

Zeitschrift: Wasser Energie Luft = Eau énergie air = Acqua energia aria

Herausgeber: Schweizerischer Wasserwirtschaftsverband

Band: 85 (1993)

Heft: 1-2

Artikel: Sanierung eines Vertikalschachtes der Maggia-Kraftwerke in Peccia

Autor: Martini, Ottavio / Gubler, Hans

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-939952>

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: 10.02.2026

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

Sanierung eines Vertikalschachtes der Maggia-Kraftwerke in Peccia

Ottavio Martini und Hans Gubler

Die beschädigte Stahlauskleidung eines 130 m hohen Vertikalschachtes (Wasserschloss) mit 5 m Durchmesser ist durch eine 15 cm starke, doppelt armierte Spritzbetonauskleidung (1813 m²) ersetzt worden. Die Sanierung dauerte 4,5 Monate und kostete 2,25 Mio Franken.

Baugeschichte

Die Anlage von Peccia wurde in den Jahren 1951 bis 1955 erstellt, während der ersten Bauetappe der Maggia-Kraftwerke (Bild 1).

Sie umfasst das Speicherbecken Sambuco (63 Mio m³, Stauziel 1461 m ü. M.) oberhalb Fusio, einen 5,3 km langen Druckstollen von 2,2 bis 3,2 m Durchmesser, einen 130 m hohen Vertikalschacht (Wasserschloss) mit 5,0 m Durchmesser, einen 790 m langen Druckschacht von 1,9 bis 1,7 m Durchmesser und 70% Gefälle und die unterirdische Zentrale Peccia. Darin sind zwei horizontalachsige Zwillings-Peltonturbinen mit einer Leistung von 47 MW, 300 U/min, 14,5 m³/s und zwei Pumpengruppen von 22 MW und 4,5 m³/s Leistung installiert. Das dazugehörige Ausgleichsbecken hat ein Fassungsvermögen von 115 000 m³ mit einem Stauziel von 1032 m ü. M. (Bild 2).

Den Vertikalschacht baute man einer grossen Felsverwerfung wegen etwa 50 m weit vom ursprünglich geplanten Standort entfernt. Er war bis auf eine Höhe von 122,5 m mit Stahlblechen von 8 bis 12 mm Stärke verkleidet. Der Zwischenraum zwischen Fels und Panzerung ist mit Beton ausgefüllt. Zur Durchführung von Kontrollen und Revisionen ist das Drucksystem von Peccia von 1955 bis 1985 sechsmal vollständig und zweimal teilweise entleert worden. Dabei hat man keine Schäden oder grössere Wasserverluste festgestellt.

Schaden und vermutete Ursache

Seit Ende Sommer 1986 sind stetig zunehmende Wasserverluste im Zugangsstollen zum Schachtfuss beobachtet worden. Die von Ende 1986 an regelmässig gemessenen Werte haben bald einen direkten Zusammenhang zwischen den Verlusten und der Stauhöhe im Speicherbecken Sambuco aufgezeigt. Im Sommer 1989 haben sie gegenüber dem Vorjahr stark zugenommen, obwohl der Vollstau in Sambuco nicht erreicht wurde. Als man Anfang 1990 bei sinkendem Seespiegel nochmals eine massive Zunahme der Wasserverluste feststellte, beschloss man eine Kontrolle der betroffenen Anlagen.

Nach der Teilentleerung des Drucksystems wurden am 24. April 1990 der Druckstollen Sambuco-Peccia und das Wasserschloss in Peccia inspiziert. Dabei sind Schäden an der Panzerung des Vertikalschachtes entdeckt worden. Die Blechauskleidung war bis auf eine Höhe von 90 m eingebaut, im unteren Teil fast bis zur Hälfte des Schachtdurchmessers (Bild 3).

Mit grosser Wahrscheinlichkeit sind die Schäden im Frühsommer 1986 entstanden, kurz bevor erstmals grössere Sickerwassermengen festgestellt wurden. Damals fanden bei extrem niedrigem Seespiegel Räumungsarbeiten an der Wasserfassung im Sambuco-Becken statt. Infolge starker Schneefälle im April 1986 lag im Tessin unterhalb 2000 m ü. M. eine überdurchschnittlich hohe Schneedecke. Die durch die Räumungsarbeiten verursachte niedrige Stauhöhe im Wasserschloss und der

hohe Wasserdruck im umgebenden Gebirge infolge starker Schneeschmelze dürften die erwähnten Schäden an der Panzerung verursacht haben. Der starke Rostansatz an einzelnen Blechpartien erhärtete die Vermutung, dass zwischen Entstehung und Entdeckung des Schadens längere Zeit verstrichen war (Bild 4).

Sanierungsprojekt

Die Nordostschweizerischen Kraftwerke AG, Baden, sind im Sommer 1990 von der Maggia Kraftwerke AG mit der Projektierung der Instandstellung des Schachtes beauftragt worden.

Es wurden drei Möglichkeiten untersucht:

- Reparatur der bestehenden Schachtauskleidung
- Erstellen einer neuen Schachtauskleidung aus Stahlblech
- Spritzbetonauskleidung des Schachtes

Die erste Lösung wurde aus terminlichen und finanziellen Gründen sowie des verbleibenden Flickwerks wegen verworfen. Für die zweite und dritte Lösung ergaben hydraulische Berechnungen für einen uneingeschränkten Betrieb der Anlage Peccia einen minimalen Innendurchmesser im Vertikalschacht von 4,70 m. Beide Lösungen erforderten den vorgängigen Abbruch der ins Schachtprofil ragenden, deformierten Stahlbleche.

