

Ertüchtigung des Dichtungs- und Kontrollsystems des Sylvensteinspeichers

Die Talsperre Sylvensteinspeicher wurde in den Jahren 2011 bis 2015, nach über 50-jähriger Betriebszeit, mit einer zusätzlichen Dichtwand in Damm und Untergrund sowie mit einem neuen Sickerwasser-Messsystem an den Stand der Technik angepasst. Diese Ertüchtigungsmaßnahmen stellen auch eine Vorsorge gegen die Folgen möglicher Klimaveränderungen dar, da die zeitlich enge Abfolge und Größe der letzten Hochwasserereignisse eine künftig stärkere Beanspruchung der Talsperre erwarten lassen. Die Baumaßnahmen mit Kosten von rund 23 Mio. Euro wurden aus dem Europäischen Fonds für Regionale Entwicklung kofinanziert.

Tobias Lang und Gregor Overhoff

1 Anlass für die Ertüchtigung

Seit Inbetriebnahme im Jahr 1959 dient der Sylvensteinspeicher dem Hochwasserschutz und stützt in Trockenzeiten durch Zugabewasser den Isarabfluss. Zugleich wird umweltfreundlicher Strom für das öffentliche Netz erzeugt. Daneben hat er sich zu einem Anziehungspunkt für Naherholungssuchende und den Fremdenverkehr entwickelt.

In den Jahren 1994 bis 2001 wurde der älteste staatliche Wasserspeicher Bayerns durch den Bau einer zweiten Hochwasserentlastungsanlage und die Vergrößerung des Hochwasserrückhalteraaumes durch eine Dammerhöhung um 3 m technisch an die Vorgaben der deutschen Talsperrennorm DIN 19 700 angepasst [3], [13].

Infolge von Setzungen des Dammbauwerks in der engen und tiefen eiszeitlichen Erosionsrinne waren Risse im Dammkern entstanden, die durch Injektionen in den Jahren 1972 und 1987/88 verpresst wurden. Mit der Verpressung wurden aber auch Teile des luftseitigen Kaminfilters beeinträchtigt. Über Alterungsprobleme der mit Bentonit vergüteten Dichtung wurde bereits in den 1990er-Jahren berichtet [1].

Neuere Untersuchungen und Probebohrungen in den Dammuntergrund brachten Hinweise auf erhöhte Durchlässigkeiten in der Dammgründungsebene und in der vorhandenen

Kompakt

- Bewährte Spezial-Tiefbau-Verfahren erlauben den Bau von Dichtwand und Kontrollgang bei laufendem Betrieb der Talsperre.
- Der Einbau einer Dichtwand ist ein wichtiger Beitrag zur Gewährleistung der Gebrauchstauglichkeit der Talsperre und somit für einen dauerhaften zuverlässigen Hochwasserschutz bei gleichzeitigem Erhalt der vorhandenen Bausubstanz.
- Der neue Kontrollgang im Staudamm eröffnet optimale Überwachungs-, Reaktions- und Eingriffsmöglichkeiten.

Untergrundabdichtung. Kamera-Befahrungen des alten Dränsystems und hydraulische Langzeitversuche führten zu dem Ergebnis, dass vermutlich als Folge der oben erwähnten Injektionen das Sickerwasser nicht mehr in die Sickerwasserauffangwanne gelangt und ein freier Abfluss aus dieser Wanne u. a. auch infolge früherer Dammsetzungen eingeschränkt ist. Das zur Überwachung ergänzend eingebaute Netz von Porenwasserdruckgebern zeigte zudem stellenweise abdriftende Messwerte.

Die Ergebnisse der Untersuchungen und ihre kritische Bewertung unter Beachtung der DIN 19 700 (2004) ließen es sinnvoll erscheinen, mit den heutigen technischen Möglichkeiten eine zusätzliche Dichtung in den Dammkern und den Untergrund einzubauen sowie ein komplett erneuertes Messsystem für Sickerwasser vorzusehen.

