

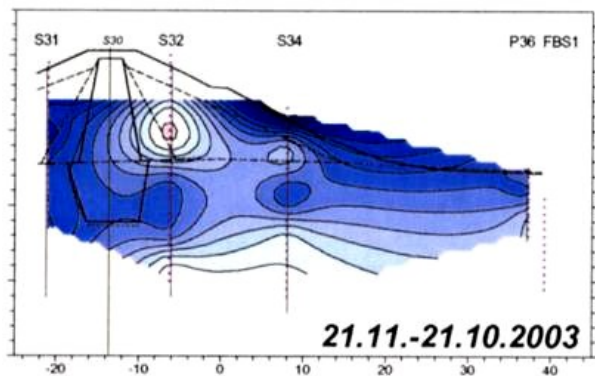


FACHTAGUNG

Verstärkte Überwachung von Talsperren

21./22. Juni 2007, Disentis

Zusammenfassung der Vorträge

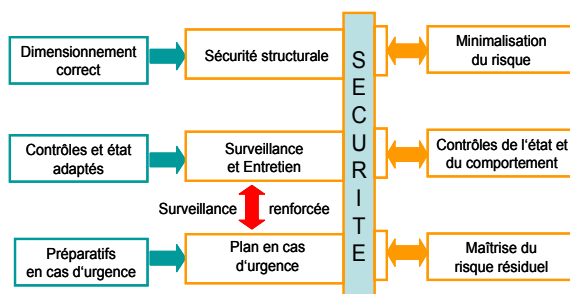
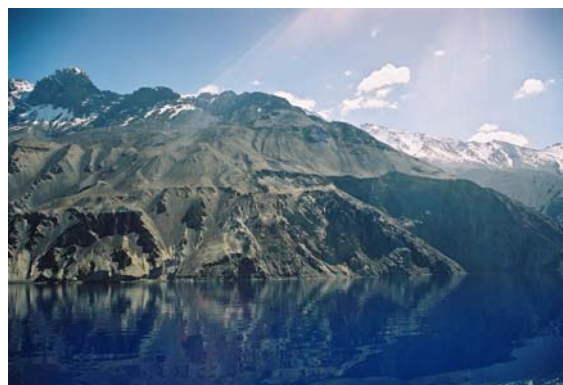
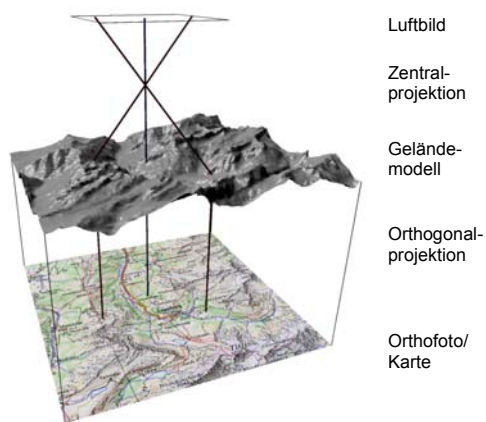


JOURNÉES D'ÉTUDE

Surveillance renforcée des barrages

21 et 22 juin 2007, Disentis

Résumés des conférences





PROGRAMM

Donnerstag, 21. Juni 2007

Mehrzweckhalle, Sport- & Kulturzentrum Disentis

7180 Disentis

Verstärkte Überwachung von Talsperren

- 13:00 Öffnung des Tagungssekretariats und der Instrumenten-Ausstellung
Empfang der Teilnehmer
- 13:30 Begrüssung
[Einführung in das Tagungsthema](#)
Dr. Georges R. Darbre
- Die verstärkte Überwachung von Talsperren im Zusammenhang mit dem Projekt AlpTransit Gotthard**
- 13:50 [Gotthard Basis Tunnel: Eine Übersicht](#)
Stefan Flury (d)
- 14:10 [Entwässerung von felsigem Untergrund; Grundlagen und Umsetzung](#)
Dr. Roger Bremen (f)
- 14:30 [Geodätische Messungen](#)
Fritz Bräker und Felix Walser (d)
- 14:50 [Überwachung durch den Betreiber und vergleichende Beurteilungen](#)
Daniel Rietmann (d)
- 15:10 Synthese und Perspektiven
Dr. Georges R. Darbre (f)
- 15:25 Kaffeepause und Instrumenten-Ausstellung
- Spezielle Überwachungsmethoden bei Talsperren und Geländebewegungen**
- 16:05 Überwachung einer Rutschzone mit kombinierten Messeinrichtungen: Geodäsie, Piezometer und Meteorologiedaten am Beispiel Mont Genis
Loïc Cottin (f)
- 16:25 Überwachung der Ufer des Sarez Sees (Tadschikistan)
Dr. Patrice Droz (f)
- 16:45 [Thermische Leckortung und Überwachung bei Dämmen](#)
Jürgen Dornstädter (d)
- 17:05 Kaffeepause und Instrumenten-Ausstellung
- 17:45 [Deformationsüberwachung durch Radar und Laserscanner](#)
Dr. Hugo Raetzo (f)
- 18:05 [Orthophotographie als Grundlage für Zustandsaufnahme und -überwachung bei Talsperren](#)
Peter Marti und Niklaus Meerstetter (d)
- 18:25 STK Publikationen "Messanlagen zur Talsperrenüberwachung" und "Aktensammlung"
Rudolf W. Müller (d)
- 18:40 Mitteilungen
Carl-Arthur Eder

PROGRAMME

Jeudi 21 juin 2007

Salle polyvalente, centre de sport et de loisirs de Disentis

7180 Disentis

Surveillance renforcée des barrages

- 13:00 Ouverture du secrétariat et de l'exposition d'instruments
Accueil des participants
- 13:30 Bienvenue
[Présentation du thème des journées](#)
Dr Georges R. Darbre
- La surveillance renforcée des barrages, conséquence du projet AlpTransit Gotthard**
- 13:50 [Le tunnel de base du Saint-Gothard: vue d'ensemble](#)
Stefan Flury (d)
- 14:10 [Drainage des masses rocheuses: éléments de base et mise en œuvre](#)
Dr Roger Bremen (f)
- 14:30 Les mesures géodésiques
Fritz Bräker und Felix Walser (d)
- 14:50 Surveillance exercée par l'exploitant et évaluations comparatives
Daniel Rietmann (d)
- 15:10 Synthèse et perspectives
Dr Georges R. Darbre (f)
- 15:25 Pause-café et exposition d'instruments
- Méthodes particulières de surveillance de barrages et de mouvements de terrain**
- 16:05 [Surveillance d'une zone de glissement par mesures combinées géodésie, piézométrie et météorologie: Mont Genis](#)
Loïc Cottin (f)
- 16:25 [Surveillance des rives du lac Sarez \(Tadjikistan\)](#)
Dr Patrice Droz (f)
- 16:45 [Détection thermique et surveillance d'écoulement dans les digues](#)
Jürgen Dornstädter (d)
- 17:05 Pause-café et exposition d'instruments
- 17:45 Surveillance de mouvements au moyen de radars et lasers
Dr Hugo Raetzo (f)
- 18:05 [L'utilisation de l'orthophotographie pour la saisie de l'état et la surveillance des barrages](#)
Niklaus Meerstetter, Peter Marti (d)
- 18:25 Publications du CSB « Dispositif d'auscultation des barrages » et « Dossier du barrage »
Rudolf W. Müller (d)
- 18:40 Communications
Carl-Arthur Eder