Im Herbst 1990 wurden fünf Stahlbauunternehmen und eine Spezialfirma für Spritzbeton zur Offertstellung eingeladen.

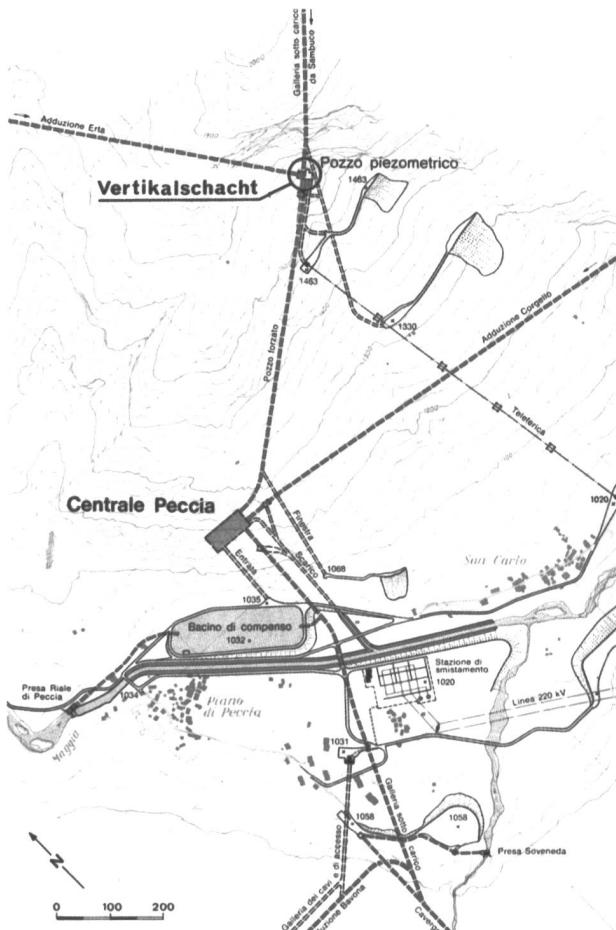


Bild 1. Übersichtsplan Peccia. Druckstollen von Sambuco Durchmesser 2,2 bis 3,2 m, Länge 5,3 km; Wasserschloss (Vertikalschacht) Durchmesser 5 m, Höhe 130 m; Druckschacht Durchmesser 1,9 bis 1,7 m, Länge 790 m, Gefälle 70%; Zentrale Peccia mit zwei horizontalachsigen Zwillings-Peltonturbinen 47 MW, 14,5 m³/s, 300 U/min und zwei Pumpengruppen 22 MW, 4,5 m³/s; Ausgleichsbecken 11500 m³, Stauziel 1032 m ü. M.

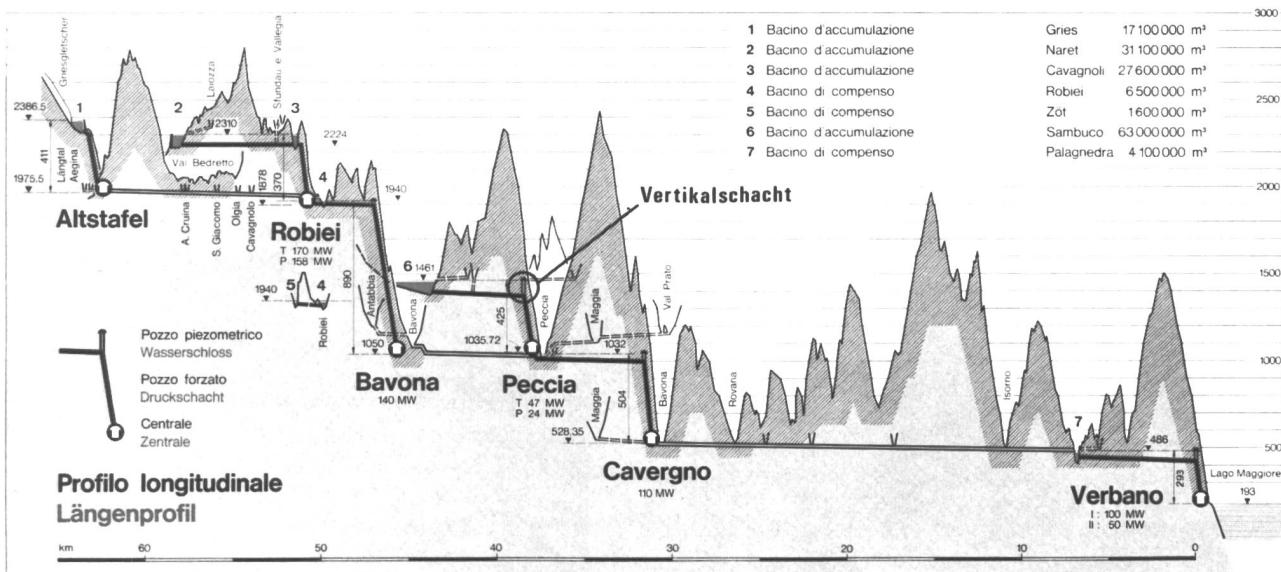


Bild 2. Längenprofil Altstafel – Verbano. 1, 2, 3 und 6 Speicherbecken; 4, 5 und 7 Ausgleichsbecken.

laden. In diesem Zusammenhang fand am 10. Oktober 1990 eine Ortsbesichtigung statt, an der Bauherr und Projektverfasser sämtliche Randbedingungen und das Bauprogramm erläuterten. Alle Firmen reichten termingerecht ein verbindliches Angebot ein. Dabei zeigte sich, dass beide Lösungen (neue Panzerung oder Spritzbetonauskleidung) technisch machbar und etwa gleich teuer waren.

