

# Ertüchtigung des Sylvensteinstaudammes

Heiko Nöll<sup>1</sup>, Stefan Raab<sup>2</sup>

<sup>1</sup> CDM Smith Consult GmbH, Lazarettstraße 4, 80636 München, Deutschland, heiko.noell@cdmsmith.com

<sup>2</sup> Bayerisches Landesamt für Umwelt, Lazarettstraße 67, 80636 München, Deutschland

## Kurzfassung

Der Sylvensteinspeicher soll nach 50-jähriger Betriebszeit durch eine zusätzliche Schlitzwand im Damm, sowie mit einem neuen Überwachungssystem für das Sickerwasser ertüchtigt werden. Die Ertüchtigung beinhaltet den Bau einer 1 m breiten und 70 m tiefen Dichtwand als Dichtungssystem im Kern des Erddammes. Als neues Überwachungsinstrument soll ein Sickerwassermesssystem aufgebaut werden. Zur Leckageortung werden dazu ein begehbare Sickerwasserstollen und 54 Drainagepfähle DN 900 mit 40 m Tiefe zur sektoralen Sickerwassermessung errichtet. Die Zuwegung zum Sickerwasserstollen erfolgt über einen Zugangsstollen im Fels und einen Zielschacht, der ebenfalls im Fels bergmännisch errichtet wird. Die Baumaßnahme mit einem Kostenrahmen von ca. 25 Mio. Euro für die Umsetzung befindet sich derzeit im Bauabschnitt 2 und soll im Jahr 2015 beendet werden.



Abb.1: Bauschild zur laufenden Baumaßnahme zur Ertüchtigung des Sylvenstein Staudammes

## 1 Einleitung

Innerhalb des Hochwasser-Aktionsprogrammes 2020 des Freistaates Bayern wurde seit dem Hochwasserereignis 1999 bereits über 1,5 Mrd. Euro in Schutzbauten investiert. Neben dem Neubau von Schutzanlagen zum dezentralen Rückhalt und Linienbauwerken an Gewässern stehen auch der gute Zustand und die Sicherheit der Hochwasserrückhaltespeicher im Blickpunkt. Der Sylvensteinspeicher erfüllt als Bayerns ältester und wichtigster Wasserspeicher seit 1959 an der Isar seine Aufgaben u.a. beim Hochwasserschutz. Bei großen Hochwasserabflüssen hat er seine Schutzfunktion für Unterlieger, insbesondere für die Landeshauptstadt München, eindrucksvoll bewiesen.

Detaillierte Untersuchungen am Dichtungskern und am bestehenden Sickerwassermesssystem haben die Wasserwirtschaftsverwaltung als Betreiber der Talsperre veranlasst, grundlegende Ertüchtigungsmaßnahmen für den Damm in Auftrag zu geben. Mit dieser Planung wurde die CDM Consult GmbH im Jahr 2008 beauftragt. Die vorgesehenen Maßnahmen sind auch als Vorsorge gegen die Folgen möglicher Klimaänderungen zu verstehen, da die Größe und enge Folge der jüngeren Hochwasserereignisse in den Jahren 1999, 2002 und 2005 eine künftig stärkere Beanspruchung der Talsperren im alpinen Raum aufgrund des Klimawandels erwarten lassen.

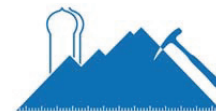


Abb. 2: Blick auf den Sylvenstein Staudamm

Die wesentlichen Daten für den Sylvensteinspeicher sind:

Tab. 1: Allgemeine Daten

Einzugsgebiet:	1.138 km <sup>2</sup>	Gewöhnlicher Hochwasserraum:	53,30 Mio. m <sup>3</sup>
Gesamtstauraum:	124,30 Mio. m <sup>3</sup>	Außergewöhnlicher Hochwasserraum:	26,00 Mio. m <sup>3</sup>

