

Holger Haufe und Thomas Wollenhaupt

Die Instandsetzung der Staumauer der Talsperre Klingenberg

Zwischen 1908 und 1914 wurde an der Wilden Weißeritz in Sachsen das Absperrbauwerk der Talsperre Klingenberg als Gewichtsstaumauer aus Bruchsteinen mit Intze-Keil errichtet. Die Talsperre hat große Bedeutung für die Rohwasserversorgung der Region und der Landeshauptstadt Dresden sowie für den Hochwasserschutz. Durch alterungsbedingten Verschleiß nach über 90-jährigem Betrieb und hochwasserbedingte Schäden aus dem Extremereignis von 2002 bestand erheblicher Sanierungsbedarf. Das Staubauwerk wurde deshalb im Rahmen der Komplexsanierung seit 2006 instand gesetzt.

1 Einleitung

Die Gewichtsstaumauer aus Bruchsteinen wurde in den Jahren 1908 bis 1914 im Tal der Wilden Weißeritz erbaut [1]. Die Talsperre ist ein wichtiger Rohwasserlieferant für den Großraum Dresden und Freital und besitzt eine erhebliche regionale Hochwasserschutzfunktion. Wasserseitig hatte die Mauer einen Mantel aus Stampfbeton zum Schutz, zur Abdichtung eine Inertol-Schicht und einen so genannten Intze-Keil. Durch alterungsbedingten Verschleiß nach über 90-jährigem Betrieb und hochwasserbedingten Schäden aus dem Extremereignis von 2002 bestand erheblicher Sanierungsbedarf. Im Rahmen der Komplexsanierung wurde nach den bereits vorgezogenen und beendeten Teilvorhaben 1 und 2 (Hochwasserentlastungsstollen und Ersatzneubau Vorsperre) als Teilvorhaben 3 zwischen 2006 und 2013 die Staumauer instand gesetzt und an die a. a. R. d. T. (DIN 19 700) [2] angepasst (Bild 1).

2 Kontrollgang

Die Auffahrung eines Kontrollganges in der Staumauer zur Installation für Anlagen der Bauwerksüberwachung wurde im bewährten Verfahren „Bohren und Sprengen“ ausgeführt. Die Auffahrung mit einer Länge von 245 m einschließlich der vier Zugänge erfolgte unter Betriebsbedingungen bei 30 mWS mit einem Mindestabstand zur Wasserseite von 3 bis 5 m. Der Ausbruchquerschnitt betrug ca. 6 m², die

mittlere Vortriebsleistung ca. 2 m/Arbeits-tag und der Gesamtsprengstoffverbrauch ca. 4 t. Vor dem Ausbruch wurde eine Berechnung der zu erwartenden Spannungsänderung infolge Sprengwirkung vorgenommen, um nachzuweisen, dass bei Einhaltung der gewählten Sprengparameter keine Gefährdung der Gesamtstandicherheit eintritt. Der Ausbruch wurde von einem umfangreichen Messprogramm begleitet, mit dem die ins Bauwerk eingetragenen Erschütterungen erfasst werden konnten. Der Durchbruch der Kontrollganges zum vorhandenen Entnahmestollen in Mauermitte wurde aus Grün-

den der Betriebssicherheit zurückgestellt und erfolgte später. Im Hangbereich weist der Kontrollgang unterschiedlich lange Treppenläufe auf. Auf Grund der guten Bauwerkssubstanz war keine Innenauskleidung erforderlich.

3 Betriebseinrichtungen

3.1 Hochwasserentlastungsanlage

Bedingt durch die hydraulische Überlastung und die massiven Schäden infolge des Hochwassers von 2002 musste die Hochwasserentlastungsanlage (HWE) für



Bild 1: Ansicht Wasserseite



Bild 2: HWE-Sammelrinne

neue Bemessungshochwasserzuflüsse ($BHQ_1 = 145 \text{ m}^3/\text{s}$, $BHQ_2 = 224 \text{ m}^3/\text{s}$) angepasst werden. Dies erforderte in Zusammenarbeit mit dem Ingenieurbüro Spiekermann u. a. eine vollkommen neue Gestaltung der HWE. Für die hydraulische Optimierung wurden an der RWTH Aachen umfangreiche physikalische Modellversuche durchgeführt.