Vergabe

Die Maggia Kraftwerke AG begründeten den Entscheid zugunsten der *Spritzbeton-Variante* folgendermassen:

Auf der Baustelle war nur ein Unternehmen erforderlich. Für eine neue Stahlauskleidung hätten hingegen Stahlbauer und Baufirma gleichzeitig im Einsatz gestanden, was Transport- und Platzprobleme befürchten liess. Schliesslich wurde durch die Spritzbetonauskleidung die periodisch wiederkehrende Erneuerung des Rostschutzanstrichs im Wasserschloss hinfällig.

Baustellenerschliessung

Der Vertikalschacht ist durch eine werkseigene Seilbahn erschlossen. Die Talstation liegt an der Kantonsstrasse auf rund 1020 m ü. M. Die Tragkraft der Seilbahn beträgt drei Tonnen und die Fahrzeit bis zur Bergstation auf 1465 m ü. M. etwa 15 Minuten. Die recht grosse Wasserschlosskammer (250 m^2 Grundfläche) ist durch einen 150 m langen Fensterstollen mit Stollengeleise (Spurweite 600 mm) und einem Panzertor mit den Massen $2,0 \times 2,5 \text{ m}$ erreichbar. An den Schachtfuss gelangt man von der Seilbahn-Mittelstation durch den 350 m langen Zugangsstollen, das Mannloch mit 1 m Durchmesser und ein etwa 70 m langes Teilstück des Druckstollens mit 2,15 m Durchmesser.

Vorarbeiten

Das Drucksystem Peccia wurde am 1. und 2. März 1991 entleert. Die mit der Demontage der eingebauten Panzerung beauftragte Stahlbaufirma begann am 19. Februar 1991 sich auf der Baustelle einzurichten und nahm die Arbeiten im Vertikalschacht am 4. März 1991 mit dem Abtrennen der ersten Blechteile auf. Zu Beginn wurden die Abbrucharbeiten mit zwei Arbeitsschichten zu je drei Mann, später im Drei-Schicht-Betrieb durchgeführt und dauerten bis zum 27. März 1991.

Insgesamt wurden rund 44 Tonnen Stahlblech in Einzelstücken von etwa 80 Kilogramm Gewicht abgetrennt und abtransportiert, entsprechend ungefähr 30% der gesamten Stahlblechauskleidung des Schachtes. Die Ränder der im Schacht verbliebenen Panzerung wurden mit 114 Kurzankern im Beton fixiert.

Einige Probleme verursachten während der Demontagearbeiten die von der Rostschutzbeschichtung herrührenden giftigen Dämpfe. Zu Beginn strichen diese mit dem natürlichen Luftzug nach unten in den Druckstollen und weiter bis zur 400 Meter tiefer liegenden Zentrale in Peccia. Ein am Schachtfuss montierter Ventilator sorgte für die Umkehr der Abluft nach oben, was wiederum Massnahmen erforderte, um das in der Wasserschlosskammer beschäftigte Personal mit Frischluft zu versorgen.

Bemessung und Konzept der Spritzbetonauskleidung

Wegen des hydraulisch erforderlichen Minimaldurchmessers von 470 cm durfte die Stärke der Spritzbetonauskleidung 15 cm nicht überschreiten. Diese genügt für die beiden extremen Lastfälle von je 130 m Wassersäule Innen- oder Aussendruck ohne Gegendruck. Gemäss Berechnung war lediglich für die beiden Annahmen eines bereits gerissenen äusseren Betonrings bzw. eines sehr kleinen E-Moduls des umgebenden Felsens eine starke Ringarmierung (Durchmesser 22 mm, $a = 10 \text{ cm}$) zur Aufnahme des Innendrucks erforderlich. Alle anderen Belastungen vermag der Spritzbetonring mit einer garantierten Mindestdruckfestigkeit von 40 N/mm^2 zusammen mit dem umgebenden Beton und Fels aufzunehmen.

Um die Sicherheit für alle Fälle zu gewährleisten, wurde eine konstruktive Armierung aus Stahldrahtnetzen K 283 (100/100/6/6 mm, $4,44 \text{ kg/m}^2$) mit ringförmiger Zusatzbewehrung Durchmesser 12 mm (unterhalb 1400 m ü. M.) resp. Durchmesser 10 mm im Abstand von 10 cm gewählt. Diese Armierung wurde sowohl aussen als auch innen versetzt. Um die Korrosionsgefahr bei möglichen Rissen in der Spritzbetonschale zu verringern, hat man alle Armierungsteile feuerverzinkt.

Der Bauherr verlangte die Fertigstellung der Sanierungsarbeiten bis Mitte Juli 1991. Um dieses Ziel zu erreichen, waren pro Arbeitstag knapp zwei Meter Schachtauskleidung fertigzustellen. Aufgrund eines genauen Zeit-

planes für das Aufbringen der neuen Spritzbetonschichten und das Versetzen der beiden Armierungsslagen samt den dazugehörigen Kurzankern mussten 18 Mann, aufgeteilt in zwei Arbeitsschichten, eingesetzt werden.