Tab. 2: Hochwasserzuflüsse

HQ <sub>1</sub>	HQ <sub>5</sub>	HQ <sub>10</sub>	HQ <sub>50</sub>	HQ <sub>100</sub>	HQ <sub>200</sub>	HQ <sub>1000</sub>
210 m <sup>3</sup> /s	400 m <sup>3</sup> /s	500 m <sup>3</sup> /s	750 m <sup>3</sup> /s	950 m <sup>3</sup> /s	1000 m <sup>3</sup> /s	1400 m <sup>3</sup> /s

Die bisher höchste Speicherabgabe erfolgte am 22.05.1999 (Pfungsthochwasser) mit 360 m<sup>3</sup>/s. Der Hochwasserschutz für Bad Tölz, einer direkten Unterliegergemeinde, wird derzeit von 450 m<sup>3</sup>/s auf 650 m<sup>3</sup>/s Abflussmaxima erhöht und ausgebaut.

## 2 Detailuntersuchungen des Dammes

Der ursprünglich 42 m hohe und 180 m lange Damm gründet auf einer ca. 100 m tiefen, mit Flussgeschiebe verfüllten Erosionsrinne im Hauptdolomit. Dieser Untergrund wurde beim Bau in den 1950er Jahren durch mehr-reihige Injektionsschleier mit Tongel abgedichtet. Der schlanke zentrale Dichtungskern besteht aus einem künstlich zusammengesetztem Erdbeton, in den Kies, Feinsand, Schluff und Bentonit verbaut wurden. An den Dichtungskern schließen luft- und wasserseitige Filter aus Moränenkies.

Im Jahr 1972 wurden Injektionen in den Dammkern (östliches Widerlager) und im Jahr 1987 auf der gesamten Länge in den Kern und den Untergrund bis in ca. 60 m Tiefe (ca. 2000 m<sup>3</sup> Injektionsgut mit Ton-Zementmischungen) durchgeführt. Diese Maßnahmen haben damals im Kern vermutete Risse abgedichtet. Mit der Verpressung wurde aber auch ein Teil des luftseitigen Filteraufbaus beeinträchtigt.

Probebohrungen und genauere Untersuchungen des Messsystems haben in der Dammgründungsebene Hinweise von bereichsweise erhöhten Wasserdurchlässigkeiten ergeben. Eine kritische Betrachtung unter Einbeziehung der gültigen DIN 19700 ließen es sinnvoll erscheinen, mit den heute technischen Möglichkeiten eine zusätzliche Dichtung in den Dammkern und Untergrund einzubauen sowie ein komplett

erneuertes Messsystem für Sickerwasser zu planen. Da die Talsperre in einem wertvollen Naturraum liegt, der Staudamm selbst im FFH Gebiet, wurden Varianten und Lösungsansätze zur Dammsanierung im Dammminneren untersucht. Nachdem 2008 die CDM Smith Consult GmbH mit der Planung beauftragt wurde, ist nach einem ausführlichen Variantenstudium 2009 der Vorentwurf fertiggestellt worden. Im Frühjahr 2011 erfolgte die Genehmigung der geplanten Ertüchtigungsmaßnahme.

## 3 Konzept zur Dammertüchtigung

Zunächst wurde eine Variantenstudie bezüglich der Wahl der richtigen Abdichtung geführt. Für die Verbesserung verglich CDM Smith vor allem Schlitzwandvarianten mit unterschiedlicher Lage zu Dammachse und -kern. Auch eine Doppelschlitzwand mit Querschotts wurde als eine Möglichkeit insbesondere zur späteren Überwachung untersucht. Lösungsvarianten mit Bohrpfehlwänden wurden auf Grund fehlender Maßgenauigkeiten bei der lotrechten Herstellung nicht weiterverfolgt. Injektionsvarianten erfüllen die gewünschte flächenhafte Verbesserung des Kerns nicht, zudem sind dabei Beeinträchtigungen des gegliederten Dammquerschnitts nicht auszuschließen.