Einführung in das Tagungsthema “Verstärkte Überwachung von Talsperren“

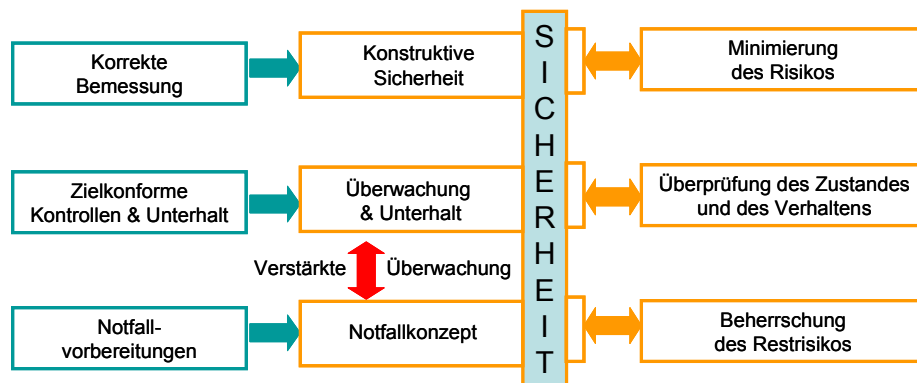
Présentation du thème des journées “Surveillance renforcée des barrages“

Dr Georges R. Darbre, Chargé de la sécurité des barrages (OFEN) et Président du groupe de travail pour l'observation des barrages (CSB), case postale, CH-3003 Berne

Zusammenfassung

Das Sicherheitskonzept für Stauanlagen ist abgestützt auf drei Pfeiler: konstruktive Sicherheit, Überwachung und Unterhalt, Notfallplanung. Diese Struktur und ihre jeweiligen Elemente sind eine logische Umsetzung der Zielsetzung, nämlich der jederzeitigen Gewährleistung der Sicherheit und zwar in allen Lagen. Sie bilden auch die drei Hauptkapitel der Verordnung über die Sicherheit der Stauanlagen (StAV).

In der Praxis treten gewisse Situationen auf, deren Behandlung nicht ohne weiteres einem der drei Pfeiler zugewiesen werden kann. Dies ist der Fall wenn die Anlage einer Einwirkung unterzogen wird oder unterzogen werden könnte, deren Entwicklung unbekannt, unsicher oder durch keine Erfahrung verifiziert ist (wie z.B. bei der Betriebsaufnahme). Dies ist auch der Fall, wenn das Verhalten der Anlage oder eine visuelle Beobachtung à priori nicht erklärbar ist. Die ordentliche Überwachung genügt dann nicht mehr; man muss aber auch nicht gerade voll in die Notfallplanung einsteigen. Bei solchen Situationen ist die Lösung stets dieselbe: die verstärkte Überwachung. Das Ziel ist auch immer dasselbe: über die Elemente zu verfügen, welche eine laufende Analyse der Lage gestatten, so dass mögliche Abwehrmassnahmen getroffen werden können.



Die verstärkte Überwachung bei einer spezifischen Sperre hängt jeweils von einer auslösenden Ursache ab und besteht im Allgemeinen aus der Installation einer zusätzlichen Instrumentierung und aus der Erhöhung der ordentlichen Frequenz der Beobachtungen, Messungen und Analysen.

Mehrere Sperren in der Schweiz werden oder wurden einer verstärkten Überwachung unterzogen, und zwar aus verschiedenen Gründen, zum Beispiel wegen Gletscherabbruchgefahr (Othmarhang), Hangrutschgefahr (Carnena), geschwächtem Sperrenkörper (Serra), aussergewöhnlichen Verformungen und Rissbildung (Isola). Die Überwachung der Rutschzone beim Mont Cenis (Frankreich) und diejenige beim Sarez See (Tadjikistan) veranschaulichen die verstärkte Überwachung, die bei Rutschzonen vorgenommen werden kann. Diese Fälle werden bei der Tagung vorgestellt.

Untertagebauten in der Nähe von Talsperren bedürfen auch einer verstärkten Überwachung wegen der der Sperre aufgezungenen Verformungen, welche daraus entstehen können, wie dies bei der Sperre Zeuzier seinerzeit beobachtet wurde. Aus diesem Grund wurde bei den sich in der Nähe des Trassees des Gotthard Basistunnels befindlichen Sperren Nalps, Cumera und Santa Maria die Überwachung verstärkt. Diese Verstärkung, wie auch die Überlegungen und Analysen die dabei gemacht wurden, werden an der Tagung in Detail präsentiert. Dies ist umso zweckmässiger als zum Teil innovative Lösungen für die Überwachungsverstärkung dieser Sperren gesucht wurden. Dies ist auch ein aktuelles Thema bei geplanten Anlagen bei welchen der Bau von Stollen und Kavernen vorgesehen ist (Nant de Drance bei den Sperren Emosson und Vieux Emosson, KLL 2015 bei Limmern).

Wegen des ausserordentlichen Charakters einer verstärkten Überwachung kann es von Vorteil sein, neuere Überwachungstechnologien einzusetzen. Drei verschiedene Arten werden bei der Tagung näher erläutert (Temperatursondiervorfahren, Radar und Laserscanning, Orthophotographie).

Die neuesten Publikationen des Talsperrenkomitees im Bereich der Überwachung werden zudem vorgestellt ("Messanlagen zur Talsperrenbeobachtung" und Aktensammlung").

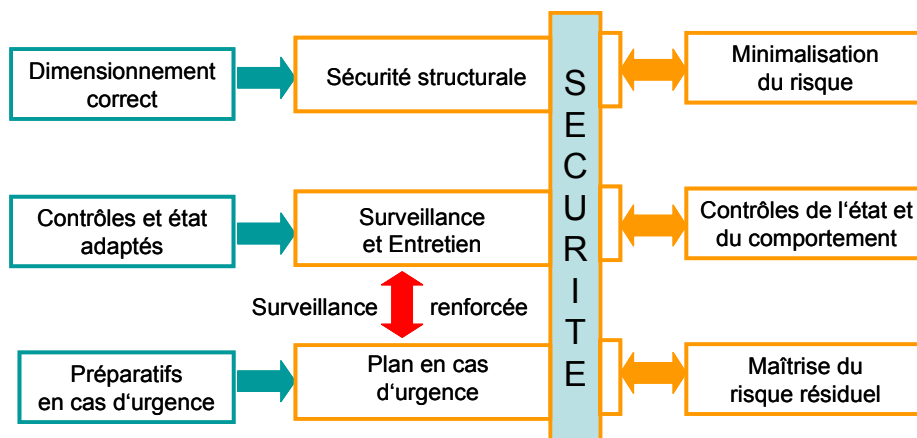
Présentation du thème des journées "Surveillance renforcée des barrages"

Dr Georges R. Darbre, Chargé de la sécurité des barrages (OFEN) et Président du groupe de travail pour l'observation des barrages (CSB), case postale, CH-3003 Berne

Résumé

Le concept de sécurité pour les barrages d'accumulation repose sur les trois piliers de la sécurité structurale, de la surveillance et entretien, et de la planification en cas d'urgence. Cette structure et les éléments de chacun de ces piliers sont une mise en oeuvre logique de l'objectif ultime qui est de garantir la sécurité en tout temps et en toute circonstance. Ils forment également les trois chapitres centraux de l'Ordonnance sur la sécurité des ouvrages d'accumulation (OSOA).

En pratique, certaines situations peuvent se développer dont la prise en charge ne peut pas être attribuée sans autre à un de ces piliers. C'est le cas lorsque l'ouvrage est soumis ou pourrait être soumis à des sollicitations dont le développement est inconnu, incertain ou pas encore vérifié par l'expérience (aussi en début d'exploitation). C'est également le cas lorsque le comportement de l'ouvrage ou un constat visuel n'est à priori pas explicable. La surveillance ordinaire n'est alors plus suffisante, sans que la situation ne nécessite d'entrer de plein pied dans la planification d'urgence. La réponse à ce type de situation est toujours la même: La surveillance renforcée. Le but est également toujours le même: Disposer des éléments nécessaires à l'analyse permanente de la situation afin de pouvoir prendre à temps des mesures de protection éventuelles.