Die schlechten Zugangsmöglichkeiten zum Schachtfuss erforderten zwangsläufig das Installieren der Spritzbetoneinrichtungen in der Wasserschlosskammer am oberen Ende des Schachtes. Dies und andere Gründe (Beschädigung, Verschmutzung, Abfallbeseitigung) führten dazu, dass die Spritzbetonauskleidung von oben nach unten aufgebracht wurde. Dazu benötigte man Kurzanker, welche das Abgleiten des Spritzbetonrings bis zu seiner Fertigstellung verhinderten und gleichzeitig die Verbindung mit der Schachtumgebung herstellten. Das obere und das untere Ende des Spritzbetonrings wurden je in einer Stahlblech-Manschette fixiert, die an der bestehenden Panzerung angeschweisst ist.

Vorversuche

Im Januar 1991 hat der Spritzbeton-Unternehmer Vorversuche im Massstab 1:1 durchgeführt. Dazu wurde in einer klimatisch vergleichbaren Kaverne ein Stahlblech von 10 mm Stärke, 250 cm Radius und 200 cm Höhe aufgestellt. Der Blech-Halbring wurde mit Beton hinterfüllt und

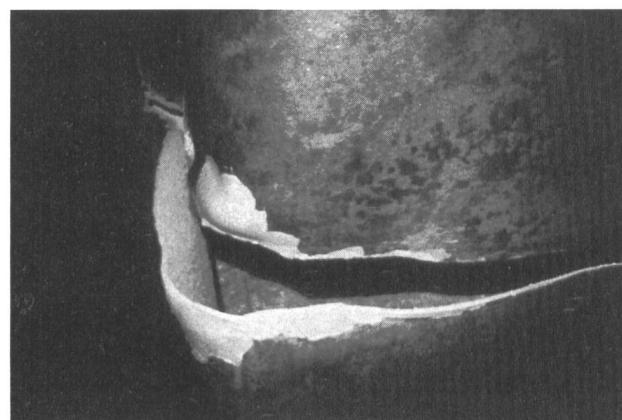


Bild 4. Schaden an der Schachtpanzerung Peccia vom April 1990.
Stahlstärke 8 bis 12 mm.

die Innenseiten mit derselben Rostschutzbeschichtung versehen wie der Schacht in Peccia.

Die Vorversuche erlaubten, den geplanten Arbeitstakt mit den kurzen Erhärtungszeiten zwischen zwei Spritzbetonschichten durchzuspielen und ausserdem die Qualitätsanforderungen an den Spritzbeton zu überprüfen. Dabei bestätigte sich die Vermutung, dass die Haftung auf der unbeschädigten Rostschutzbeschichtung praktisch gleich null war.

Materialwahl

Für die Spritzbetonauskleidung des Vertikalschachtes verarbeitete man eine sogenannte Baustellenmischung (an Ort und Stelle aufbereitetes Trockengemisch) mit hochwertigen Bestandteilen. Der Zuschlagstoff (0 bis 8 mm, rundes Korn) stammt aus dem Rafzerfeld, weil die Tessiner Kiessande sich für Spritzbeton so ausgesuchter Qualität nicht eignen. Als Bindemittel ist hochwertiger Portlandzement (HPC) verwendet worden, um die Erhärtung des Spritzbetons zu beschleunigen. Zum gleichen Zwecke erwärme man das Zugabewasser auf etwa 25°C. Für die Verbesserung der Dichtigkeit wurde als Füllstoff Siliziumstaub (Silicafume) beigemischt. Das Spritzbeton-Trockengemisch bestand aus 350 kg HPC, 1000 Liter Kiessand 0 – 8 mm und 24,5 kg Siliziumstaub (entsprechend 7% des Zementgewichtes). Beim Ausfüllen von grösseren Hohlräumen im Hinterfüllbeton und zum Auftragen der ersten Spritzbetonschicht auf die sandgestrahlte Blechauskleidung wurde ein pulverförmiges Schnellbindemittel (an Stelle des Siliziumstaubs) beigemischt.

Baustelleneinrichtungen

Auf dem Vorplatz der Seilbahn-Talstation war ein grosses Zelt als Zwischenlager für palettiertes Material (Sackzement, Zusatzmittel, Strahlsand) und ein Umschlaggerät mit 9 m³ Fassungsvermögen als Kiessand-Silo aufgestellt. Die Seilbahn konnte wahlweise eine Kabine für 12 Personen, eine Materialplattform für zwei bis drei Paletten oder einen Kran-Kübel mit 1,5 m³ Sand befördern. Stahldrahtnetze und Armierungsstahl hängte man direkt am Querbalken an. Für den Zwischentransport von der Bergstation in die Wasserschlosskammer standen ein 1,5-t-Hubstapler und drei gleisgängige Rollwagen zur Verfügung. Insgesamt transportierte die Seilbahn rund 1100 Tonnen Material.