Die gewählte Lösung für die zusätzliche Dammmindendichtung ist eine 2-Phasen-Schlitzwand, die in der Lage geringfügig aus der Dammmitte Richtung Luftseite versetzt wird, um den bestehenden Dichtungskern weitestgehend zu erhalten. Die notwendige Tiefe der Schlitzwand wurde durch mehrere bis zu 140 m tiefe Erkundungsbohrungen und auf der Grundlage von Finite-Elemente-Berechnungen ermittelt.

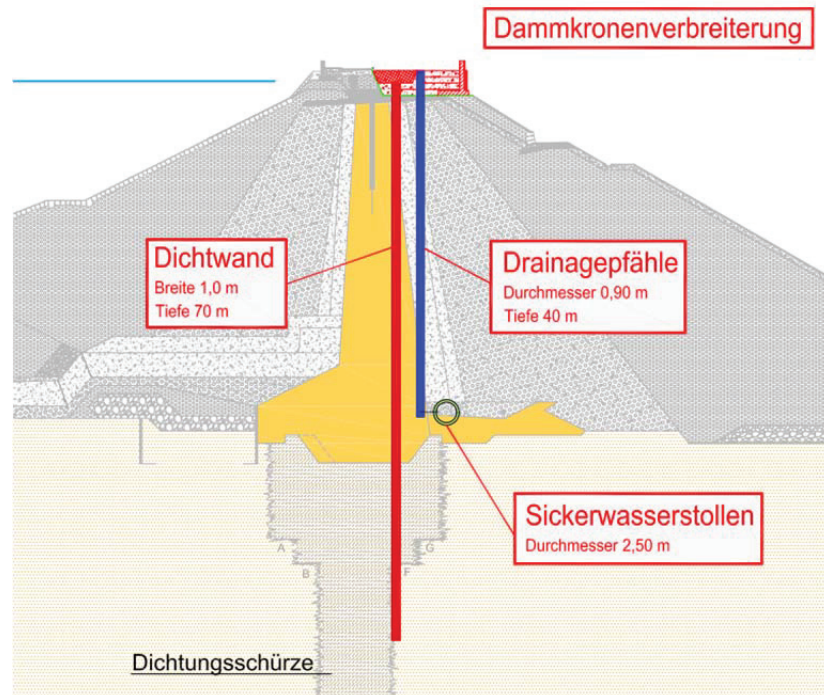