In einer Bohrkampagne wurden im Jahr 2009 der Staudamm, der alluviale Untergrund und der angrenzende Fels erkundet. Zunächst wurden sieben Bohrungen bis in 140 m Tiefe im Bereich der vorhandenen Kerndichtung abgeteufelt. Die anstehen-



Bild 1: Sylvensteinspeicher: Lageplan zu den Ertüchtigungsmaßnahmen am Sylvensteinspeicher (Dichtwand, Sickerwasserstollen/Kontrollgang, Drainagepfähle)

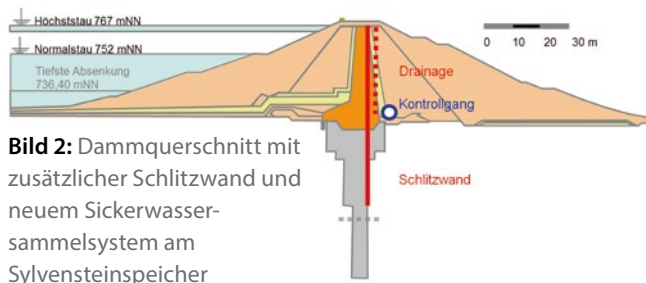


Bild 2: Dammquerschnitt mit zusätzlicher Schlitzwand und neuem Sickerwasser-sammelsystem am Sylvensteinspeicher

den, stark grundwasserführenden Talfüllungen (Isaralluvionen) bestehen aus unterschiedlich mächtigen sand- und schluffreichen Kiesen bis hin zu bindigen Böden aus Seekreide. Gemäß Erkundungsprogramm zu Boden- und Gebirgskennwerten wurden aus zunächst 700 m Bohrkernmaterial u. a. Scherparameter, Reibungswinkel, Kohäsion, Durchlässigkeitsbeiwerte, Korngrößenverteilungen und Dichteangaben für einzelne Dammmzonen, Untergrund und Fels bestimmt. In den Jahren 2011 und 2012 folgten weitere Erkundungsbohrungen. Die Untersuchungen wurden vom Zentrum Geotechnik der TU München im Rahmen eines Forschungs- und Entwicklungsprojektes in der Geotechnik übernommen [5].

2 Das Ertüchtigungskonzept im Überblick

Mit den nachfolgend beschriebenen Ertüchtigungsmaßnahmen (**Bilder 1** und **2**), die die Schaffung einer neuen, hochwertigen Dichtung und eines genauen Messungen ermöglichenden Sickerwasser-Überwachungssystems umfassten, wurde der Staudamm nach über 50-jähriger Betriebszeit auf den heutigen Stand der Technik gebracht. Er ist damit langfristig gegen stärkere Beanspruchungen bei großen Hochwasserereignissen gerüstet. Bis zum Jahr 2009 wurden Vorüberlegungen der Bayerischen Wasserwirtschaftsverwaltung angestellt [2], [4]. Nach Durchführung einer europaweiten Ausschreibung wurden die Planungen unter Federführung des Büros CDM Smith im Jahr 2011 abgeschlossen.

Der Sylvensteinspeicher liegt in einem wertvollen Naturraum. Der Staudamm selbst liegt in einem Flora-Fauna-Habitat-Gebiet. Um das äußere Erscheinungsbild des Bauwerks nicht zu verändern, wurde eine Lösung mittels Maßnahmen im Damminnern verfolgt. Für die Verbesserung der Kerndichtung kamen vorwiegend Schlitzwandvarianten mit unterschiedlicher Lage zu Dammachse und -kern in Betracht. Auch eine Doppelschlitzwand mit Querschotts wurde als eine Möglichkeit zur späteren Überwachung angedacht. Lösungsvarianten mit Bohrpfahlwänden schieden wegen der fehlenden Maßgenauigkeiten bei der lotrechten Herstellung in der geforderten Tiefe aus. Injektionsvarianten erfüllen die gewünschte flächenhafte Verbesserung des Kerns nicht, zudem waren dabei weitere Beeinträchtigungen des gegliederten Dammquerschnitts nicht auszuschließen [4].



Bild 3: Neue Brücke über den Kolksee, Baustelleneinrichtung und Rohrlager am Fuß des Sylvensteindamms

Als beste Lösung erwies sich eine 2-Phasen-Schlitzwand, deren Lage im Kern gegenüber der Dammachse geringfügig zur Luftseite versetzt wird. Damit sollten der notwendige Arbeitsraum auf der Dammkrone für das schwere Baugerät geschaffen werden sowie ein Teil der vorhandenen Porenwasserdruckgeber für Messungen in der Bauzeit erhalten bleiben. Die angemessene Tiefe der Schlitzwand wurde durch mehrere Erkundungsbohrungen in den Dammuntergrund (s. o.) und Finite-Elemente-Berechnungen ermittelt.

Die Baumaßnahmen wurden im Zeitraum 2011-2015 durchgeführt. Als Vorbereitungsarbeiten sind die aus baubetrieblichen und baustatischen Gründen notwendige Kronenverbreiterung und die zur Baustellenumfahrung an der B 307 erforderliche Behelfsbrücke zu nennen. Damit konnten die wichtigen Verkehrsbeziehungen zwischen dem Inntal bzw. Achenseegebiet und dem oberen Isartal auch während des Baues der Dichtwand immer aufrechterhalten werden. Zur Erschließung der Baustelle am luftseitigen Dammfuß wurde eine neue Brücke über einen der beiden Kolkseen erstellt (**Bild 3**).