Die Druckluft lieferte ein vor dem Portal des Fensterstollens aufgestellter Elektrokompressor (17 m³/min). Das

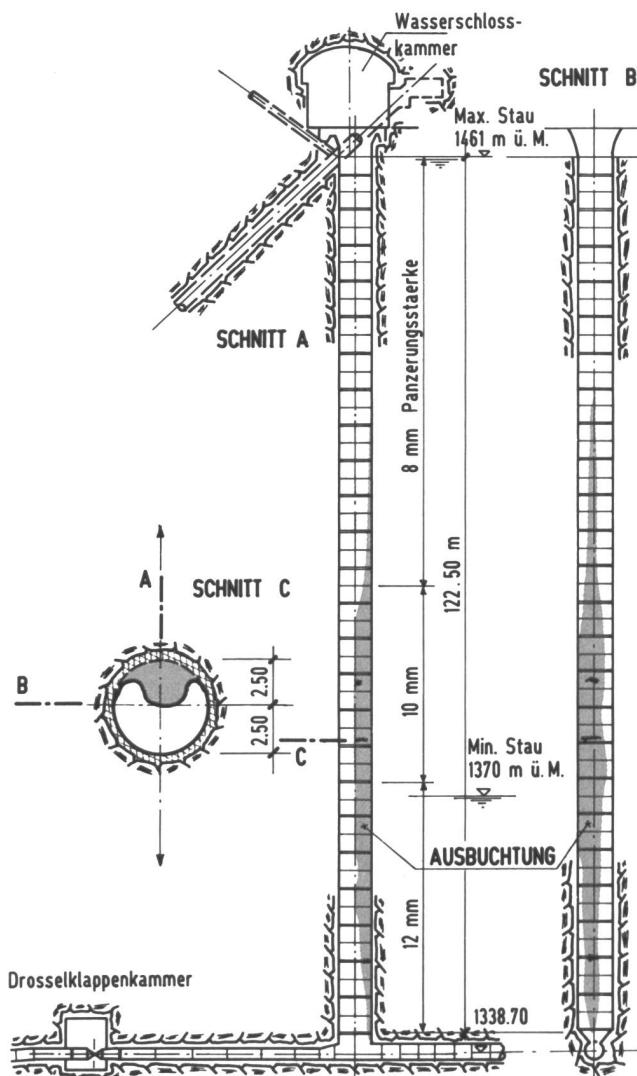


Bild 3. Schnitte durch den Vertikalschacht des Wasserschlusses Peccia mit Angabe der Schäden an der Panzerung vom April 1990.



Bild 5. Dreistöckige Arbeitsbühne, bereit zum Absenken in den 130 m tiefen Schacht Peccia.

vom kantonalen Labor als tauglich befundene Brauchwasser konnte man dem Zufluss des Erta-Baches in die Wasserschlosskammer entnehmen und in einem elektrisch betriebenen Durchlauferhitzer auf die gewünschte Temperatur erwärmen. Elektrische Energie stellte der Bauherr an den jeweiligen Verwendungsorten ab Trafo zur Verfügung.

Das Spritzbeton-Trockengemisch wurde in einem Zwangsmischer aufbereitet und über ein kurzes Förderband direkt in die Spritzbetonmaschine eingefüllt. Zwei Sandstrahlgebläse waren ebenfalls in der Wasserschlosskammer installiert. Alle Versorgungsleitungen in den Vertikalschacht für Trockengemisch, Strahlgut, Wasser, elektrische Energie, Druckluft und Gegensprechanlage wurden gebündelt an der Schachtwand befestigt. Für die wichtigsten Maschinen standen auf der Baustelle Ersatzgeräte bereit.

Für die Bauarbeiten im Schacht setzte man eine dreistöckige Arbeitsbühne ein. Sie war mit ihren rund fünf Tonnen Gesamtgewicht am Kran in der Wasserschlosskammer (acht Tonnen Tragkraft) angehängt und musste täglich nur einmal um 1,80 m abgesenkt werden (Bild 5).

Ein Motor-Hängegerüst (Fassadenlift) mit 500 kg Nutzlast diente den Personentransporten von der Wasserschlosskammer auf die Arbeitsbühne und zurück sowie für den Transport der Armierung. Dieses Hängegerüst mit einer Fahrgeschwindigkeit von 9 m/min hat sich gut bewährt. Damit konnten zeitraubende Verschiebungen der Arbeitsbühne (3 m/min) vermieden und zugleich der Ma-

schinist für die Kranbedienung eingespart werden (Bild 6).

Mit Ausnahme der Öffnung für den Personenlift war der Schachtkopfbereich aus Sicherheitsgründen mit einem Bretterbelag und mit festen Geländern versehen. Auf der Arbeitsbühne im Schacht befanden sich alle erforderlichen Kleingeräte wie Spitz- und Abbauhämmer, Hochdruckreiniger, Bohrhämmer, Gegensprechanlage, Beleuchtungsmittel und Rettungsmaterial. Die Schachteinrichtungen sind bei Arbeitsbeginn von der Suva abgenommen worden.

Der Schachtfuss war mit einer Auffangrutsche vor Beschädigungen geschützt. Die Abfälle mussten mittels Karren durch den Druckstollen, über Förderbänder durch das Mannloch und mit einem Kleindumper auf die Depoie im Freien entsorgt werden.

Materialverbrauch

Die rund 115 m hohe Spritzbetonauskleidung im Vertikalschacht mit 5 m Durchmesser hat eine äußere Oberfläche von 1813 m². Diese Kontaktfläche ist mit 61,6 Tonnen quarzfreiem Strahlgut (mittlerer Verbrauch 34 kg/m²) gereinigt und aufgerautet worden.