Abb. 3: Querschnitt mit geplanten Baumaßnahmen

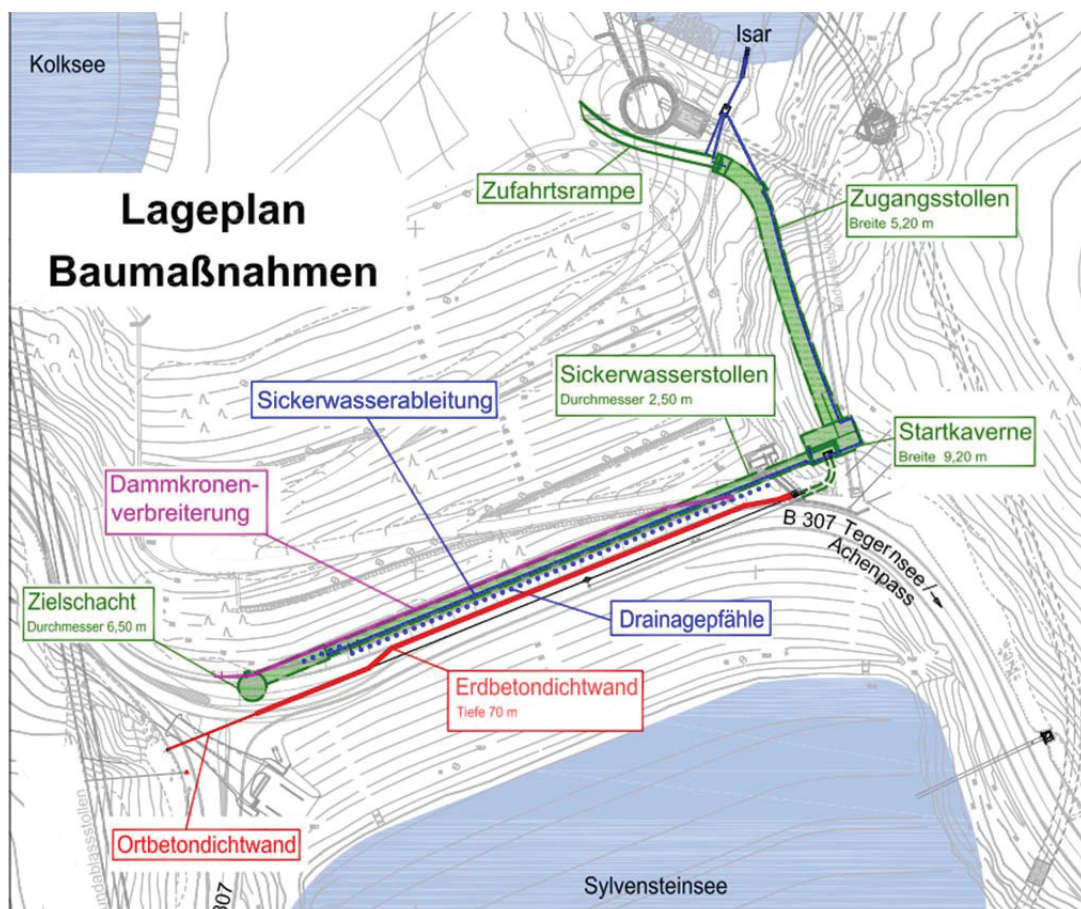


Abb. 4: Lageplan mit geplanten Baumaßnahmen

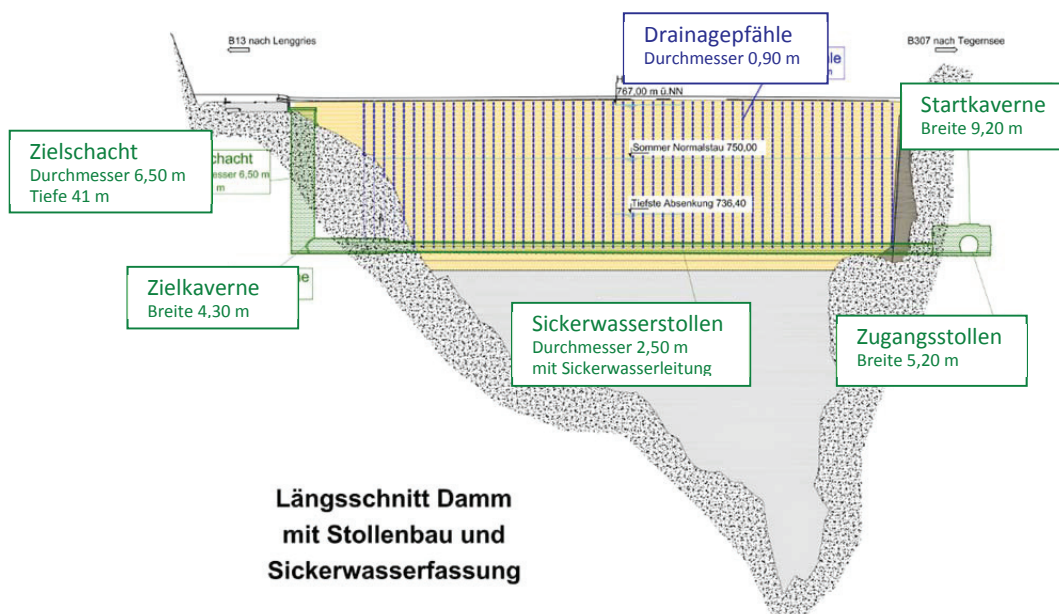


Abb. 5: Längsschnitt Dammschnitt

Die unterschiedlichen Lagerungen von Feinsediment- und Kiesschichten lassen ein Abteufen bis ca. 23 m unter die Dammaufstandsfläche als sinnvoll erscheinen. Die gewählte Tiefe der Schlitzwand beträgt ca. 70 m mit einer Stärke von 1 m.