La surveillance renforcée à mettre en place à un ouvrage spécifique dépend de la raison qui la motive. Elle consiste généralement en l'installation d'instruments de mesures supplémentaires et en l'augmentation de la fréquence ordinaire des observations, mesures et analyses.

Plusieurs barrages font ou ont fait l'objet d'une surveillance renforcée en Suisse pour des raisons diverses, par exemple danger de rupture de glacier (Othmarhang), glissement de terrain (Camena), affaiblissement de barrage (Serra), déformations anormales et fissuration (Isola).

La surveillance des zones de glissement du Mont Cenis (France) et celle des rives du lac Sarez (Tadjikistan) illustrent parfaitement la surveillance renforcée qui peut être mise en place en présence de zones de glissement; elles sont présentées lors de ces journées.

La construction d'ouvrages souterrains à proximité de barrages nécessite également la mise en place d'une surveillance renforcée du fait de la déformation imposée au barrage qui peut en résulter, tel qu'observé au barrage de Zeuzier. C'est le cas aux barrages de Nalps, Cumera et Santa Maria qui se trouvent à proximité du tracé du tunnel de base du Gothard. La surveillance renforcée de ces trois barrages ainsi que les réflexions et analyses effectuées sont présentées en détail lors de ces journées 2007. Cela est d'autant plus opportun que des solutions en partie innovatrices ont été mises en place. C'est également un thème actuel pour les aménagements hydroélectriques dans lesquels la construction de cavernes et galeries est planifiée (Nant de Drance dans la région des barrages d'Emosson et de Vieux Emosson, KLL 2015 à proximité de Limmern).

Du fait du caractère exceptionnel de la surveillance renforcée, il peut être approprié d'utiliser de nouvelles techniques de surveillance. Trois types différents sont présentés lors de ces journées (sondages thermométriques, radars et lasers, orthophotographie).

Les publications récentes du Comité suisse des barrages sur le thème de la surveillance font également l'objet d'une présentation ("Dispositif d'auscultation des barrages" et "Dossier du barrage").



Gotthard Basis Tunnel: Eine Übersicht

Le tunnel de base du Saint-Gothard: vue d'ensemble

Stefan Flury, AlpTransit Gotthard AG, Zentralstrasse. 5, 6003 Luzern

Zusammenfassung

Der 57 km lange Gotthard-Basistunnel führt von Erstfeld bis Bodio und besteht aus zwei einspurigen Tunnelröhren, welche alle 325 Meter durch Querschläge miteinander verbunden sind. In den zwei Multifunktionsstellen in den Drittelpunkten des Tunnels, bei Sedrun und Faido, sind Spurwechsel und Nothaltestellen, technische Räume für den Bahnbetrieb sowie Lüftungsinstallationen untergebracht. Dieses grosse Schweizer Bauprojekt wird voraussichtlich im Jahr 2017 eröffnet werden.

Nicht immer ist die Gerade die beste Verbindung zwischen zwei Punkten: Verschiedene Bedingungen beeinflussen die Linienführung. Beim Gotthard-Basistunnel bestimmte unter anderem die Geologie den besten Weg. Prognosen erfahrener Geologen sowie Sondierbohrungen geben eine gewisse Sicherheit. Was die Bergleute an der Tunnelbrust tatsächlich erwartet, kann freilich niemand voraussagen. Aar- und Gotthardmassiv bilden das Rückgrat der Schweizer Alpen. Sie bestehen weitgehend aus Gneisen und Graniten. Zwischen diesen Massiven wurden Sedimente eingepresst und teilweise stark zerbrochen. Daher müssen beim Bau des Gotthard-Basistunnels unterschiedlichste Schichten durchquert werden. Sie reichen von den Gotthard-Graniten über die penninischen Gneise der Leventina bis zu den Gesteinen des Tavetscher Zwischenmassivs.

Im Rahmen der Projektierung für den Bau wurde die Frage beantwortet, wann, wo und in welcher Reihenfolge gebaut werden muss, um Bauzeit und -kosten zu optimieren. Das Konzept für den Gotthard-Basistunnel sieht einen gleichzeitigen Vortrieb in fünf Teilabschnitten unterschiedlicher Länge vor. Im Bauprojekt wurden zwei Varianten erarbeitet, die sich in der Vortriebsmethode Tunnelbohrmaschine bzw. Sprengvortrieb unterscheiden. Zwischenangriffe, also zusätzliche Tunnelzugänge von oben (Schächte) und von der Seite (Stollen), verkürzen die Bauzeit: Die Zwischenangriffe Amsteg, Sedrun und Faido unterteilen den Gotthard-Basistunnel in fünf Teilabschnitte: Erstfeld (mit Nordportal), Amsteg, Sedrun, Faido und Bodio (mit Südportal).

Im April 2007 wurden die Hauptarbeiten beim Teilabschnitt Erstfeld aufgenommen. Diese umfassen unter anderem einen Vortrieb von rund 7 km mit zwei Tunnelbohrmaschinen in Richtung Amsteg. Auf der Baustelle Amsteg sind von den verleibenden 185 Meter bis zur Losgrenze Sedrun in der Oströhre 150 m und in der Weströhre 28 m im Sprengvortrieb ausgebrochen. Im Teilabschnitt Sedrun fehlen bis zur Losgrenze Sedrun / Amsteg in den Nordvortrieben im Mittel noch rund 180 m.

Weiter südlich, im Teilabschnitt Faido, fanden im September und Oktober 2006 die Durchschläge der beiden Tunnelbohrmaschinen von Bodio statt. Momentan laufen an den Maschinen Montage- und Umbauarbeiten. Das Wiederandrehen der Tunnelbohrmaschine in der Oströhre findet am 06. Juli 2007 statt. Auf der Baustelle im Teilabschnitt Bodio haben Deformationen infolge von druckhaften Gebirgsverhältnissen auf einer Länge von rund 1'000 m Unterprofil verursacht. Deshalb werden sowohl in der Ost- als auch in der Weströhre Nachprofilierungsarbeiten ausgeführt. Bisher wurden rund 42% der Sanierungslängen nachprofiliert.

Am 1. Juni 2007 sind von den insgesamt 153.5 km Tunnel, Schächte und Stollen des Gotthard-Basistunnels 103.672 km oder 67.6 Prozent ausgebrochen.



Le tunnel de base du Saint-Gothard: vue d'ensemble

Gotthard Basis Tunnel: Eine Übersicht

Stefan Flury, AlpTransit Gotthard AG, Zentralstrasse. 5, 6003 Luzern

Résumé

Le tunnel de base du Saint-Gothard, avec une longueur de 57 km, mène d'Erstfeld jusqu'à Bodio et se compose de deux galeries à voie unique reliées l'une à l'autre tous 325 mètres par des rameaux de communication. Les deux stations multifonctions situées au premier et au deuxième tiers de la longueur du tunnel, à Sedrun et à Faido, comportent des échangeurs et des stations de secours, de même qu'elles abritent des locaux techniques pour la ligne ferroviaire ainsi que des installations de ventilation. L'inauguration de ce grand projet suisse est planifiée pour l'année 2017.

La ligne droite n'est pas toujours la liaison la meilleure entre deux points, différents paramètres influant sur le tracé. Dans le cas du tunnel de base du Saint-Gothard, le meilleur itinéraire possible est en partie imposé par la géologie. Les prévisions établies par des géologues d'expérience renforcées par des sondages garantissent une bonne sécurité. Mais personne ne peut prévoir avec exactitude ce qui attendront réellement les mineurs sur le front de taille. Les massifs de l'Aar et du Saint-Gothard constituent l'épine dorsale des Alpes suisses. Ils se composent essentiellement de gneiss et de granites. Des sédiments ont été pincés entre ces massifs et certaines parties sont très fracturées. C'est pourquoi les couches géologiques les plus diverses devront être traversées lors du percement du tunnel du Saint-Gothard, des granites du massif du Saint-Gothard aux roches du massif intermédiaire du Tavetsch; en passant par le gneiss penninique chargé de tensions internes.