Das Ertüchtigungskonzept gliedert sich im Wesentlichen in drei Kernbereiche.

Schlitzwand

Einbau einer bis zu 70 m tiefen Schlitzwand in den Dichtungskern. Diese reicht noch rund 25 m tief unter die Dammgründungsebene in den ursprünglichen Talgrund der Isar (**Bild 4**). Die Schlitzwand wurde als Zweiphasenwand im Jahr 2012 mit Fräs- und Greifergroßgeräten durch die Fa. Bauer Spezialtiefbau hergestellt.

Kontrollgang

Für den Bau des Kontrollganges musste im Jahr 2013 an der östlichen Felsflanke (Sylvensteinwand) zunächst ein Zufahrtsstollen in den Fels gesprengt werden. Von der Startkaverne am Ende dieses Stollens aus wurde mit einer Tunnelbohrmaschine (TBM) der unterirdische horizontale Kontrollgang durch den Staudamm bis in die gegenüberliegende westliche Felsflanke des Hennenköpfls hinein gebohrt (Bild 1). Durch den dort zwischenzeitlich ebenfalls gesprengten, 43 m tiefen, vertikalen Zielschacht konnte die TBM wieder geborgen werden. Die Arbeiten wurden von der Fa. Wyss & Freytag Ingenieurbau ausgeführt.

Drainagepfähle

Zur Erfassung und genauen Lokalisierung möglicher Sickerwassermengen wurden im Jahr 2014 durch die Fa. Porr 54 Drainagepfähle mit einer Tiefe von ca. 41 m zwischen Schlitzwand und Kontrollgang hergestellt (Bild 2). Ein mittig eingestelltes Drainrohr erfasst mögliches Leckagewasser, das sich im Pfahlfuß sammelt und von dort in den neuen Kontrollgang geleitet und gemessen wird.

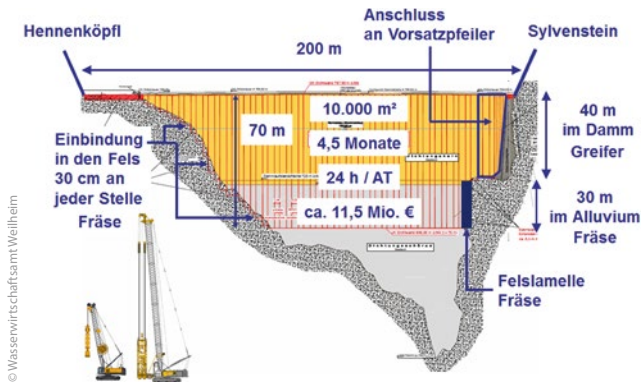


Bild 4: Schematische Darstellung der Einsatzbereiche von Greifer und Fräse und Leistungsdaten während der Dichtwand-erstellung durch die Fa. Bauer Spezialtiefbau GmbH

Abschließend wurden im Jahr 2015 die Straßen- und Landschaftsbauarbeiten sowie der Innenausbau des Stollensystems ausgeführt.

Während der gesamten Bauzeit hat der Sylvensteinspeicher seine Kernaufgaben Hochwasserschutz und Niedrigwasseraufhöhung ohne Einschränkungen erfüllt.

Die Ertüchtigungsmaßnahme wurde zu 50 % aus dem Europäischen Fonds für regionale Entwicklung (EFRE) kofinanziert. Mit der Bereitstellung von Mitteln für die Ertüchtigung des Sylvensteinspeichers trägt EFRE zur Risikoversorge und zum Ressourcenschutz bei.

3 Bau der Schlitzwand

Die vorab erkundeten Talalluvionen bestehen aus Wechsellagerungen von sand- bzw. schluffreichem Kiesmaterial, teilweise mit Einlagerungen von Seekreideschichten. Innerhalb des in der früheren Bauzeit mit Ton-Zement-Suspension verpressten Untergrunds wurden stark schwankende Durchlässigkeiten festgestellt.

Um Suffusionssicherheit zu gewährleisten – d. h. das Abwandern von Feinteilen verhindern zu können – wurde für die geplante Schlitzwand eine Mindestdiefe von 60 m ermittelt. Die letztlich gewählte Tiefe von 70 m ermöglichte die Einbindung in die dort befindliche großflächige Seekreideschicht und war mit der vorgesehenen technischen Ausrüstung gerade noch herstellbar. Für die seitlichen Widerlager des Damms war eine sichere Andichtung an den Fels, optional eine Einfräsung in den kompakten Hauptdolomit, ausgeschrieben [8].