Die Wiederherstellung eines aussagekräftigen Sickerwassermesssystems war ein weiterer wichtiger Punkt des Planungsauftrages. Die geplante Sickerwasserfassung wird eine sektorale Überwachung über die gesamte Dammlänge ermöglichen. Das Messsystem besteht aus luftseitig angeordneten Drainagepfählen und einem begehbaren Sickerwasserstollen, der sich ca. in Höhe der Dammaufstandsfläche befindet. Die Drainagepfähle sind im Abstand von 2,8 m jeweils einzeln an den Sickerwasserstollen angeschlossen. Eine permanente Sickerwassermessung ist somit gewährleistet.

Das Sickerwasserkontrollsystem besteht aus den Elementen Zugangsstollen, Startkaverne, Sickerwasserstollen und Zielkaverne mit Zielschacht soll die Sammlung, Messung und Ableitung des in den Drainagepfählen gefassten Sickerwassers ermöglichen. Zudem steht der Sickerwasserstollen später als tief gelegener Arbeitsraum zur Verfügung. Bei Bedarf können aus dem Sickerwasserstollen heraus Bohrungen in den tieferen Untergrund geführt werden. Möglich ist auch der Einbau von Messanlagen, die Strömungen im Untergrund beobachten.

Für die Herstellung des Sickerwasserstollens in ca. 41 m Tiefe unter der Dammkrone ist zunächst im Fels auf der Sylvensteinseite ein 86 m langer Zugangsstollen zu erstellen. Der Stollen wird aus Stahlbetonrohren DN 2500 hergestellt, die aus der Startkaverne im Sylvenstein-Fels vorgepresst werden. Zum Auffahren des ca. 170 m langen Sickerwasserstollens wird eine Vortriebsmaschine eingesetzt, die mit weitgehend geschlossenem Schneidrad zum Durchfahren von Fels und Lockergestein ausgerüstet ist. Die Stützung der Ortsbrust und die Förderung des Abraumes erfol-

gen hydraulisch mit Hilfe einer Betonsuspension. Am Übergang zwischen Stollen und Startkaverne wird ein Wasserdruck haltendes, permanentes Stahl-Sicherheitschott eingebaut. Auf der Hennenköpfl-Seite wird ein 41 m tiefer Zielschacht abgeteuft, in dem die Bergung der Vortriebsmaschine stattfindet. Der Zielschacht dient später als Notausstieg und ist von der Luftseite aus begehbar.

#### 4 Terminplanung und Kosten

Nach Abschluss der Variantenuntersuchung im Jahr 2009 und Erstellung der Entwurfsplanung 2010 wurde die Genehmigungsplanung Ende 2010 eingereicht. Da keine Änderung der Gewässerbenutzung vorgesehen ist und auch kein Gewässerausbauatbestand vorliegt, musste kein Wasserrechtsverfahren durchgeführt werden. Die Gesamtkosten für die Bauausführung werden auf ca. 25 Mio. € brutto abgeschätzt, die Kosten für die Planung laufen extra. Für die Maßnahme wurde eine mögliche EU-Kofinanzierung bewilligt und es wurden bereits Mittel abgerufen.

Die gesamte Baumaßnahme ist in 5 Bauabschnitte (BA1 bis BA5) unterteilt. Der BA1 „vorbereitende Maßnahmen/Dammkronenverbreiterung“ wurde bereits Ende 2011 abgeschlossen. In 2012 wird derzeit in BA2 die Dichtwand erstellt. Der Sickerwasserstollen wird im BA 3 im Jahr 2013 teilweise mit Sprengvortrieb im Fels und einer Tunnelbohrmaschine im Dammschnitt errichtet. Die Errichtung der Sickerwasserfassung/Drainagepfähle ist für das Jahr 2014 im BA4 vorgesehen. Abschließende Arbeiten und die Wiederherstellung der Dammkrone sind im Jahr 2015 im letzten BA5 geplant.