Les études menées dans le cadre de la planification du projet ont permis de déterminer où, à quel moment et dans quel ordre les travaux devaient s'effectuer, afin d'optimiser les durées et les coûts des chantiers. La solution retenue pour le tunnel de base du Saint-Gothard prévoit le percement simultané de cinq portions de longueur inégale appelées tronçons. Deux variantes différentes ont été élaborées pour le projet, se différenciant par les méthodes de percement envisagées, à savoir l'avancement à l'explosif ou le creusement par tunnelier. Des points d'attaque intermédiaires, donc des accès supplémentaires au tunnel par le haut (puits) et par les côtés (galeries), permettent de réduire la durée nécessaire au percement de longs tunnels. Les points d'attaque intermédiaires d'Amsteg, de Sedrun et de Faido subdivisent le tunnel de base du Saint-Gothard en cinq tronçons: Erstfeld (comprenant le portail nord), Amsteg, Sedrun, Faido et Bodio (comprenant le portail sud).

En avril 2007 ont recommencé les travaux principaux au chantier de Erstfeld. Ceux-ci se composent entre autres d'un percement d'environ 7 km avec deux tunneliers en direction de Amsteg.

Au chantier de Amsteg des 185 mètres qui restent à creuser jusqu'à la frontière du lot de Sedrun, 150 mètres ont été excavés à l'explosif dans la galerie Est et 28 mètres dans la galerie Ouest. A Sedrun il manque, en moyenne, encore près de 180 mètres dans les avancements Nord jusqu'à la frontière du lot de Sedrun/Amsteg.

Plus au sud, à Faido, en septembre et octobre 2006 est terminé le percement des deux tunneliers qui avaient pris le départ à Bodio. En ce moment sont en cours les travaux de montage et de transformation aux tunneliers. La remise en marche du tunnelier dans le tube Ouest aura lieu le 6 juillet 2007. Au chantier de Bodio la roche a subi des déformations après le passage des tunneliers dans les deux tubes, sur une longueur de près de 1'000 mètres. C'est pour cette raison que des travaux de recreusage sont en cours dans la galerie Est et dans la galerie Ouest. Jusqu'ici, près de 42% de la longueur de recreusage a été achevée dans les deux tubes.

Au 1er juin 2007, presque 103.672 km – soit 67.6 pour cent - de la totalité des 153,5 kilomètres de tubes de tunnel, puits et galeries du tunnel de base du Saint-Gothard étaient excavés.



Drainage des masses rocheuses: éléments de base et mise en œuvre

Entwässerung von felsigem Untergrund; Grundlagen und Umsetzung

Dr Roger Bremen, Lombardi Ingegneri Consulenti SA, Via R. Simen, CH-6648 Minusio

Zusammenfassung

Untertagbauten können, je nach geologischen und hydrogeologischen Verhältnissen zu einer grossräumigen Änderung der Grundwasserverhältnisse führen. Im Vortrag wird der Einfluss dieser Grundwasseränderungen auf die Gebirgsoberfläche theoretisch, sowie aufgrund der Messungen von AlpTransit Gotthard erläutert.

Ähnlich wie in einem gesättigten Boden, führen Änderungen der Druckverteilung zu grossräumigen Verformungen auch in einem Felsmassiv.

Ausgehend von den bisher bekannten Beispielen der Talsperren Zeuzier sowie der Setzungen entlang der Gotthard-Passstrasse, werden unter Beizug von einfachen Modellüberlegungen die wesentlichen Einflussfaktoren erläutert, welche das Verformungsmass sowie deren Dauer beeinflussen.

Dank dem wesentlich verbesserten Grundlagenverständnis sowie der gesammelten Erfahrung bei AlpTransit konnten die Kenntnisse über das Phänomen in den letzten Jahren bedeutend ausgebaut werden. Die Schwierigkeit einer angemessenen Modellierung der wesentlichen Einflussfaktoren (Porosität, Permeabilität und Neubildung) begrenzen heute die Möglichkeiten der Analyse sowie der Prognose des Phänomens.

Die Schlussfolgerungen aus den Erfahrungen bei der Unterfahrung der Talsperre Nalps sowie des bisherigen Verhaltens der Gebirgsoberfläche entlang der NEAT schliessen den Vortrag ab.

Résumé

La réalisation d'ouvrages souterrains peut modifier de manière plus au moins importante les caractéristiques d'un aquifère dans un massif rocheux. A l'aide d'une approche théorique ainsi que sur la base des mesures de AlpTransit, la présentation illustre l'influence des variations des conditions hydrogéologiques sur les déformations en surface et à grande échelle d'un massif rocheux.

De manière analogue aux terrains saturés, une variation de la distribution des pressions d'eau dans les familles de fissures d'un massif conduit à des déformations à grande échelle.

Fondé sur les cas connus du barrage de Zeuzier ainsi que des tassements le long de la route du col du St Gothard et en s'appuyant sur une modélisation simplifiée du phénomène, la présentation illustre les facteurs principaux qui influencent l'étendue et la durée dans le temps du phénomène.

Les approches théoriques ainsi que l'expérience pratique accumulée à ce jour dans le cadre de AlpTransit Gotthard ont permis de compléter et de consolider les connaissances du phénomène. L'analyse et la prédiction du phénomène se heurtent principalement à la difficulté d'une modélisation fiable des paramètres déterminants du massif rocheux (porosité, perméabilité, renouvellement de la nappe).

Les conclusions résultant de l'expérience acquise lors de l'avancement du tunnel de base sous le barrage de Nalps ainsi que l'évaluation du comportement de la surface du massif le long de la NEAT terminent la présentation.



Geodätische Messungen

Les mesures géodésiques

Fritz Bräker, AlpTransit Gotthard AG, Zentralstrasse. 5, 6003 Luzern

Felix Walser, Schneider Ingenieure AG, Rossbodenstrasse 15, CH-7007 Chur

Zusammenfassung

Die drei Stauanlagen Curnera, Nalps und Sta. Maria der Kraftwerke Vorderrhein AG (KVR) werden auf Grund der Stauanlagenverordnung (StAV) mit geodätischen und anderen Mitteln seit deren Inbetriebnahme regelmässig überwacht. Beim Bau des Sondierstollens Rawyl wurde die Erfahrung gemacht, dass infolge Gebirgsdrainage grossräumige Felsbewegungen hervorgerufen werden können. Diese Bewegungen in der Gegend der Staumauer Zeuzier hatten schlussendlich eine Beschädigung der Mauer zur Folge. Um eine allfällige Gefährdung der erwähnten drei Staumauern durch den Bau des Gotthard-Basistunnels zu vermeiden, entschloss man sich seitens der Bundesbehörde wie auch seitens AlpTransit Gotthard AG zu einer verstärkten geodätischen Überwachung. Neben der weiterhin durchgeführten "ordentlichen Überwachung" (Stufe 1) wurden einerseits mit einem erweiterten Triangulationsnetz (Stufe 2) und mit automatisch, permanent messenden Messanlagen (Stufe 3) sowie grossräumigen Nivellements Instrumente zur frühzeitigen Erkennung einer allfälligen Gefährdung dieser Stauanlagen eingerichtet. Durch die Drainagewirkung des Tunnelvortriebs hervorgerufene Geländesetzungen und die daraus resultierenden Talverengungen, resp. -erweiterungen sollen zuverlässig, präzise und rechtzeitig festgestellt werden können.