Zunächst erfolgte der Rückbau der vorhandenen Sammelrinne im erforderlichen Umfang. Die neue Sammelrinne besteht aus dem 50 m langen festen Überfall aus Stahlbeton sowie dem stirnseitig angeordneten Verschluss als elektrohydraulisch angetriebene Fischbauchklappe mit einer Breite von 6,3 m, die beide durch den natursteinverblendeten Pfeiler getrennt wurden (Bild 2). Zur Steigerung der hydraulischen Leistungsfähigkeit wurde die Sohle der Sammelrinne abgesenkt.

Die Kaskade erhielt entsprechend der Optimierung im Modellversuch im Bereich des Brückendurchlasses eine Leitwand und bereichsweise erhöhte Seitenwände. Die erste Stufe der vorhandenen Kaskade entfiel. Die anschließenden Stufen wurden mit Sohlenpflasterung aus Gneis neu befestigt. Zur Sicherung wurden die gepflasterten Plateaus mit einem Stahlbetonrahmen eingefasst. Das Tosbecken wurde um ca. 0,4 m vertieft und mit einer neuen positiven Endschwelle von 2,4 m Höhe im Bereich der Tosbeckenbrücke, die nach provisorischer Instandset-

zung durch einen Neubau ersetzt wurde, ausgestattet. Die Sohle des sich anschließenden Sammelkanals wurde ebenfalls vertieft, die vorhandene Endschwelle abgebrochen und eine negative Sohlenstufe von ca. 0,7 m hergestellt.

3.2 Grundablass- und Entnahmeanlage

Die Modernisierung der Entnahmeanlage zur künftigen Sicherung der Rohwasserabgabe in Qualität und Menge war ein Kernstück der Instandsetzungsmaßnahme. Die Rohwasserentnahme erfolgte bisher über eine seitliche Entnahme am Hang und über Entnahmen am alten Schieberurm in Mauermitte. Mit der Aufteilung der Entnahmehorizonte war eine gezielte Entnahme aus der Schicht mit der besten Wasserqualität nur eingeschränkt möglich. Im neuen Entnahmeturm wurden insgesamt sechs Entnahmehorizonte angeordnet, so dass es nun gleichzeitig möglich ist, die Rohwasserabnehmer mit Wasser aus verschiedenen Entnahmehorizonten zu beliefern bzw. Entnahmehorizonte mit ungünstigen Rohwasserparametern in den Unterlauf abzuleiten (Bild 1). Gleichzeitig kann Rohwasser aus den reaktivierten bzw. neu gebauten Überleitungstrassen von den Talsperren Lichtenberg und Rauschenbach abgegeben werden.

Der Neubau der Entnahmeanlage erforderte eine Ersatzwasserversorgung (Hochwasserentlastungsstollen und Er-

satzneubau Vorsperre) um auch bei entleertem Stauraum die Versorgung aus dem Talsperrenverbundsystem zu sichern.

Entnahmeanlage und Grundablassanlage wurden getrennt. Die Grundablassanlage wurde in dem zur damaligen bauzeitlichen Wasserleitung errichteten Umleitungsstollen untergebracht, der nun als Druckstollen betrieben wird (L ca. 160 m, A ca. 5 m^2 , bewehrte Spritzbetonschale d ca. 30 cm). Die Abgabesteuerung erfolgt mit zwei in der luftseitigen Schieberkammer parallel angeordneten Roll- und Segmentschützkombinationen (b/h 0,90 m/1,20 m) (Bild 3). Das Auslaufbauwerk des Grundablasses ist ein ebenerdig zugängliches, von der Staumauer räumlich abgesetztes Stahlbetonbauwerk mit anschließender erdüberdeckter Toskammer.