Die große Tiefe erforderte eine 1 m starke Dichtwand aus Tonbeton (Zweiphasenwand). Zur Aufnahme von Verformungskräften wurden eine Mindestzugfestigkeit von 500 kN/m² und eine maximale Steifigkeit von 450 MN/m² gefordert. Die Durchlässigkeitsanforderung lag bei $k_f < 1 \cdot 10^{-9}$ m/s (Laborwert). Durch diverse Versuchsreihen konnte die Schlitzwandmischung vorab optimiert werden.

Wegen der knappen Bauzeit kamen für die ca. 10 000 m² große Dichtwandfläche gleichzeitig ein Schlitzwandgreifer und eine Schlitzwandfräse zum Einsatz (Bild 4). Der notwendige Platzbedarf für den Arbeitsraum und den Begegnungsverkehr der Großgeräte konnte durch eine Verbreiterung der Damm-



Bild 5: Schlitzwandgreifer und Schlitzwandfräse der Fa. Bauer Spezialtiefbau im Einsatz

krone um 4 m mit einer luftseitigen Winkelstützmauer geschaffen werden. Diese Zusatzfläche wird seit Abschluss der Maßnahme als weiterer Parkstreifen genutzt. Die maschinentechnische Umrüstung (Montage der Fräse längs zur Fahrtrichtung des Trägergerätes (Bild 5)) ersparte zusätzlichen Arbeitsraum. Für die Herstellung und Aufbereitung der Bentonitsuspension wurde auf der B 307 neben der Dammkrone eine eigene Mischanlage errichtet.

Die Einzel-Lamellenbreite von 3,20 m und der geforderte Überschneidung von 40 cm ergaben für die 170 m lange Schlitzwand 62 Primär- und Sekundärlamellen. Der obere Schlitzwandteil (im Kern-Bereich) wurde bis in rund 40 m Tiefe durch den Schlitzwandgreifer entnommen. Der untere Bereich bis zur Endtiefe von 70 m sowie die Einbindungen in den seitlichen Fels (gefordert mindestens 30 cm; einaxiale Druckfestigkeit des Hauptdolomits 21-96 MPa) wurden durch die mit Stiftmeißeln ausgestattete Schlitzwandfräse hergestellt (Bild 5). Durch diese Arbeitsaufteilung musste der Aushub des Greifers nicht über die Separieranlage ausgesondert werden und die höhere Arbeitsleistung der Fräse in größerer Tiefe konnte optimal genutzt werden.

Um Störungen beim Fräseinsatz durch alte, im tiefen Untergrund verbliebene metallene Injektionsrohre zu vermeiden, wurde die Schlitzwand ca. 3 m luftseitig der Dammachse angeordnet. Damit blieb der größte Teil der alten Kerndichtung erhalten. Eine besondere Herausforderung bildete das unerwartete Antreffen einer alten Spundwandreihe, die aus der Bauzeit im Kerngraben verblieben war und senkrecht zur Schlitzwandachse lag. Eine aufwendige photogrammetrische Vorerkundung, bestätigt durch Sondierbohrungen mit Georadar, ließ Spundwandelemente von mehreren Metern Länge erwarten, die mit den vorhandenen Schlitzwandgeräten kaum hätten entnommen werden können. Mit Hilfe des hydraulischen Schlitzwandgreifers konnten – unterstützt durch Meißeleinsatz zum Durchörtern des durch frühere Injektionen verfestigten Bodens – aus rund 45 m Tiefe drei alte Spundwandstücke (ca. 1,40 m lang) aus dem Verbund gelöst und geborgen werden. Somit war die Herstellung einer durchgehend homogenen Dichtwand ohne Unstetigkeiten möglich.

Die lotrechte Abweichung der fertigen Schlitzwand wurde durch zwei unabhängige Messverfahren überprüft [9] und lag

deutlich unter der geforderten Maßhaltigkeit. In 55 m Tiefe sollte eine Mindest-Dichtwandstärke (in der Fuge zweier benachbarter Lamellen) von 45 cm eingehalten werden, in einer Tiefe von 70 m mindestens 20 cm. Die tatsächlichen Abweichungen lagen im Mittel nur bei rund 6 cm. Auch der Maximalwert lag mit 11,5 cm weit unter der zulässigen Grenze.