Überwachung durch den Betreiber und vergleichende Beurteilungen

Surveillance exercée par l'exploitant et évaluations comparatives

Daniel Rietmann, NOK, Parkstrasse 23, 5401 Baden

Zusammenfassung

Die NEAT-Linienführung des Gotthard-Basistunnels tangiert die drei Bogenmauern Nalps, Sta. Maria und Curnera der Kraftwerke Vorderrhein, der Zwischenangriffsstollen Sedrun zudem die in der Nähe befindliche Zentrale. Mit einem seitlichen Abstand von minimal nur 0.5 km führt der Tunnel in einer Tiefe von rund 1300 m fast direkt unter der Staumauer Nalps hindurch. Bei Sta. Maria beträgt der seitliche Abstand 2.2 km, bei Curnera 4.3 km. Ein Tunnelvortrieb hat aufgrund der unvermeidlichen Wasseraustritte eine gewisse Bergentwässerung zur Folge, wodurch sich Setzungen und dementsprechende Verformungen an der Erdoberfläche ergeben können.

Um die Sicherheit der erwähnten Talsperren nicht zu beeinträchtigen, wurde – zusätzlich zum normalen Überwachungsprogramm – ab 2002 ein umfangreiches, erweitertes Messdispositiv eingeführt. Nachfolgend eine Übersicht über die erweiterten Messungen:

- Bei der Zentrale Sedrun wurden Nivellemente, Neigungsmessungen, Fingerprintmessungen der Maschinen, Rissaufnahmen, Erschütterungsmessungen und Sickerwasserauswertungen im Schrägschacht durchgeführt. (Zusätzliche Überwachung abgeschlossen.)
- Der Druckstollen wird mittels periodischer Wasserverlust-Versuche kontrolliert.
- Bei der Staumauer Nalps kam zusätzlich zur normalen Überwachung (*permanent*: Seestand, 10 Betontemperaturen, Sickerwasser, Lote (Fels und Mauer), Meteo; *monatlich*: alle Lote, Auftriebe, Sickerwassermessstellen, Rockmeter, visuelle Kontrollen; *jährlich*: alle Fugen) die folgende erweiterte Überwachung zur Anwendung: geodätische Messungen der ATG, 3D-Fugenmessung (oberster KG und Injektionsgang), Neigungsmessung in der Foundation, Automatisierung aller Lote, Rissaufnahmen, zusätzliche geodätische Vollmessungen, wöchentliche visuelle Kontrollen, Monatsberichte

Die Zusatzmessungen haben bei der Zentrale – abgesehen von einem Sickerwasserrückgang beim Schrägschacht - und dem Druckstollen zu keinen Beeinträchtigungen geführt.

Bei der Staumauer konnten jedoch Abweichungen vom Normalverhalten festgestellt werden:

Ab Juni 2005 zeigten sich bei den ATG-Distanzmessungen im Vorquerschnitt Abweichungen zum Sollverhalten, ab Aug. 2005 bei der ATG-Mauermessung und ab Mai 2006 auch bei der ersten Lotmessstelle. Die Abweichungen vom Normalverhalten wurden mittels Gegenüberstellung der Messwerte zu der Umhüllenden der vergangenen Jahre und mittels einer statistischen Auswertung festgestellt. Bei der letzteren Methode konnten saisonale Effekte herausgefiltert werden, wie etwa das „Atmen“ des Berges, welches zu Distanzänderungen in Abhängigkeit der Jahreszeit führt (hauptsächlich als Funktion des Bergwasserdruckes, der Niederschläge und der Sonneneinstrahlung).

Bis heute konnten noch keine Abweichungen vom Normalzustand bei den 3D-Fugenmessungen, den Neigungsmessungen und den Rissaufnahmen beobachtet werden.

Der Sickerwassereinbruch Sep. 2006 im GB-Stollen hat sich bei den ATG-Distanzmessungen und den Lotdeformationsmessungen unmittelbar als vorübergehende Beschleunigung des anormalen Verhaltens gezeigt, welches sich nach den durchgeführten Injektionsabdichtungen wieder beruhigte.

Bis Ende Mai 2007 wurde bei den ATG-Distanzen in der Talquerung beim Vorquerschnitt Nord eine maximale Verkürzung von 30 mm gegenüber dem Normalverhalten beobachtet. Bei der Mauer beträgt die maximale Talverengung 16.5 mm, die Lote zeigen eine maximale Abweichung zur normalen Deformation von 6 mm Richtung See an.

Der Verlauf der Talverengung bei der Mauer ist entsprechend dem Tunnelvortrieb gegenüber der Talverengung beim Vorquerschnitt Nord um 1 Jahr verzögert.

Die Zusatzmessungen werden nach dem Unterfahren der Stauanlage durch den GB-Stollen aufrechterhalten, da sich Bergsetzungen auch noch zu einem späteren Zeitpunkt ergeben können.



Surveillance d'une zone de glissement par mesures combinées géodésie, piézométrie et météorologie: Mont Cenis

Überwachung einer Rutschzone mit kombinierten Messeinrichtungen: Geo-däsie, Piezometer und Meteorologiedaten am Beispiel Mont Cenis

Loïc Cottin, adjoint au chef du Bureau d'Etude Technique et de Contrôle des Grands Barrages au ministère de l'économie, des finances et de l'industrie, BETCGB, 44, avenue Marcelin Berthelot, 38030 Grenoble CEDEX 2, France

Résumé

La mise en eau de la retenue du Mont Cenis, aménagement hydroélectrique concédé à Electricité de France, a conduit l'exploitant à mettre en place un dispositif de surveillance élaboré et à procéder à de nombreuses études et reconnaissances pour déterminer le comportement du versant Sud Ouest du La-met et appréhender la nature du risque lié à cette instabilité.

La partie inférieure du versant en cause est constitué d'éboulis de matériaux détritiques provenant d'écroulements anciens de schistes lustrés déstabilisés à la suite du retrait des glaciers et de la dissolution des gypses d'un horizon triasique sous-jacent. Ces éboulis, très perméables du fait de la granulométrie grossière de ces composants rocheux, comportent à une trentaine de mètres de profondeur, une couche de granulométrie beaucoup plus fine, argileuse, sensiblement parallèle à la pente générale du versant, qui constitue un plan privilégié pour l'écoulement des eaux de ruissellement. Ces écoulements, observés chaque printemps, notamment au moment de la fonte nivale, en imbibant les matériaux fins, provoquent une perte de cohésion au sein de cette couche, une augmentation du poids des matériaux sous-jacents et l'apparition de forces d'écoulement, tous phénomènes qui agissent dans le sens d'une diminution de la stabilité.

Les mouvements observés ont connu en 1977 une crise particulière avec une réplique de moindre ampleur en 1978, provoquant des fissures d'arrachement visibles dans le paysage. Depuis cette date, le glissement paraît s'être amorti progressivement et les vitesses actuelles ne sont guère plus importantes que les mouvements observés dans la partie supérieure du versant.

Un dispositif complet d'auscultation et des mesures de surveillance a été mis en œuvre, permettant de mieux connaître le comportement et la cinématique de ce mouvement de terrain et de disposer d'indicateurs révélateurs du risque.

L'orientation du glissement et les limites physiques de la masse en mouvement sont telles que seule l'extrémité rive gauche de la digue du Mont Cenis serait effleurée par la masse en mouvement. Par ailleurs, les connaissances morphologiques du matériau permettent de considérer que le mouvement serait lent et qu'il serait plus de la forme d'une coulée boueuse que d'une masse monolithique prenant une grande vitesse. Enfin, la distance qui sépare le pied de la masse instable et l'extrémité de la digue laisse envisager que le glissement aurait perdu la plus grande partie de son énergie potentielle avant d'atteindre la digue en son extrémité.

Toutes les crises significatives observées jusqu'à présent ont été notées au cours des épisodes de fonte nivale des mois de mai et juin, à une période de l'année où la retenue du mont Cenis se trouve naturellement à une cote basse écartant tout risque potentiel pour l'aval.

Une consigne de surveillance impose un régime spécial d'observations dès lors que des débits représentatifs de la fonte nivale et télémesurés, dépassent une valeur seuil. L'apparition de mouvements significatifs ou de conditions piézométriques extrêmes impose à l'exploitant de prévenir les autorités de contrôle et la hiérarchie afin que des mesures de sécurité adéquates puissent être prises dans les plus brefs délais.