Die neue Entnahmeanlage (DN 800 und DN 1 000) wurde wie bisher in einen an die Staumauer angelehnten neuen Entnahmeturm integriert (Bild 1). Die Ableitung durch die Mauer zur Luftseite erfolgt im bestehenden Stollen. Die Verteilung und Steuerung des Rohwassers wird luftseitig in einer neu errichteten unterirdischen Schieberkammer vorgenommen. In einem erdverlegten Schieberkreuz wird die Rohrleitung DN 500 aus dem neu errichteten Hochwasserentlastungsstollen aufgebunden, so dass beispielsweise bei einer Revision der Schieberkammer die Rohwasserversorgung nicht unterbrochen wird. Das separate Auslaufbauwerk der Entnahmeanlage nach der „Schildkröte“ wurde ebenfalls als erdüberdeckte Toskammer errichtet.



Bild 3: Drucksegmentschütz im Grundablass

4 Staumauer

4.1 Dichtwand

Im oberen wasserseitigen Staumauerbereich waren erhebliche Schäden am alten Betonschutzmantel aus Stampfbeton zu verzeichnen. Nach dem vollständigen Rückbau des ca. 100 m langen Intze-Keiles und dem Abbruch von Schutzmantel und Fundament begann der Neubau der wasserseitigen Abdichtung (Höhe ca. 34 m). Den unteren Abschluss der wasserseitigen Abdichtung und die Anbindung an den Fels bildet eine Kontaktinjektion. Diese wurde zur Minderung der Durchlässigkeit einreihig im Abstand von 1,50 m bis in ca. 10 m Tiefe unter das Dichtwandfundament niedergebracht. Das alte Dichtwandfundament wurde zuvor abgebrochen und durch ein neues, aus unbewehrtem Beton bestehendes ersetzt. Neben der Funktion als Auflager für die Dichtwand, dient das Dichtwandfundament als Verpresswiderlager für die Kontaktinjektion und bildet als Teil der Abdichtungsebene das Verbindungsglied zwischen Dichtwand und Kontaktinjektion. Die Dichtwand besteht aus der 40 cm dicken Dichtschicht aus Stahlbeton und der im Wesentlichen aus unvermörtelt verlegten Hochlochziegeln bestehenden Dränageschicht. Um der entsprechend dem Mauerkörper 10:1 geneigten Dichtwand ein ebenes Lager zu bieten, war eine Ausgleichschicht aus unbewehrtem Beton erforderlich, die die Abbrüchebene egalisiert und integraler Bestandteil des Mauerkörpers ist. Um die unterschiedlich steifen und unterschiedlich exponierten Bauteile Mauerkörper und Dichtwand zu entkoppeln, wurde zwischen Ausgleich- und Dränageschicht eine Gleitschicht aus einer Lage Bitumenbahn angeordnet.

Die Dränageschicht entspannt flächenhaft durch die Dichtschicht dringendes Sickerwasser und erlaubt durch ein Netz aus Schächten und Sammelleitungen eine grobe räumliche Eingrenzung eventueller Leckagen im Kontrollgang. Mit einer Sammelleitung über dem Dichtwandfundament wird das durch den Untergrund zuströmende Sickerwasser getrennt von dem durch die Dichtwand dringendem Sickerwasser erfasst. Die Dichtschicht ist im Wesentlichen in acht Meter breite Feldstreifen unterteilt und wurde i. d. R. in vier Meter hohen Abschnitten hergestellt (Bild 4). Die Raumfugen zwischen den Feldstreifen wurden mit innen liegenden Elastomerfugenbändern, die Arbeits-



Bild 4: Herstellung Dichtwand und Entnahmeturm

fugen mit Fugenblechen gedichtet. Um das Abheben der Dichtschicht unter Temperatureinwirkung zu verhindern, wurden 570 Gebirgsanker im Mauerkörper verankert.

4.2 Entnahmeturm und Entnahmestollen

Wegen des hohen hydraulischen Gradienten in der alten Turmwandung, der relativ hohen Durchlässigkeit des Stampfbetons und der Rezeptur des Bindemittels hatten sich auf der Turminnenseite flächenhaft massive Aussinterungen gebildet. Der mit dem Austrag an Bindemittel einhergehende Festigkeitsverlust sowie der wegen der Entnahmeleitungen gestiegene Raumbedarf machten Abriss und Neubau des Turmes erforderlich. In Anlehnung an den historischen Schieberturm besitzt der neue Entnahmeturm einen halbzyklischen Grundriss und ist Teil der wasserseitigen Dichtungsebene. Die Grundfläche musste wegen der Entnahmeleitungen, dem neuen Lastenaufzug und der bisher nicht vorhandenen Treppe aber vergrößert werden. Der Turmsockel wurde im Turmfundament eingespannt und mit dem vorgelagerten Einlaufbauwerk monolithisch verbunden. Zur wirtschaftlichen Bemessung der Mindestbewehrung zur Begrenzung der Rissbreite infolge frühen Zwangs, wurde eine 3-D-FEM-Berechnung der Temperatureinwirkung für repräsentative Turmabschnitte genom-