Um eine hohe Versorgungssicherheit zu erreichen, wurde der Schlitzwand-Beton in einer Baustellen-Mischanlage am Dammfuß hergestellt und über eine Rohrleitung zur Dammkrone gefördert. Die Qualitätskontrolle durch die Eigenüberwachung der Baufirma mittels permanenter Beprobung von Bentonit-Stützsuspension und Dichtwandmasse auf der Baustelle (u. a. Bestimmung von Fließgrenze, Filterkuchendicke, Wichte, pH-Wert, Konsistenz, Festigkeit, Steifigkeit und Durchlässigkeit) wurde durch eine Fachbauüberwachung und Fremdüberwachung ergänzt [6]. Alle Proben des Dichtwandmaterials entsprachen den vereinbarten Parametern.

Während der Herstellung der Dichtwand wurden über die verbliebenen Porenwasserdruckgeber die Veränderungen in Damm und Untergrund in einem intensiven Messprogramm begleitend beobachtet. Sie belegten frühzeitig (noch ohne das neue Sickerwassermesssystem) den Nachweis für die erzielte Dichtwirkung [7].

Die Baustelle war als 5-Tage-Woche im 24-Stunden-Schichtbetrieb organisiert. Die mittleren Abteufzeiten für einen 70 m tiefen Schlitz lagen bei rund 24 Stunden, der Betoniervorgang benötigte etwa 12 Stunden. Damit konnten durchschnittlich vier Lamellen pro Arbeitswoche hergestellt werden. Der gesamte Bauabschnitt wurde zwischen April und November 2012 ausgeführt, die Schlitzwandarbeiten selbst dauerten von Mai bis August.

Während der Bauarbeiten konnte der Straßenverkehr über den Damm durch eine einspurige Fahrbahn mit Ampelsteuerung mit einer Behelfsbrücke (Gewichtsbeschränkung bis 3,5 t) auf der wasserseitigen Dammböschung gewährleistet werden. Der Normalstau im Stausee wurde zur Erhöhung der Resilienz des Gesamtsystems während der Bauzeit um ca. 5 m abgesenkt.

4 Herstellung des Kontrollganges

Zum Bau des Kontrollganges musste am Fuß der Sylvensteinwand ein ca. 90 m langer Zufahrtsstollen (Höhe 5 m, Breite 4 m)



Bild 6: Montage der TBM auf der Schildwiege, dahinter Presseneinrichtung mit sechs Hydraulikzylindern für 2 500 t Schubkraft, darüber Steuerstand für den Vortrieb

und an dessen Ende eine Startkaverne im Hauptdolomit hergestellt werden. Der Ausbruch in gebirgsschonender Sprengtechnik offenbarte ein kompaktes, standfestes Gebirge, so dass – bis auf die Spritzbetonsicherung – auf eine weitere Gebirgssicherung verzichtet werden konnte.

In der ca. 16 x 8,50 x 7,50 m (Länge x Breite x Höhe) großen Startkaverne wurde eine Pressenstation aufgebaut, mit der die Vollschnitt-TBM (**Bild 6**) sowie die nachfolgenden Stahlbetonrohre durch die rund 175 m lange Durchörterungsstrecke aus Dolomit und geschüttetem Damm gedrückt wurden. Für den Rohrvortrieb wurde eine Herrenknecht-Maschine vom Typ AVND 2 500 AB mit einem Schneidradantrieb von 400 kW eingesetzt. Das Schneidrad am Kopf der TBM, ein sogenanntes Mixschild (Durchmesser 3,05 m), ist besetzt mit Diskenmeißeln und Schälmessern zum Durchfahren von Fels- und Lockergestein. Die Stützung der Ortsbrust beim Vortrieb erfolgte bei 0,5 bar Überdruck durch eine Bentonitsuspension, die zugleich als Feststoff-Flüssigkeitsgemisch den Abtransport des gelösten Materials übernahm. Dazu wurde die Bentonitsuspension in der Separieranlage vom Ausbruch gereinigt und mit Frischmaterial angereichert in den Kreislauf zurückgespeist. Die zum Teil „schleifenden“ Übergangsbereiche zwischen gewachsenem Fels und geschüttetem Damm wurden vor dem Durchfahren der TBM mit Hartgelinjektionen stabilisiert.

