
Henri Pougatsch, Rudolf W. Müller, Bundesamt für Wasser und Geologie, Sektion Talsperren, Ländtestrasse 20, CH-2501 Biel.

Aggertalsperre mit neuer Mauerkrone

Auch Talsperren kommen in die Jahre und werden zum Sanierungsfall, so wie die Aggertalsperre im Bergischen Land (Bild 1), deren 250 m lange Krone erneuert wurde. Starker Fahrzeugverkehr, mangelhafte Ausführung, saurer Regen und eine hohe Chloridbelastung durch Streusalz im Winter hatten die Staumauerkrone stark angegriffen. Saniert wurden die Fahrbahn und die Unterseiten der seitlich auskragenden Fuss- und Radwege. 20 bis 30 cm tief gingen die Schäden. Sie gefährdeten zwar nicht die Standsicherheit der 50 m hohen Staumauer – wohl aber die Auto- und Radfahrer, die bei Regen durch grosse Pfützen fuhren.

Neben der reinen Instandsetzung von Beton und Fahrbahndecke stellte man ein Gefälle her, damit kein Wasser auf der Fahrbahn mehr stehen bleibt, sondern in die ebenfalls zu erneuernden Entwässerungsöffnungen fliesst. Dazu war die Strasse in den Randbereichen höhenmässig anzupassen. Ausserdem erhielt die Staumauerkrone an den Enden neue Übergänge. Dort, wo die Staumauer auf die weiterführende Strasse trifft, wurde in den Beton eine stählerne Dehnfugenkonstruktion eingebaut, die Bewegungen aufnehmen kann. Risse, wie sie bisher an den Übergangsbereichen auftraten, werden dadurch verhindert.

Zum Sanierungsumfang gehörten ausserdem das Aufbringen neuer Fahrbahnbeläge einschliesslich Flüssigfolienabdichtung, das Herstellen neuer Begrenzungswände zu beiden Seiten der Gehwege, die vollständige Erneuerung der Entwässerung und die Betoninstandsetzung der Kragarmunterseiten sowie die Sanierung der neun Überlaufbereiche innerhalb der Staumauer. Die Peiniger RöRo GmbH erhielt als Generalunternehmer den 1,53-Mio.-Euro-Auftrag für die oben geschilderten Sanierungsarbeiten. Neben der Koordination der Leistungen verschiedener Spezialunternehmen erbrachte sie innovative Ingenieurleistungen mit konstruktiven Vorschlägen, die den Bauablauf gegenüber der ursprünglichen Planung flüssiger machten. *B.G.*

Bild 1. Auf ganzer Länge erneuerte Staumauerkrone der Aggertalsperre und die neun sanierten Überlaufbereiche in Staumauermitte. (Foto: Peiniger RöRo)