men. Der zwangsbelüftete Turm bindet seitlich über mit Fugenband abgedichtete Bewegungsfugen an die Dichtwand an. Im Entnahmeturm befinden sich 8 Geschosse (Bild 1).

Der Entnahmestollen (früher Grundablassstollen) wurde baulich kaum verändert. Die vorhandene Plombe aus Ziegelmauerwerk wurde heraus gebrochen und durch eine neue Plombe aus Stahlbeton ersetzt, die einen Durchgang mit Schotttür vom Entnahmeturm zur Kreuzung von Entnahmestollen und neu aufgefahrener Kontrollgang besitzt.

4.3 Mauerluftseite

Die Fugen des luftseitigen Mauerwerks waren beschädigt und mit starkem Bewuchs besetzt, der den Schadensprozess beschleunigte. Ohne Sanierung bestand die Gefahr des Herausfallens von Steinen. Deshalb wurden die Fugen mit Wasserhochdruckstrahlen gereinigt und anschließend neu verfugt. Die Steinoberfläche wurde mit Wasserhochdruckstrahlen gereinigt. Die Sanierung erfolgte in enger Abstimmung mit dem Denkmalschutz. Die gereinigte Mauerluftseite unterstreicht optisch die Sanierung der Gesamtanlage.

4.4 Mauerkrone

Die Mauerkrone besaß bisher keine Abdichtung, so dass Wasser durch die Pflasterdecke in den Mauerkörper eindrang, Kalk aus dem Mörtel löste und auf der

Luftseite wieder austrat. Sinterfahnen sowie eine Entfestigung des Kronenbereiches infolge Frost und Auslaugung des Mauerwerkes waren die Folge. Um diesen Mechanismus zu stoppen und den entfestigten Bereich zu ersetzen, wurde die Mauerkrone bis in eine Tiefe von ca. 1,50 m abgetragen und neu aufgebaut. Basis bildete die Kronenplatte aus Stahlbeton. Die Kronenplatte und der von dort aufgehende Fuß der Brüstungsmauer bilden den oberen Abschluss der wasserseitigen Dichtungsebene. Diese endet 40 cm über dem bisherigen Schutzmantel und erfüllt damit die Forderungen der DIN 19 700 nun auch bei Berücksichtigung des Wellenschlages. Die Fahrbahn auf der Mauerkrone besitzt wie bisher eine Pflasterdecke. Wegen des naturgemäß durch die Pflasterdecke sickern Wasser wurde eine zweite Dichtungsebene erforderlich. Diese untere Dichtungsebene sowie das Oberflächenwasser werden in

einer Sammelleitung gefasst und unter der Brücke in die Sammelrinne abgeleitet. Der Dränbeton zwischen oberer und unterer Dichtungsebene ermöglicht das ungehinderte Abfließen von Sickerwasser und verhindert Frostschäden unter der Pflasterdecke. Die luftseitige Brüstungsmauer blieb erhalten und wurde Instand gesetzt. Die Mängel an der Brücke über die HWE waren trotz der nicht vorhandenen Dichtung relativ gering. In diesem Bereich wurde die Mauerkrone nur so tief abgebrochen, dass der Ausgleichs- und Gefällebeton und die Sickerwasserdichtung eingebaut werden konnten. Das Kronenbauwerk als markantes Element der Talsperre Klingenberg [3] wurde nur in dem für den Umbau erforderlichen Umfang abgetragen. Das luftseitige Portal wurde erhalten. Das neue Kronenbauwerk wurde passend zum neuen Entnahmeturm maßvoll vergrößert und steht mit dem Denkmalschutz in Einklang. Beim Wiederaufbau des Kronen-

bauwerkes in Naturstein-Ziegel-Verbundmauerwerk wurden die beim Abtrag geborgenen Natursteine wiederverwendet.