Surveillance des rives du lac Sarez (Tadjikistan)

Überwachung der Ufer des Sarez Sees (Tadschikistan)

Dr Patrice Droz, Stucky S.A, Rue du Lac 33, CH-1020 Renens 1

Résumé

C'est en février 1911 qu'eut lieu le séisme de magnitude 7.4 MSK qui provoqua, en plein massif du Pamir, l'effondrement d'un pan de montagne. Le village d'Usoy fut immédiatement enseveli et la rivière Murghab, bloquée par l'énorme masse de plus de 2 km³, forma rapidement le lac Sarez, dont le plan d'eau situé à environ 3270 m s'étend aujourd'hui sur 60 km de long, pour un volume de 17 milliards de m³.

De nombreuses campagnes d'observation et d'investigation ont rapidement été entreprises afin de s'assurer de la stabilité de la digue naturelle de plus de 550 m de haut. Ces investigations ont mis en évidence l'existence d'une zone instable située 4 km en amont de la digue. Celle-ci, en glissant dans le lac pourrait générer des vagues susceptibles d'endommager la crête irrégulière de la digue et provoquer de graves inondations.

C'est dans le cadre du "Lake Sarez Risk Mitigation Project" qu'un système d'auscultation a été mis en place en 2004. L'auscultation de la masse instable se fait par le biais d'un réseau de balises GPS.

La présentation s'attache à décrire les processus de danger liés à cette masse instable. Les différentes solutions envisagées pour procéder à une auscultation de la rive sont évoquées et les premiers résultats obtenus par le système mis en place sont exposés. Les conclusions que l'on peut en tirer corroborent le modèle d'effondrement progressif déduit des investigations récentes.



Figure 1: Masse instable en rive droite



Thermische Leckortung und Überwachung bei Dämmen

Détection thermique et surveillance d'écoulement dans les digues

Jürgen Dornstädter, GTC Kappelmeyer GmbH, Heinr.-Wittmann-Str. 7a, D-76131 Karlsruhe

Zusammenfassung

Die Temperatur stellt eine „einfach“ zu messende und „leicht“ zu interpretierende physikalische Messgröße im Wasserbau dar. Temperaturmessungen werden daher seit Jahrzehnten als Tracerverfahren eingesetzt um Strömungsvorgänge in Dämmen und Deichen nachzuweisen und einzugrenzen. Die physikalischen Grundlagen und verschiedene Messverfahren werden erläutert.

Bestehende Erddämme können mittels Temperatursondierungen untersucht werden. Dabei werden Messgestänge bis zu 45 m tief in den Damm und die Foundation eingerammt. In diesen Messrohren wird dann die Temperatur über die gesamte Tiefe gemessen. Die Temperatursondierungen erfolgen längs des Dammes in vorgegebenen Abständen. Als Ergebnis erhält man einen Temperatur-Tiefen-Schnitt längs des Dammes und kann dadurch die durchströmten Bereiche erkennen. Bis heute wurden mehr als 500 km Dammstrecken mit diesem Verfahren untersucht, unter anderem an der Aare und der Reuss, sowie der Staudamm Rhodannenberg. Die Sondierungen werden sowohl als Inspektionsverfahren als auch zur dauerhaften Überwachung eingesetzt, Erosionsprozesse können damit frühzeitig erkannt werden.

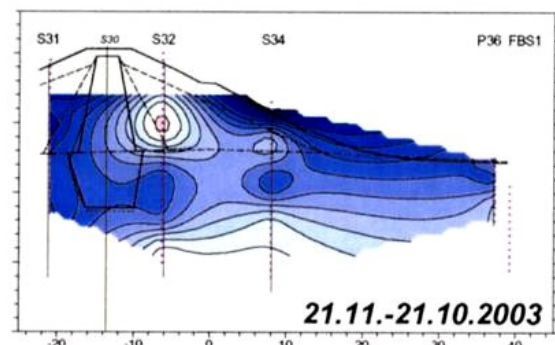
Vor mehr als 10 Jahren wurde die verteilte faseroptische Temperaturmesstechnik für den Wasserbau weiter entwickelt. Hierbei werden kostengünstige, konventionelle Glasfaserkabel aus der Telekommunikation bei Sanierungsmassnahmen und beim Neubau von Dämmen in das Bauwerk integriert. Diese Messkabel werden dann, analog zu den Temperatursondierungen, zur Überwachung der Dammdichtung genutzt. Durch eine innovative Weiterentwicklung – die Kabel werden elektrisch aufgeheizt – können sogar die Strömungsgeschwindigkeiten gemessen werden, auch hierüber werden Beispiele vorgestellt.

Résumé

Depuis plusieurs décennies, les mesures de températures sont utilisées dans le domaine de la construction hydraulique pour la détection de fuites. Les phénomènes physiques et les différentes techniques de mesures sont présentés.

Jusqu'à ce jour, plus de 500 km de linéaire de digue ont été auscultés par sondages thermométriques qui atteignaient 45 m de profondeur. Les mesures de températures sont illustrées le long d'une coupe de la digue à partir de laquelle les zones percolées de la digue sont directement décelables. La méthode a été appliquée sur différentes digues de l'Aare et de la Reuss et sur le barrage de Rhodannenberg. La méthode s'applique pour l'inspection et/ou pour la surveillance permanente. L'érosion interne est reconnaissable.

Depuis plus de dix années les mesures de températures distribuées à partir de câbles à fibres optiques sont utilisées pour la surveillance de digues et barrages. Ces câbles sont montés lors de réhabilitations ou de constructions neufs. Le développement de l'échauffement de ces câbles permet d'évaluer les vitesses d'écoulements. Des exemples sont présentés.



Surveillance de mouvements au moyen de radars et lasers

Deformationsüberwachung durch Radar und Laserscanner

Dr. Hugo Raetzo, Bundesamt für Umwelt, Abt. Gefahrenprävention, Postfach, CH-3003 Bern

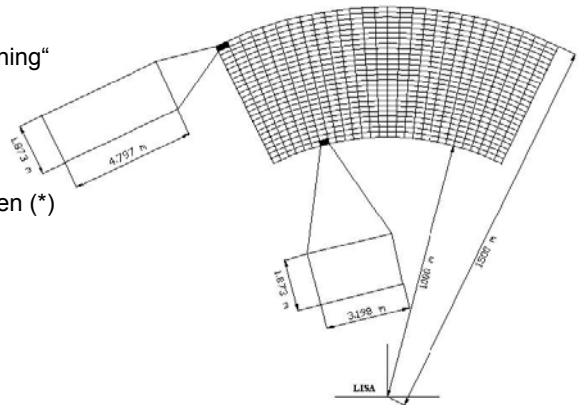
Zusammenfassung

Bei der Radarinterferometrie werden Mikrowellen von einem Radargerät ausgesendet. Diese Radarsignale werden an der Erdoberfläche in unterschiedlicher Weise reflektiert und anschliessend vom Empfänger, dem gleichen Gerät oder Satelliten, als Bild registriert. In der Regel werden Wellenlängen von 18 mm (bei F 17 GHz), 56 mm und 230 mm verwendet. Beim Bodenradar ist die Frequenz „frei“ wählbar, hingegen muss beim Satellitenradar mit vorgegebenen Wellenlängen gerechnet werden. Das Grundprinzip basiert auf dem Vergleich von 2 oder x Radaraufnahmen, die entlang einer definierten Gerade aufgenommen wurden. Das Intervall der Aufnahmen ist frei wählbar, wobei die Rutschgeschwindigkeit zu berücksichtigen ist. Aus den Aufnahmen entstehen Bilder mit hoher Kohärenz, die im Fachjargon als Synthetic Aperture Radar SAR bezeichnet werden. Bei der Berechnung werden nur die Phasenverschiebungen, die gegenüber atmosphärischen Störungen relativ resistent sind, berücksichtigt. Für höhere Ansprüche muss auch die Amplitude des zurückgestrahlten Signals eingerechnet werden. Beim Bodenradar werden in der Schweiz Standorte in 50 bis 2000 m Distanz gemessen. Für die satellitengestützte Radarinterferometrie beträgt die Distanz zur Erde zirka 800 km. Es ist zwar verständlich, dass somit grössere Unsicherheiten und Ungenauigkeiten auftreten. Allerdings kann bei optimalen Bedingungen mit der Differenzialmethode unter Einschränkungen ebenfalls eine relativ hohe Genauigkeit im cm- bis dm-Bereich erreicht werden.