Für das doppelt armierte Spritzbetonrohr von 15 bis 18 cm Stärke und einer mittleren Abwicklung von etwa 1760 m² sind rund 587 m³ Trockengemisch verarbeitet worden, zusammengesetzt aus 464 m³ Kiessand 0–8 mm, 162 t hochwertigem Portlandzement HPC, 8880 kg Silicafume und 2040 kg pulvelförmigen Schnellbindemitteln. Es sind somit 0,33 m³ Trockengemisch je Quadratmeter mittlerer Abwicklung verbraucht worden, was einer theoretischen Stärke von 16,5 cm entspricht, weil die Verdichtung und der Rückprallverlust ein der doppelten Fertigstärke entsprechendes Trockengemischvolumen verlangen. Die Oberfläche des Spritzbetons wurde profilgerecht und fein abgerieben. Die Nachbehandlung erfolgte durch Erzeugen einer Luftfeuchtigkeit von über 95% im Schacht.

Es wurden 4375 m² Armierungsnetze K 283 (100/100/6/6 mm, total 19 425 kg) verlegt. Das Gesamtgewicht der Zusatzarmierung aus Stahlstäben mit Durchmesser 10 bzw. 12 mm betrug 30 000 kg. Daraus ergeben sich je Quadratmeter etwa 28 kg Armierungsgewicht (Bild 7). Insgesamt wurden 5855 Kurzanker M10 × 220 mit Kunstharpatronen in die Kontaktzone versetzt, also je Quadratmeter etwa 3 Stück.

Personaleinsatz und Bauzeit

Die Stahlbaufirma hat am 4. März 1991 die Arbeiten im Schacht mit einer Belegschaft von sechs bis neun Mann



Bild 6. Motor-Hängegerüst für Personentransporte im Schacht.

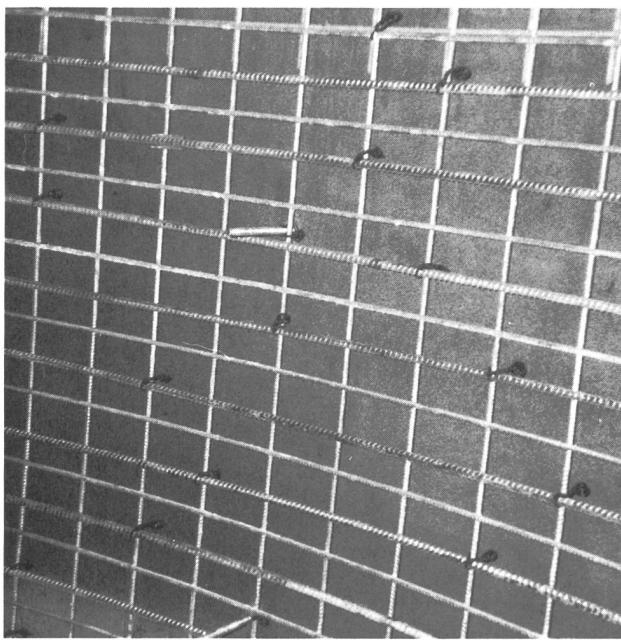


Bild 7. Armierungsnetz K283 mit Zusatzarmierung an der Schachtwand Peccia.

begonnen und die Demontage der beschädigten Panzerung am 27. März 1991 beendet.

Die Spritzbeton-Unternehmung hat ihrerseits die Arbeiten im Schacht am 3. April 1991 aufgenommen. Mit einer auf zwei Arbeitsschichten verteilten Mannschaft von 18 Mann konnte die Schachtauskleidung programmgemäß am 19. Juli 1991 abgeschlossen werden. Auf der Arbeitsbühne und in der Wasserschlosskammer waren pro Schicht jeweils sieben Mann im Einsatz. Tagsüber waren zudem noch der verantwortliche Polier sowie zwei Mann mit der Abfallsorgung und ein Mann (zusammen mit dem Maschinisten) mit den Seilbahntransporten beschäftigt. Das vorausgeplante Taktverfahren für die Schachtauskleidung konnte eingehalten werden (Bild 8).

Die Anlage Peccia lag vom 1. März bis zum 20. Juli 1991 still, also während rund viereinhalb Monaten. In dieser Zeit sind für die Schachtsanierung von den Unternehmern insgesamt etwa 15 500 Mannstunden auf der Baustelle geleistet worden.

Schwierigkeiten

Besondere Schwierigkeiten sind dank sorgfältiger Arbeitsvorbereitung, wozu auch die Vorversuche zählten, keine aufgetreten. Trotzdem sei auf einige Details hingewiesen, die es für ähnliche Arbeiten zu beachten gilt. Das Abtrennen von beschichteten Blechen erzeugt giftige und unangenehme Dämpfe, was eine entsprechende Belüftung verlangt.

Für das Versetzen der Kurzanker musste die bestehende Panzerung von 8 bis 12 mm Stärke über 4000mal durchbohrt und die Bohrlöcher in den Beton verlängert werden. Zu Beginn wurden dafür die verschiedensten, teilweise sehr teuren Bohrstäbe ausprobiert. Am besten bewährt hat sich schlussendlich das Erstellen der Bohrlöcher in zwei Arbeitsgängen (Stahl und Beton getrennt). Die restlichen etwa 1800 Löcher mussten nur in den Beton gebohrt werden und verursachten keinerlei Probleme.

Insgesamt mussten mehr als 200 m³ Abfälle (Abbruch, Strahlmittel, Spritzbeton-Rückprall) in engen Platzverhältnissen abtransportiert werden, was einen erheblichen Aufwand erforderte. Die sich am Schachtfuß bildende

Schlammsschicht wurde mit fortschreitender Arbeitsdauer immer höher und deren Beseitigung dementsprechend mühsam.