Unmittelbar hinter der TBM wurden zur endgültigen Sicherung des Ausbruchs die fertigen Rohrabschnitte mit einer Einzellänge von 2,80 m (Rohrlager Bild 3), einem Außendurchmesser von 3,00 m (Innendurchmesser 2,40 m) und einem Gewicht von 18 t eingesetzt und von der hydraulischen Pressenstation mit einem maximalen Pressendruck von rund 2 500 t nachgeschoben. Die einzelnen Rohre der mit einer Gliederkette vergleichbaren Rohrleitung sind untereinander durch eine außen liegende Edelstahlmanschette mit einem Rollgummiring gegen Wasserdruck abgedichtet. Am Ende der Vorschubeinrichtung (zwischen den Pressen und dem jeweils letzten Stahlbetonrohr) war ein Stahlschott als Rettungsschleuse angeordnet, um im Havariefall (Wassereintrich an der Ortsbrust oder Brand im Stollen) den Baustellenbereich abschirmen zu können.

Die Reduzierung der Mantelreibung beim Vortrieb des knapp 175 m langen Stollens erfolgte durch das Einpressen von Bentonit in den schmalen Ringspalt zwischen dem geringen Überschneidung des Bohrkopfs und dem Tunnelrohr (**Bild 7**). Dazu waren



Bild 7: Stollenvortrieb, Laser, Transport- und Versorgungsleitungen, die Bentonit-Injektion zur Reduzierung der Mantelreibung erfolgt über die gelbe Injektionsleitung an Firste und Ulmen



Bild 8: Vorbereitung zum Einbau des Filters (Schlitzbrückenfilter und Sumpfrohr)

separate Injektionspunkte in jedem dritten Rohrabschnitt vorgesehen. Zur weiteren Verringerung der Pressenkräfte waren vorsorglich zwei Dehnereinheiten in der Rohrleitung eingebaut, die aber nicht zum Einsatz kamen. Als Vortriebsleistung konnten im 24-h-Schichtbetrieb als Spitzenleistung acht Rohrabschnitte eingebaut werden, d. h. 22 m pro Tag. Rund 40 % des Zeitaufwands waren für den reinen Vortrieb, 60 % für das Öffnen und Schließen der Vorschubeinheit sowie das Einsetzen eines neuen Rohrabschnitts erforderlich. Die Zielkaverne wurde nach 16 Tagen Rohrvortrieb erreicht. Die Abweichungen des Stollens von der Sollachse betragen in der Höhenlage weniger als 2 cm, in der Seitenlage bis zu 4 cm und sind als äußerst gering zu bewerten. Am Ende der Vorpressstrecke mussten vorab ein 43 m tiefer senkrechter Zielschacht (Durchmesser 6,50 m) und ein rund 20 m langer horizontaler Zielstollen ausgesprengt werden, über den die TBM in zwei Teile zerlegt wieder herausgebracht wurde. Der Zielschacht dient nun ausgestattet mit einem Treppenturm als betrieblicher Notausstieg.

Aus Sicherheitsgründen wurde der Vortrieb des Stollens im Schutze der neuen Dichtwand durchgeführt. Der Betrieb der Talsperre war deshalb während der gesamten Vortriebsarbeiten nicht eingeschränkt, eine Stauspiegelabsenkung war bei diesem Bauabschnitt nicht erforderlich.

5 Die Drainagepfähle

Zur Erfassung möglicher Sickerwassermengen wurden ab Mai 2014 zwischen Schlitzwand und Kontrollgang sogenannte Drainagepfähle mit einer Tiefe von ca. 41 m hergestellt [8]. Die 54 Großbohrpfähle DN 900 wurden als verrohrte Pfähle in einem Achsabstand (zueinander) von 2,80 m mit einem Schneckenbohrgerät erstellt. 2 150 m der gesamten Bohrstrecke führten durch den Dammkern bzw. den alten Filter, 92 m Bohrpfahllänge haben den in den Flanken anstehenden Fels durchörtert. Auch hier lagen die lotrechten Abweichungen weit unterhalb der zulässigen Toleranzen. In diesen Pfählen sorgt ein geschlitztes Rohr – ähnlich dem bei Brunnen einer Wassergewinnung – für das Sammeln von Drainagewasser, das am Fußpunkt in einem HDPE-Topf gesammelt und in den neuen Kontrollgang eingeleitet wird. In Summe wurden rund 1 700 m Filterrohr, 110 m Filterrohr mit Edelstahlbrautwickelfilter (**Bild 8**) und 400 m Voll-



Bild 9: Blick in den Kontrollgang mit Sickerwassersammlersystem und Innenausbau

wandrohr (jeweils DN 200) eingebaut. Der Filterrohrstrang ist von Filterkies 2-5 mm umgeben. Rund 1 250 m³ Filterkies wurden eingebaut. Aus dem Kontrollgang heraus wurden die Kunststoff-Pumpensümpfe durch Horizontalbohrungen (DN 178 mm) angebohrt und über ein Vollwandrohr DN 100 angeschlossen.