Vorteile des Bodenradars:

- Grossflächige Daten von Deformationen und Bewegungen „scanning“
- Präzision im Millimeterbereich, z.B. in Preonzo ca. 0.7 mm (*)
- Messungen aus einer Distanz von 50 – 2000 m (*)
- Keine Installation im gefährdeten Sturzraum notwendig
- Mehr Sicherheit für Personen
- Hohe räumliche Auflösung, z.B. bei 1500 m mit 2x5 m Rasterzellen (*)
- Wellenlänge von 18 mm bei einer Frequenz von 17 GHz (*)

(*) Produktspezifikationen vom Radar in Preonzo, nach Lisalab



Nachteile des Bodenradars:

- Installation auf Betonsockel, Strom, Generator
- Wellenlängen zurzeit bei 18 mm (CH Konzession)
- High Tech, Robustheit
- Kosten

Vorteile mit Satellitenradar (ERS1, ERS2, ENVISAT):

- Grossflächige Daten von Deformationen und Bewegungen (bis 10'000 km²)
- Präzision im cm- oder dm-Bereich, wobei die diversen Störungen einem Filter unterliegen
- Räumliche Auflösung von zirka 20 m
- Satellitenaufnahmen ohne Installation, optional mit Reflektoren
- Regelmässige Satellitenaufnahmen in der gleichen Konfiguration (35 Tage Intervall)
- Archivdaten der ESA seit 1991
- Grosse Unabhängigkeit von Wetter und Wolken, Gewitter und Taifune sind problematisch
- Messungen sind bei Tag und in der Nacht möglich, unabhängig von der Sonneneinstrahlung
- Kombination von Satellitenradar mit Bodenmessdaten

Nachteile mit Satellitenradar:

- Verfügbarkeit der Daten, alle 35 Tage, oder weniger, ESA-Programmierung
- Geometrische und Topographische Einschränkungen, Schattenzonen: descending & ascending mode, Nord-Süd-Abdeckung gering
- Verschiebungen in LOS, Line of Sight, d.h. keine 3D-Vektoren
- Wellenlänge von 56 mm für ERS und ENVISAT, halbe Wellenlänge mit Bewegungen von 28 mm identifizierbar, dann Phasenwiederholung, phase unwrapping
- Atmosphärische und topographische Störungen, Filter notwendig
- Vegetation behindert eine konstante Mikrowellenreflektion, low coherence

Terrestrische Radarinterferometrie wird in der Schweiz an diversen Standorten mit Erfolg eingesetzt.

Satellitenradar wird in Pilotprojekten mit der ESA eingesetzt. Zum Beispiel:

- Projekt ESA SLAM 2003-2005
- Projekt ESA Geohazard Terrafirma 2005-2008

Orthophotographie als Grundlage für Zustandsaufnahme und -überwachung bei Talsperren

L'utilisation de l'orthophotographie pour la saisie de l'état et la surveillance des barrages

Peter Marti, Kraftwerke Oberhasli AG, Grimselstrasse, Postfach, CH-3862 Innertkirchen
Niklaus Meerstetter, Flotron AG, Gemeindemattenstr. 4, CH-3860 Meiringen

Zusammenfassung

Idee

Der Einsatz eines Orthofotos in der Staumauerüberwachung ermöglicht eine detailgetreue und massstäblich richtige Darstellung von Schäden an einer Mauer.

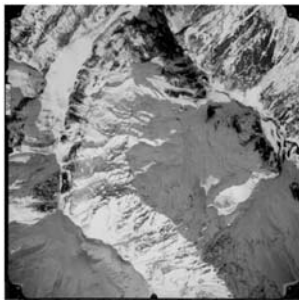
Mit dem Foto ist beispielsweise der Zustand der Wasserseite des Bauwerks jederzeit auch bei vollem See einsehbar. Wegen der guten Auflösung sind Schäden ohne grösseren Aufwand lokalisierbar.

Das Orthofoto

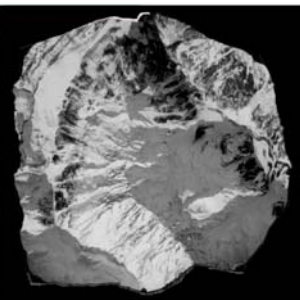
Ein Orthofoto ist eine naturgetreue, verzerrungsfreie und massstabsgetreue fotografische Abbildung eines Objektes.

Vom Bild zum Orthofoto

Bei einer Luftbildaufnahme entstehen Verzerrungen infolge einer fotografischen Zentralprojektion sowie durch Höhenunterschiede des Geländes.

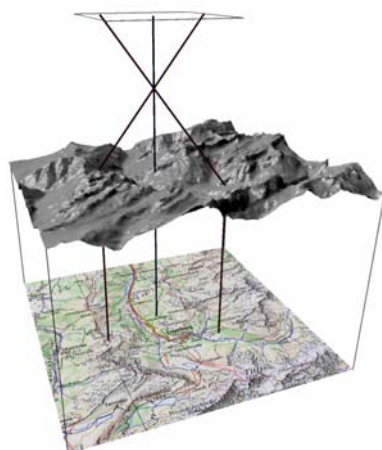


Luftbild



Orthofoto

Die Aufnahmen werden auf Punkte mit bekannten Koordinaten (sog. Passpunkten) georeferenziert und anschliessend anhand von digitalen Geländemodellen entzerrt.



Luftbild

Zentralprojektion

Geländemodell

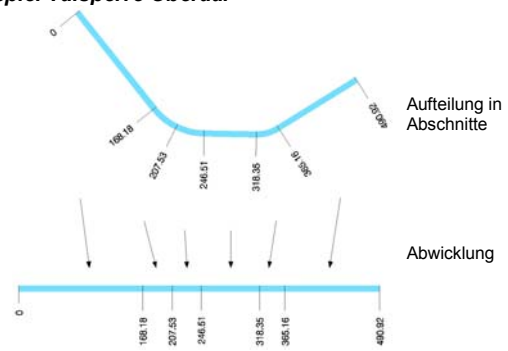
Orthogonalprojektion

Orthofoto/Karte

Spezialfall Mauerorthofoto

Da es sich bei Mauerbildern um Horizontalaufnahmen handelt, wird für die Entzerrung anstelle eines Geländemodells eine 3D-Nachbildung des Auftrisses der Mauer (Wasserseite) verwendet. Gebogene Sperrungen werden dabei aufgeteilt, abschnittsweise bearbeitet und zuletzt auf eine Ebene abgewickelt (Gesamtansicht).

Beispiel Talsperre Oberaar



Auflösung: 2.5 cm $\Rightarrow$ 20'425 x 3'600 Pixel
Datenmenge: ca. 300 MB
Lagegenauigkeit: $\pm$ 2.5 cm
Aufnahmedistanz: 50 m

Ausblicke

Digitalkameras mit höherer Auflösung ermöglichen eine Pixelgrösse an der Mauer von 1 cm.