4.5 Messtechnische Bauwerksüberwachung

Auf Grundlage des DVWK-Merkblattes 222/91 [4] wurde in enger Abstimmung mit dem Bauherrn das neue Messsystem konzipiert und errichtet. Die vorhandenen Einrichtungen der messtechnischen Bauwerksüberwachung wurden in mehreren Etappen ergänzt bzw. baulich neu errichtet (Sohlenwasserdruckmessstellen, Sickerwassermessstellen, Messstellen zur Überwachung der Dichtung, Schwimm- und Pendellote, Fugenspaltmessstellen, Nivellementpunkte, Alignementsetzkegel, Schlauchwaageausrüstung, Lattenpegel). Die Messwerte können nach Fertigstellung mit einer automatischen Messstation erfasst werden.

5 Zusammenfassung

Durch die erfolgreiche Instandsetzung der Staumauer der Talsperre Klingenberg einschließlich der Betriebseinrichtungen von 2006 bis 2013, die aus vielen Einzelmaßnahmen bestand, wird die weitere Nutzung der Talsperre für die nächsten 100 Jahre ermöglicht.

Autoren

Dipl.-Ing. Holger Haufe

Dipl.-Ing. Thomas Wollenhaupt

Lahmeyer Hydroprojekt GmbH

Ludwig-Hartmann-Straße 40, 01277 Dresden
rb.ost@hydroprojekt.de

Literatur

- [1] Sieber, H.-U.: Talsperren in Sachsen. Pirna, 1992.
- [2] Norm DIN 19 700: Stauanlagen. Berlin: Beuth Verlag, 2004.
- [3] Stabenow, A.: Staumauer und Monument. Die Talsperre Klingenberg, ein Werk des Architekten Hans Poelzig. In: *architectura*, 1997.
- [4] Deutscher Verband für Wasserwirtschaft und Kulturbau e. V. (Hrsg.): Mess- und Kontrolleinrichtungen zur Überprüfung der Standsicherheit von Staumauern und Staudämmen. In: DVWK-Merkblätter (1991), Nr. 222/91.

Holger Haufe and Thomas Wollenhaupt

Rehabilitation of Klingenberg Dam

The Klingenberg Dam was built between 1908 and 1914 as Intze-type gravity dam at the Wilde Weisseritz River in Saxony (Germany). The 40 m high and 310 m long curved dam consists of rubble masonry. The reservoir (17.5 million m³) is of great importance for the drinking water supply of the City of Dresden (Capital of Saxony) with more than 500 000 inhabitants as well as for flood control. By ageing based problems, after more than 90 years in operation and flood-related damage as a result of the extreme flood of 2002, the dam showed significant demand for refurbishment and damage repairs. A lifetime oriented concept of rehabilitation was developed to adapt the dam to the established technical standards and safety regulations. The major rehabilitation measures were launched in 2006 and successfully completed in 2013. It will ensure the multifunctional use of dam now being fit for the next 100 years.

Хольгер Хауфе и Томас Волленhaupt

Ремонт подпорной стены на плотине Клингенберг (Klingenberg)

В период между 1908 и 1914 годом на реке Вильдер Вайссеритц (Wilder Weißeritz) в Саксонии на плотине Клингенберг (Klingenberg), послужившей в качестве гравитационной плотины, было сооружено запорное сооружение из бутовых камней с клином Инце. Плотина имеет большое значение для обеспечения региона и административного центра Дрездена природной водой, а также для противопаводковой защиты. Обусловленный старением (после более чем 90-летней эксплуатации) износ и повреждения, возникшие после из экстремального наводнения 2002 года потребовали крупномасштабного санирования сооружения. В связи с этим, начиная с 2006 года, на этом запорном сооружении проводились ремонтные работы по комплексному санированию.

Anzeigenschluss

für Heft 03 / 2014 ist der 05. 02. 2014
für Heft 04 / 2014 ist der 12. 03. 2014