Insgesamt dauerten die Arbeiten für die vertikalen Groß- und die horizontalen Kleinbohrungen ca. fünf Monate. Vier Filterpfähle konnten im Mittel pro Arbeitswoche erstellt werden. Der gesamte Straßenverkehr konnte während der Bauzeit durch Ampelregelung einspurig und bedarfsgesteuert über die Dammkrone geführt werden.

Der Innenausbau des Kontrollgangs mit der Messtechnik erfolgte in der Wintersaison 2014/2015 (**Bild 9**). Die Messtechnik ermöglicht eine permanente, abschnittsweise Überwachung des Sickerwasseranfalls über die gesamte Dammfläche. Damit sind die Vorgaben der DIN 19 700 Teil 11 – Talsperren nach direkter, abschnittsweiser Messung des Sickerwassers erfüllt. Jeder einzelne Sickerwassersammelpfahl kann zusätzlich über ein System von Schächten und Schläuchen gezielt bewässert und damit auf Funktionsfähigkeit geprüft werden. Zur Sicherheit ist am Ende des Kontrollgangs ein Druckschott eingebaut, ausgelegt auf 40 m Wasserdruck.

Die Wiederherstellung der Dammkrone und der beiden Bundesstraßen (**Bild 10**) sowie die Renaturierung der Baustellenflächen rundeten im Jahr 2015 die Baumaßnahmen ab. Entlang der B 307 gibt es nun auf der Dammkrone beidseitig einen Parkstreifen und einen Gehweg.

6 Resümee

Nach über 50-jähriger Betriebszeit [3] wurden Staudamm und Untergrund des Sylvensteinspeichers mit einer neuen, qualitativ hochwertigen Dichtung und einem abschnittsweise Messungen erlaubenden Sickerwassermesssystem ausgestattet. Erstmals in Deutschland wurde dabei unter laufendem Betrieb der Talsperre (Aufrechterhaltung von Niedrigwasseraufhöhung und Hochwasserschutz) eine 70 m tiefe Schlitzwand eingebaut, die auch seitlich in die Felsflanken eingeschnitten ist. Die Überwachung der neuen Dammdichtung erfolgt nun über Drainagepfähle und einen begehbaren Kontrollgang, der aus dem kom-

pakten Fels der Sylvensteinwand durch den gesamten Dammkörper in das gegenüberliegende Dammwiderlager auf der Henenköpfseite aufgeföhren wurde – ohne Einschränkungen des Talsperrenbetriebs, eine weltweit bisher einmalige Baumaßnahme. Künftig wird der Sylvensteinspeicher hohe Beanspruchungen bei sehr großen Hochwasserereignissen gut und sicher aufnehmen können. Beim Hochwasser im Juni 2013 wurde dies bereits eindrucksvoll bestätigt [10].

Über die Sickerwassermessung hinaus könnten bei Bedarf vom Kontrollgang aus Bohrungen in den tieferen Untergrund geführt werden. Möglich ist auch der Einbau von Messeinrichtungen, die Strömungen und Drücke im Untergrund beobachten. Damit eröffnet der Kontrollgang künftig weitreichenden Handlungsspielraum für weitere Mess- und Injektionsarbeiten. Diese könnten wegen der optimalen Höhenlage mit hoher Präzision und auf kurzem Wege durchgeführt werden [11].

Mit den beschriebenen Baumaßnahmen schafft der Freistaat Bayern an der Isar zeitgemäßen Hochwasserschutz auf höchstem Niveau, der über den Ballungsraum München hinaus bis nach Niederbayern wirkt. Die Anpassung des über 50 Jahre alten Staudamms an den heutigen Stand der Technik und die Vorgaben der DIN 19 700 erfolgte mit einem überschaubaren Kostenvolumen von ca. 23 Mio. Euro und blieb damit deutlich unter den prognostizierten 25 Mio. Euro [12]. Somit konnten alle Zeit- und Kostenvorgaben eingehalten werden.

Während der gesamten Bauzeit konnten die beiden Kernaufgaben des Sylvensteinspeichers – Hochwasserschutz und Niedrigwasseraufhöhung – uneingeschränkt erfüllt werden.

Autoren

Dr.-Ing. Tobias Lang

Wasserwirtschaftsamt Weilheim
Pütrichstraße 15
82 362 Weilheim
tobias.lang@wwa-wm.bayern.de

Dipl.-Ing. Gregor Overhoff

Bayerisches Staatsministerium für Umwelt und Verbraucherschutz
Rosenkavalierplatz 2
81 925 München
gregor.overhoff@stmuv.bayern.de

Literatur

- [1] List, F.; Strobl, Th.: Veränderung der Abdichtungswirkung des Kerns des Sylvensteindamms infolge Alterung. In: Wasserwirtschaft 81 (1991), Heft 7/8.