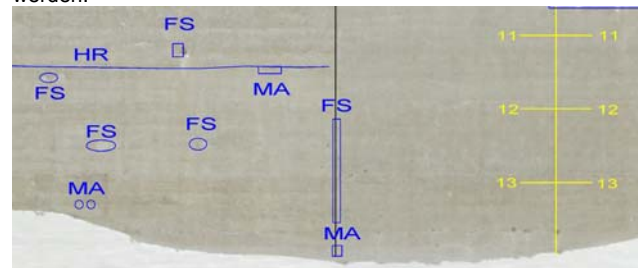
Ein terrestrischer Laserscan der Mauer ergibt einerseits ein genaues Modell für die Orthofotoberechnung, andererseits können Löcher und Verformungen einfacher detektiert und auch quantitativ beurteilt werden.

Es wird bei vielen Talsperren aber schwierig sein, den Laserscanner seeseitig optimal zu positionieren.

Anwendung bei KWO

Wir definierten unser Konzept so, dass eine gute Übersicht entsteht, dass Orientierungshilfen vorhanden sind und dass die Schäden mit Symbolen hervorgehoben werden.

Das Vorgehen bestand darin, dass wir das Orthofoto in unserem CAD-Programm All-Plan als Bild hinterlegten. Anschliessend wurden ein Blockraster (Hervorheben der Blockfugen) und ein Höhenraster (Betonierfugen) eingezeichnet. Mit Hilfe des Begehungsprotokolls und mit zusätzlichen speziellen Fotos wurden daraufhin die Schäden mit einem Symbol markiert. Die Schadenentwicklung kann mit verschiedenen Farben dargestellt werden.



Als Problem stellte sich heraus, dass in unserem CAD-System nur Bilder bis 650 KB hinterlegt werden können. Deshalb musste das Mauerorthofoto aufgeteilt und die einzelnen Teilbilder stark komprimiert werden, was einen Qualitätsverlust zur Folge hatte. Als Abhilfe musste das Orthofoto in noch kleinere Abschnitte aufgeteilt oder es musste auf ein leistungsstärkeres CAD-Programm zurückgegriffen werden.

L'utilisation de l'orthophotographie pour la saisie de l'état et la surveillance des barrages

Orthophotographie als Grundlage für Zustandsaufnahme und -überwachung bei Talsperren

Peter Marti, Kraftwerke Oberhasli AG, Grimselstrasse, Postfach, CH-3862 Innertkirchen
Niklaus Meerstetter, Flotron AG, Gemeindemattenstr. 4, CH-3860 Meiringen

Résumé

Concept

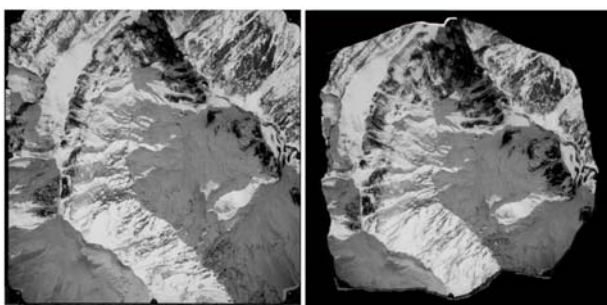
L'utilisation d'une orthophotographie pour la surveillance d'un barrage permet d'obtenir une représentation fidèle dans les détails et à l'échelle exacte des dommages présents dans le mur. Avec cette photo par exemple, on peut voir à tout moment l'état de l'ouvrage côté amont lorsque le lac est plein. Grâce à la haute résolution, les dommages sont facilement identifiés.

L'orthophotographie

Une orthophoto est une représentation photographique d'une construction fidèle à la réalité, sans déformation et à l'échelle.

De la photographie à l'orthophotographie

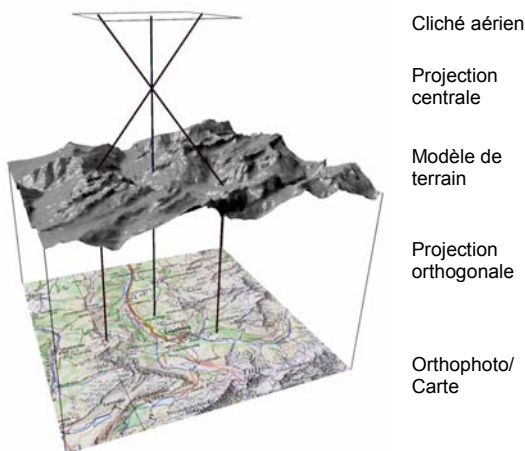
Lors de la prise d'un cliché aérien apparaissent des déformations dues à une projection photographique centrale ainsi qu'aux différences d'élévation du terrain.



Cliché aérien

Orthofoto

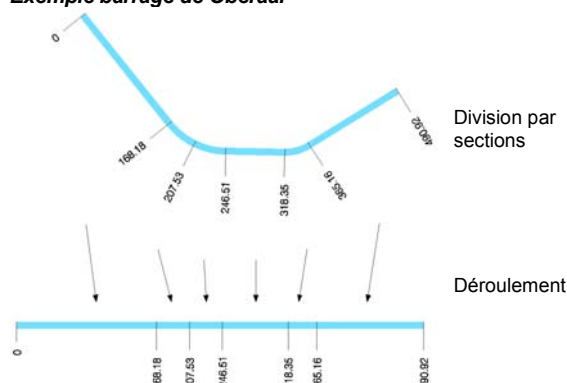
Les clichés sont géoréférencés sur des points avec les coordonnées connues (points de contrôle au sol) puis, corrigés au moyen de modèles de terrain numériques.



Cas particulier orthophoto d'un mur

Etant donné que pour les photos de mur il est question de clichés horizontaux, on utilise pour la correction une représentation 3D de l'élévation du mur (côté eau) au lieu d'un modèle de terrain. Les barrages courbés sont ainsi divisés, travaillés par sections et enfin projetés sur un plan unique (vue développée).

Exemple barrage de Oberaar



Résolution: 2,5 cm $\Rightarrow$ 20'425 x 3'600 pixels
Quantité de données: env. 300 MB
Exactitude de position: $\pm$ 2,5 cm
Distance de prise: 50 m

Vues

Les appareils photos numériques dont la résolution est relativement élevée permettent une taille en pixels sur le mur de 1 cm.

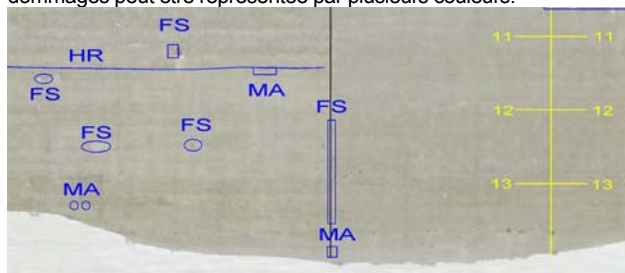
Un scanner laser terrestre du mur offre d'une part un modèle exact pour le calcul de l'orthophoto et d'autre part il permet de détecter facilement les cavités et déformations et leur quantité peut facilement être évaluée.

Pour de nombreux barrages, il est toutefois difficile de positionner parfaitement le scanner laser du côté du lac.

Application chez KWO

Nous avons défini notre concept de telle manière à obtenir une bonne vue d'ensemble, à avoir des aides à l'orientation et à mettre en évidence les dommages au moyen de symboles.

La méthode consistait à placer en image de fond l'orthophoto dans notre programme CAD All-Plan. Par la suite, une trame des blocs (mise en évidence des jointures de blocs) et une trame des hauteurs (joints de bétonnage) ont été dessinées. A l'aide d'un protocole d'inspection et de photos spéciales supplémentaires, les dommages ont été marqués dessus par un symbole. L'évolution des dommages peut être représentée par plusieurs couleurs.



Un problème est survenu, à savoir que dans notre système CAD, seules des images d'une taille jusqu'à 650 KB pouvaient être placées en image de fond. Par conséquent, l'orthophoto du mur a dû être divisée et les parties de photo fortement comprimées ce qui a entraîné une perte de qualité. Pour remédier à ce problème, l'orthophoto devrait être divisée en des sections encore plus petites ou un programme CAD plus performant devrait être utilisé.