Die sehr hohe Luftfeuchtigkeit im Vertikalschacht verursachte zeitweise soviel Kondenswasser an den Wänden, dass es mit Hilfe von provisorisch angebrachten Rinnen gefasst und ins Schachtinnere abgeleitet werden musste. Andernfalls hätte es die frischen Spritzbetonschichten überrieselt und beschädigt.

Schachtarbeiten bergen immer Gefahren in sich. Die Arbeitsdisziplin der Belegschaft ist von entscheidender Bedeutung für die Unfallverhütung. Es ist deshalb immer wieder auf mögliche Gefahren hinzuweisen, insbesondere nachdem der anfängliche Respekt nachzulassen beginnt.

Seilbahntransporte sind nachts unwirtschaftlich, weil Beladen und Entladen wesentlich mehr Zeit als tagsüber beanspruchen, ganz abgesehen von den Gefahren angehänger Lasten bei Dunkelheit.

Kosten

Für die Sanierung des Vertikalschachtes in Peccia hat der Bauherr auf der Preisbasis 1991 insgesamt 2 170 000 Franken für Fremdleistungen ausgegeben, oder rund 1200 Franken je Quadratmeter sanierter Schachttinnenfläche. Diese Kosten teilen sich folgendermassen auf: Spritzbetonauskleidung 1 860 000 Franken; Demontage

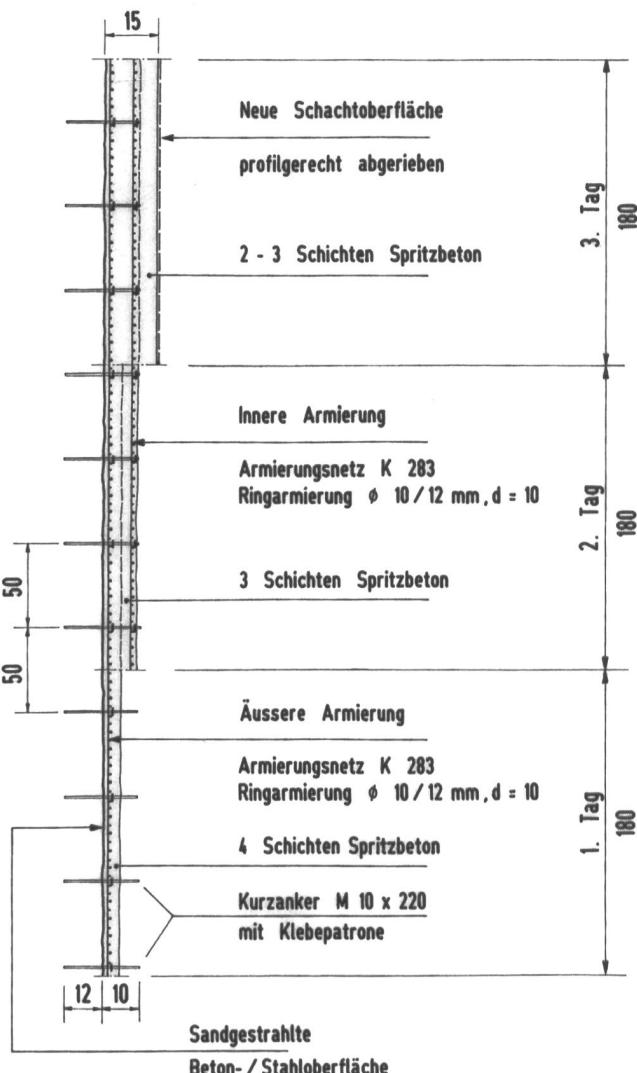


Bild 8. Taktverfahren für neue Spritzbetonauskleidung.

der eingebulten Panzerung 140 000 Franken; Projekt, Bauleitung und Diverses 170 000 Franken.

Der Aufwand der Maggia-Kraftwerke für Personalkosten, elektrische Energie sowie Betrieb von Seilbahn und Schachtkran belief sich auf rund 80 000 Franken. Die Sanierung hat also insgesamt 2,25 Mio Franken gekostet. Der Voranschlag konnte eingehalten werden.

Qualität

Die Qualitätsanforderungen an die Spritzbetonauskleidung waren recht hoch, um die Dichtigkeit und die Standfestigkeit zu gewährleisten. Der 28 Tage alte Spritzbeton hatte eine minimale Druckfestigkeit von 40 N/mm^2 und einen maximalen Durchlässigkeitskoeffizienten nach Darcy von $20 \times 10^{-10} \text{ m/s}$ aufzuweisen.

Die Vorversuche zeigten, dass mit dem ausgewählten Material die gesteckten Qualitätsziele erreicht werden konnten. Im Vertikalschacht sind für die Qualitätsüberwachung des Spritzbetons den Ringen Nr. 7 und 33 je 10 und dem Ring Nr. 56 weitere 6 Bohrkerne mit 50 mm Durchmesser entnommen worden.

Die Prüfung, 28 Tage nach der Herstellung der letzten Spritzbetonschicht, hat eine mittlere Druckfestigkeit f_{cwm} ($n = 18$) von $56,5 \text{ N/mm}^2$ sowie eine Durchlässigkeit nach Darcy ($n = 6$) von $3,3 \times 10^{-10} \text{ m/s}$ ergeben. Diese Resultate sind erheblich besser als die geforderten Minimalwerte.