Bild 10: Die neue B 307 mit der verbreiterten Dammkrone im Herbst des Jahres 2015

- [2] Overhoff G., Raab S.: Sylvensteinspeicher – Vorbericht zur Nachrüstung des Damms. Bayer. Landesamt für Umwelt, 2008 (unveröffentlicht).
- [3] Lang T. et al.: Der Sylvensteinspeicher. In: Wasserwirtschaftsamt Weilheim (Hrsg.): Schrift anlässlich der Feier 50 Jahre Sylvensteinspeicher, 2009.
- [4] Overhoff G., Lang T., Popp M.: Die geplante Ertüchtigung des Sylvensteinstaudamms. In: WasserWirtschaft 100 (2010), Heft 4, S. 134-136.
- [5] Zentrum für Geotechnik der TU München (Hrsg.): Dichtungsschlitzwand, Sickerwasserstollen, Forschung und Entwicklung in der Geotechnik – Erstmalige Herstellung eines neuen Kontrollsystems in einem bestehenden Staudamm (Teile 1 und 2). 2010 (unveröffentlicht).
- [6] Nöll H., Langhagen K., Popp M., Lang T.: Ertüchtigung des Sylvensteinstaudamms – Planung und Ausführung der Dichtwand. In: WasserWirtschaft 103 (2013), Heft 5, S. 76-79.
- [7] Bauer A., Lang T., Overhoff G.; Strobl Th.: Analyse der Porenwasserdruckmessungen am Sylvensteindamm während des Schlitzwandbaus 2012. In: WasserWirtschaft 103 (2013), Heft 9, S. 31-35.
- [8] Langhagen K., Weiss J., Lang T.: Ertüchtigung des Sylvensteinspeichers – Planung und Bau von Dichtwand und Sickerwassersammelsystem. In: Bautechnik 91 (2014), Heft 5.
- [9] Banzhaf P. E.; Lang T.: Dam Refurbishment by retrofitting of an Embankment Dam Core. In: Sancold Annual Conference, Boksburg, South Africa, 2014.
- [10] Lang T., Overhoff G.: „Milestones at the Sylvenstein dam“ – „Meilensteine am Sylvensteindamm“, New Sealing and Control System – Das neue Dichtungs- und Kontrollsystem. Wasserwirtschaftsamt Weilheim (Hrsg.), 2016 (www.wwa-wm.bayern.de/hochwasser/hochwasserschutzprojekte/dammsylvenstein/doc/2016_broschuere_sylvenstein.pdf); Abruf: 01.02.2018).
- [11] Lang T., Overhoff G.: Das neue Dichtungs- und Kontrollsystem am Sylvensteinspeicher. In: WasserWirtschaft 106 (2016), Heft 6, S. 36-39.
- [12] Lang T., Overhoff G.: Retrofitting Sylvenstein dam with a cut-off wall and control gallery. In: Hydropower & Dams (2017), Nr. 2.
- [13] Lang T., Overhoff, G.: Der Sylvensteinspeicher – Nachrüstungen. In: WasserWirtschaft 108 (2018), Nr. 6, S. 30-34.

Tobias Lang and Gregor Overhoff

Upgrading the Sylvenstein reservoir sealing and inspection system

The Sylvenstein dam was brought up to date between 2011 and 2015 after more than 50 years in operation by adding a diaphragm wall to the existing dam and subsoil, as well as a new measurement system for seepage. These additional upgrades are also considered preventative measures against possible impacts of climate change, as the magnitude and frequency of recent flood events imply an expected larger stress on the dam in the future. With a total cost of about EUR 23 million, construction work was co-financed by the European Fund for Regional Development.

 SpringerProfessional.de

Sylvensteinspeicher

Lang, T.; Overhoff, G.: Das neue Dichtungs- und Kontrollsystem am Sylvensteinspeicher. In: WasserWirtschaft, Ausgabe 06/2016. Wiesbaden: Springer Vieweg, 2016.
www.springerprofessional.de/link/10263750

Nöll, H.; et al.: Ertüchtigung des Sylvenstein-Staudamms – Planung und Ausführung der Dichtwand. In: WasserWirtschaft, Ausgabe 05/2013. Wiesbaden: Springer Vieweg, 2013.
www.springerprofessional.de/link/3417438