#### 5 Bereits ausgeführte Maßnahmen 2011

Im Jahr 2011 wurden bereits folgende vorbereitende Maßnahmen vorausseilend zur eigentlichen Ertüchtigungsmaßnahme des Damms durchgeführt:

### 5.1 Dammkronenverbreiterung und Winkelstützmauer

Aus betrieblichen und verkehrstechnischen Gründen ist vorgesehen, die für die Maßnahme erforderliche Dammkronenverbreiterung nicht nur als temporären Baubehelf sondern als dauerhaftes Bauwerk zu errichten. Die permanente Dammkronenverbreiterung um ca. 4 m wird durch eine Winkelstützmauer gesichert. Durch die Bodenplatte der Winkelstützmauer werden die bestehenden Messsysteme geführt. Desweiteren werden auch Aussparungen für die Drainagepfähle mit dem Durchmesser 900 mm im Abstand von 2,8 m vorgesehen.

### 5.2 Errichtung Kolkseebrücke und Dammumfahrbahnbrücke

Zur Anfahrt der Tunnelbohrmaschine und der Betonfertigteile für den Sickerwasserstollen wurde eine Brücke über den Kolksee errichtet. Zur Aufrechterhaltung der Verkehrsführung während der Herstellung der Dichtwand wurde auf der Wasserseite neben der bestehenden Ufermauer eine Umfahrbahnbrücke errichtet. Hierzu wurde auf eingerammte Spundwanddielen eine Stahlunterkonstruktion montiert und mit Holzbalken als Fahrbelag versehen.

### 5.3 Leitwände und Herstellung des Kopfbauwerkes des Zielschachtes

Die Herstellung der temporären Leitwand aus Beton, die für die im Jahre 2012 geplante Abteufung der Dichtwand erforderlich ist, wurde ebenfalls im Zuge der Vorabmaßnahmen getätigt. Die Leitwand besteht aus 2 Winkelstützen mit einer Höhe von 2,0 m und einer Stärke von 40 cm auf eine

Länge von 184 m. Sie ist notwendig zur exakten Führung des Greifers und der Fräse zur Herstellung der Dichtwand. In der Vorabbaumaßnahme wird im Zuge der Errichtung der Winkelstützmauer auch das Kopfbauwerk auf der freigelegten Felsoberfläche des Hennenköpfl hergestellt.

## 6 Derzeit laufende Maßnahme 2012

Die Herstellung der Dichtwand erfolgt im Jahr 2012. Die größten Herausforderungen an Planung und Umsetzung sind hierbei unter anderem: Die dichte Anbindung an die Felsflanken und an den Vorsatzpfeiler, die Herstellung der Dichtwand ohne Abstau des Staudammes, der Übergang von geschüttetem Dichtungskern in die Isaralluvionen und mögliche Hindernisse im Untergrund.

Die Dichtwand wird bis zur Dammaufstandsfläche in ca. 40m Tiefe „gegreift“, danach erfolgt ein Fräsen der Schlitzwand bis in 70 m Tiefe. Der offene Schlitz wird durchgehend mit einer Bentonit Suspension gestützt. Nach erfolgreichem Erreichen der Endtiefe, mit teilweise Einfräsen in den Fels wird die Lamelle ausbetoniert. Die Herstellung der Lamellen erfolgt im 2-Phasen-Pilgerschrittverfahren.

In Abb. 8 sind die Fräsräder kurz vor Inbetriebnahme zu sehen. Rechts (Abb. 9) ist der Greifer dabei den Schlitz auszuheben, im oberen Bereich wird der Greifer durch die Leitwand geführt. Der Bagger und die Fräse stehen jeweils reitend auf dem Schlitz. Die Schlitzbreite der Lamellen beträgt 3,20 m. Nach Fertigstellung der Primärlamelle mit einer Breite von 3,20 m wird die Sekundärlamelle anschließend mit einem Überschnitt links und rechts von jeweils 0,4 m abgeteuft.