Schlusswort

Die Sanierung des Vertikalschachtes von Peccia hat gezeigt, dass sich Spritzbeton auch für ungewöhnliche Anwendungen eignet. Damit ein so kompliziertes Vorhaben unter Einhaltung von Kosten und Terminen gelingt, bedarf es freilich gründlicher Planung, einsatzfreudiger Mitarbeiter sowie einschlägiger Erfahrung. Aber auch das nötige Glück darf nicht fehlen.

Adresse der Verfasser:

Ottavio Martini, dipl. Ing. ETH, Officine idroelettriche della Maggia S.A., Via in Selva 11, CH-6601 Locarno.

Hans Gubler, Ing. HTL, Laich S.A., CH-6670 Avegno.

rade in diesem Fachgebiet entstandenen Wissensunterschied zwischen West und Ost abzubauen. Die 31 Fachvorträge befassen sich mit der Bemessung und Ausführung von Filtern in der Geotechnik einschliesslich hydro-mechanischen Bodenverformungen im Untergrund (Kolmation, Suffusion, Piping usw.) – ergänzt durch Fallstudien.

Filter in der Geotechnik sollen den Boden zurückhalten und gleichzeitig ausreichende Wasserdurchlässigkeit (hydraulische Wirksamkeit) sicherstellen, und zwar sowohl bei statischer hydraulischer Belastung wie bei Grundwasserströmung, Sickerwasser bei Dämmen (Staudämme, Deiche usw.), Zuströmung zu Brunnen und Dränagen als auch bei dynamischer hydraulischer Belastung infolge Wellen, Strömung und Absink, wie sie bei Schiffahrtsstrassen und an Küsten auftreten.

Der erste Abschnitt befasst sich mit der Filterbemessung nach geometrischen Gesichtspunkten (verschiedene Weiterentwicklungen seit *Therzaghi*), insbesondere mit der Erfassung der Porenweitenverteilung durch stochastische Ansätze (vor allem in Brasilien: A. Silveira, M. H. A. Soria usw.), und der zweite Abschnitt mit der Filterbemessung nach hydraulischen Kriterien, d.h. unter Berücksichtigung der Strömungsgeschwindigkeit (besonders in den Niederlanden bei Forschungen für den Küstenschutz); damit werden die Fälle erfasst, wo Materialtransporte stattfinden können. Ergänzt werden diese Ausführungen durch Fallstudien.

In einem weiteren Abschnitt wird eingehend auf die Sonderfälle für Geofilter eingegangen, wie auf das Ein- und Anlagern von Körnungen in die Filterhohlräume und dadurch Verringern der Durchlässigkeit des Filters (Kolmation, Clogging), auf Suffusion bei unstetiger Kornverteilung des Filters und auf rückschreitende Erosion (Piping), d.h. hydrodynamische Bodenverformung infolge Strömung in der Kontaktfläche zwischen durchströmtem Boden und Bauwerk oder undurchlässiger Schicht.

Da alle massgeblich an der Entwicklung der Filter beteiligten Fachleute zu dieser Konferenz beigetragen haben, kann man davon ausgehen, dass sie auf diesem Gebiet den derzeitigen Stand der Technik wiedergibt. Für den Praktiker und Anwender sowohl von geotextilen als auch mineralischen Filtern werden Bemessungsmöglichkeiten und -schwierigkeiten aufgezeigt und die Gemeinsamkeiten und Unterschiede der beiden Filterarten herausgestellt. Für den Dammbau werden Möglichkeiten behandelt, örtlich vorhandenes, aber filtertechnisch wenig geeignetes Material dennoch erfolgreich einzusetzen. BG

Filter und Filterprobleme in der Geotechnik

Geo-Filters '92 – Internationale Konferenz in Karlsruhe

Das Institut für Bodenmechanik und Felsmechanik der Universität Karlsruhe führte gemeinsam mit der Bundesanstalt für Wasserbau (BAW; Karlsruhe, Hamburg, Berlin) eine internationale Konferenz über «Filter und Filterprobleme in der Geotechnik» (Geo-Filters '92) vom 20. bis 22. Oktober 1992 in Karlsruhe durch. Erstmals sind hier Filter in der Geotechnik das Grundthema, denn bisher wurden diese Filter nur in Fachtagungen am Rande behandelt und meist getrennt nach mineralischen Filtern (Kornfiltern) und Geotextilien (ISSMFE, ICOLD, IGS, DGEV, DTK, K-Geo). Entsprechend gross war die Beteiligung an diesem Kongress, zu dem Fachleute aus 23 Ländern fast aller Erdteile kamen – so auch aus den ehemaligen Ostblockländern; ihre Beiträge halfen, den infolge früher mangelnden Informationsaustausches ge-

Den *Vortragsband* enthält auch eine Zusammenfassung der Diskussionsbeiträge und zahlreiche Schriftumsangaben zur weiteren Vertiefung. «Geo-Filters '92 – International Conference on Filters and Filtration Phenomena in Geotechnical Engineering, October 20–22, 1992, Karlsruhe» ist zu beziehen von A. A. Balkema, Postfach 1675, NL-3000 BR Rotterdam, Fax 0031 10/4135947.

Erläuterung der Abkürzungen

ISSMFE	International Society for Soil Mechanics and Foundation Engineering
ICOLD	International Commission on Large Dams
IGS	International Geotextile Society
DGEV	German Society for Soil Mechanics and Foundation Engineering
DTK	German Committee on Large Dams