

# ZUSATZINFORMATIONEN

## ***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 Senkung um 13 cm und ein Näherrücken der Talflanken um 7 bis 8 cm.

Bei einem vor einigen Jahren durchgeführten Präzisionsnivellement entlang der Gotthard-Passstrasse stellte man auch dort eine Senkung 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 Senkungen führen, die sich auf bestehende Bauten, wie etwa Bogenmauern, negativ auswirken können. Die Senkungen führen zur Bildung einer Mulde, deren tiefster Punkt sich oft senkrecht über dem Tunnel befindet. Je nach topographischen und geologischen Bedingungen 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, das bei Fragen zur Sicherheit der Stauanlagen zuständig ist, und das Bundesamt für Verkehr, 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 Bogenmauer Ferden der Kraftwerke Lötschen AG (KWL) befindet sich im Bereich des Lötschberg-Basistunnels.

Man muss festhalten, dass der Betrieb von alpinen Wasserkraftanlagen (wie etwa bei der KVR) von den Jahreszeiten beeinflusst wird. 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 oft und rasch.

Für die Bundesbehörden ist es vordringlich, dass der Bau von Tunnels, Stollen und Schächten keine Auswirkungen auf die Stauanlagen hat, d. h. 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 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. Hierbei ist zu erwähnen, dass eine Senkung 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 Senkungen in Abhängigkeit zum Vortrieb des Tunnelausbruchs entwickeln. Mit dem gleichen Modell war es auch möglich, die Plausibilität der im Gebiet des Gotthardpasses beobachteten Senkungen zu bestätigen sowie einige interessante Informationen zu erhalten (Einfluss des Wassers aus dem Felsmassiv und aus Störzonen, Ausmass und Auswirkung des Absinkens des Grundwasserspiegels).

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 Senkungen keinerlei besondere Schäden verursachen, können Relativverschiebungen (Widerlagerverkipfung, Schliessen oder Öffnen (Zusammen- oder Auseinanderrücken) der Talflanken sowie gegenseitige Verschiebung der Hänge in Talrichtung) Schäden verursachen (Risse, Fugenöffnungen). 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 an 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 und Distanzmessungen zwischen den Talflanken und den Widerlagern der Staumauern. Die Nivellements, mit denen Senkungen des Geländes gemessen werden können, sind von grosser Bedeutung und haben die Funktion einer Alarmglocke. Sobald die 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 Phänomene auftritt. Gegebenenfalls kann es 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 am wichtigsten, das Wasser zu fassen und die Abflussmenge zu messen. 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 Senkungen des Felsmassivs zu verkleinern. Das BWG wird über die vorgefundenen geologischen und hydrogeologischen Bedingungen 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 dieses Projekts 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 sowie den betroffenen Parteien (ATG, KVR). In dieser Gruppe werden zudem Strategievorschläge diskutiert und zu den Massnahmen und Kriterien zur Vermeidung von Schäden Stellungbezogen.

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 Lötschentäl.

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.