Abb. 6 und 7: Freilegung der Felsoberfläche am Hennenköpfl und Errichtung des Kopfbauwerkes vom Zielschacht



Abb. 8 und 9: Fräse und Greifer zur Herstellung der 70 m tiefen Dichtwand



Abb. 10 und 11: Laufender 24 h Baubetrieb, Greifern und Fräsen des Schlitzes, der mit Stützsuspension gefüllt ist



Abb. 12, 13 und 14: begleitende Auswertung des Fräsgutes beim Einbinden in den Fels

In Abb. 11 ist im Vordergrund die Zuführung der Bentonitsuspension mit Ausgleichsvolumen in der Nachbarlamelle zu sehen. Die Suspension wird während der Arbeiten permanent überprüft. Die Bauarbeiten erfolgen im 24 Stunden Betrieb. Durch Optimierung des Bauablaufs kann parallel an bis zu 3 Schlitzten gearbeitet werden, d.h. zeitgleiches Greifern, Fräsen und Betonieren.

In Abb. 12 bis 14 ist das Siebgut aus der Sedimentieranlage beim Fräsen dargestellt. Es ist deutlich der Übergang von Isaralluvionen (Rundkies, Abb. 12, 13) in den Hauptdolomit (Abb. 14) zu erkennen. Vor allem bei den geeigneten Talflanken ist darauf zu achten, dass beide Fräsräder im Fels sind, um ein vollständiges Einbinden in den Fels mit einem dichten Anschluss der Schlitzwand zu ermöglichen.

Auf der Baustelle erfolgt eine ständige Beprobung der Stützsuspension und der Dichtwandmasse. Die herkömmlichen Kontrollen der Bauüberwachung werden durch die Eigenüberwachung der Baufirma zusätzlich durch eine Fachbauüberwachung und Fremdüberwachung ergänzt.

## 7 Zusammenfassung

Nach Errichtung des Sylvensteinspeichers in den 1950er Jahren, unter Anwendung, der zur damaligen Zeit möglichen technischen und finanziellen Mittel, wurde dieser in den Jahren 1980 bis 2000 ertüchtigt und angepasst. Der Damm ist seit seiner Errichtung um 3 m erhöht worden und hat in den vergangenen Jahren bei Jahrhunderthochwassern erfolgreichen Schutz gegeben. Nach langer Betriebszeit ist nun eine Ertüchtigung des Dammbauwerkes nach den neuesten Möglichkeiten der Ingenieurbauweise geplant und

bereits begonnen worden. Der Freistaat Bayern hat sich entschlossen, diese technischen und finanziellen Anstrengungen zu unternehmen, um eine verantwortungsbewusste und nachhaltige Vorsorge für die Zukunft zu betreiben. Für die Planung wurde die CDM Smith Consult GmbH beauftragt, die alle Planungsphasen, einschließlich der Bau- und Fachbauüberwachung übernommen hat. Die Baumaßnahme mit einer Dichtwandtiefe von 70 Metern und der Auffahrung eines Stollens stellt alle Beteiligten vor eine große Herausforderung.

## Quellenverzeichnis

- OVERHOFF, G., RAAB, S. (2008). Sylvensteinspeicher – Vorbericht zur Nachrüstung des Dammes. Bayer. Landesamt für Umwelt, unveröffentlicht.
- ALTINGER, L. (1960). Sylvensteinspeicher mit deutscher Alpenstraße. Sonderdruck aus Deutsche Bauzeitschrift.
- LIST, F., STROBL, T. (1991, 7/8). Veränderung der Abdichtungswirkung des Kerns des Sylvensteindamms infolge Alterung. Wasserwirtschaft, (pp. 322-327).
- (1991, 1992, 2002, 2003, 2007). Untersuchungen am Sickerwassermesssystem des Sylvensteinspeichers. Bayer. Landesamt für Wasserwirtschaft bzw. Bayer. Landesamt für Umwelt, unveröffentlicht.
- OVERHOFF, G., LANG, T., POPP, M. (2010). Die geplante Ertüchtigung des Sylvensteinstaudamms, 15. Deutsches Talsperrensymposium, Talsperren im Wandel, (pp. 312-318).