

# Erneuerung der Dammabdichtung am Staudamm Roßhaupten

Als fünftgrößter See Bayerns und flächenmäßig größter Stausee Deutschlands dient der vom Lech durchflossene Forggensee sowohl der Stromerzeugung als auch der Hochwasserregulierung nach Einsetzen der Schneeschmelze in den Alpen. Bereits in den 1950er-Jahren fertiggestellt, bildet die Staustufe Roßhaupten die nördliche Talsperre des Sees. Um das Kraftwerk und auch den Hochwasserschutz für die Zukunft zu rüsten, wird seit Mai 2018 eine Erneuerung der Dammabdichtung ausgeführt. Der Kraftwerksbetreiber Uniper Kraftwerke GmbH hat zu diesem Zweck die Ausführung von 13.000 m<sup>2</sup> Schlitzwand zur Abdichtung des Damms beauftragt. Besondere Herausforderung: Die Schlitzwand kann nur von der mit 11 m Breite sehr schmalen Dammkrone aus hergestellt werden und liegt zudem nicht in der Mitte des Damms, sondern versetzt an der Seite der Dammkrone.

**Die 1950er-Jahre** waren eine prägende Zeit für die bayerische Wasserwirtschaft. Innerhalb weniger Jahre wurden kurz aufeinander folgend zwei bis heute bedeutende Talsperren errichtet. Seit 1959 ist der Sylvensteinspeicher am Oberlauf der Isar bei Lenggries in Betrieb und unmittelbar zuvor wurde die Talsperre bei Roßhaupten im Allgäu errichtet, die nun seit 1954 das Wasser des Lechs von Füssen bis Tiefenbruck zum rund 16 km<sup>2</sup> großen Forggensee aufstaut. Idyllisch am Fuß des berühmten Schlosses Neuschwanstein gelegen, ist der Forggensee der fünftgrößte See Bayerns und flächenmäßig der größte Stausee Deutschlands. Er dient dem Hochwasserschutz entlang des gesamten Lechs und der gleichmäßigen Regulierung dessen Wasserführung: Im Herbst und Winter gibt der Forggensee Wasser an den Lech ab – was besonders vor dem Hintergrund der Laichzeit der

Fische von Bedeutung ist. Im Frühjahr nimmt er das Wasser der Schneeschmelze auf und verhindert so regelmäßige Hochwasser. Zusätzlich stellt der Forggensee seit seiner Errichtung ein weit über die Region beliebtes Tourismusziel dar. Um den Staudamm Roßhaupten für die Zukunft zu rüsten, wurde die BAUER Spezialtiefbau GmbH vom Kraftwerksbetreiber Uniper Kraftwerke GmbH mit der Erneuerung der Innendichtung der Talsperre beauftragt.

## Parallelen zwischen dem Sylvensteinspeicher und der Talsperre Roßhaupten

Rund sechzig Jahre später wiederholt sich die Geschichte: Beide Staudämme werden innerhalb weniger Jahre aufeinander folgend modernisiert und erhalten eine Schlitzdichtwand als neues

Blick auf die Talsperre Roßhaupten mit ihrer schmalen Dammkrone

Dichtungselement in den bestehenden Dämmen. War bereits der Bau der beiden Stauanlagen eine für die damalige Zeit herausragende technische Leistung, so ist auch die Modernisierung nach heutigen Maßstäben eine spektakuläre Herausforderung, bei der modernste Schlitzwandtechnik eingesetzt wird, um die schwierigen Bauaufgaben zu lösen. Beide Anlagen sind ähnlich aufgebaut, denn sowohl beim Sylvensteinspeicher als auch bei der Talsperre Roßhaupten am Forggensee ist das Absperrbauwerk ein rund 40 m hoher, geschütteter Damm mit einem Stützkörper aus Kies und Geröll sowie einem mittig angeordneten Dichtungskern, der aus Material mit hohem bindigen Anteil, wie Lehm und Ton, besteht. Im Rahmen der Modernisierung entschieden sich die Gutachter und Planer bei beiden Dämmen, die Innendichtung durch eine 1 m dicke und rund 70 m tiefe Schlitzwand

zu erneuern. Beide Schlitzwände mussten dabei von einer recht schmalen Dammkrone aus hergestellt werden. Zudem sollten sie nicht nur im, sondern auch unter der Dammaufstandsfläche eingebaut und im Zweiphasenverfahren hergestellt werden.

## Zweiphasenverfahren

Bei der Ausführung des Zweiphasenverfahrens wird der Schlitz unter der stützenden Wirkung einer Suspension aus Bentonit und Wasser ausgehoben. Anschließend wird der mit der Stützflüssigkeit gefüllte Schlitz im Kontraktorverfahren von unten nach oben mit dem Dichtwandbaustoff ausbetoniert. Die Stützflüssigkeit wird dabei nach oben verdrängt und abgepumpt. So entsteht elementweise eine neue Innendichtung aus sogenanntem Ton- bzw. Erdbeton. Das neue Dichtungselement soll idealer-



Abb. 1 – Bei der Herstellung der Einzelschlitzlamellen kommen ein BAUER MC 96 (links) und ein MC 64 Seilbagger zum Einsatz.



Abb. 2 – Mithilfe eines Tachymeters wird die Lage des oberirdischen Teils der Stahlseile dreidimensional im Raum erfasst.



Abb. 3 – Als Trägergerät des Hydraulikgreifers dient der bereits auf der Baustelle des Sylvensteinspeichers bewährte Seilbagger BAUER MC 64.

weise eine ähnliche Steifigkeit wie der bestehende Dichtungskern haben. Der Tonbeton selbst besteht aus Sand und Kies mit einem recht kleinen Größtkorn von nur 8 mm. Besonders charakteristisch für den Tonbeton sind der hohe Anteil an Ton mit rund 350 kg/m<sup>3</sup> und der weitaus niedrigere Gehalt an Zement von nur rund 80 kg/m<sup>3</sup>. Mit dieser Rezeptur erhält der Dichtungsbauwerkstoff seine gewünschten Eigenschaften: einen niedrigen Durchlässigkeitsbeiwert für Wasser und einen geringen E-Modul, der auch die eher niedrige Druckfestigkeit des Tonbetons von rund 1 MN/m<sup>2</sup> bedingt.

#### Herstellung der Dichtwand

Die Schlitzwand setzt sich aus einzelnen Elementen, den Lamellen, zusammen. Bei beiden Staudämmen, sowohl beim Sylvensteinspeicher als auch bei der Talsperre Roßhaupten, wurden die Wände in Einzelschlitzlamellen hergestellt (Abb. 1). Die Länge jedes Einzelschlitzes mit 3,2 m entspricht dabei der Breite des Schlitzwandgreifers und auch der Schlitzwandfräse. Um die einzelnen Lamellen zu einer Wand zu verbinden, wendet man das im Spezialtiefbau häufig genutzte Prinzip des Pilgerschritts an. Dabei werden zuerst zwei Primärlamellen mit einem geringeren Abstand als 3,2 m zueinander ausgehoben und betoniert. Sobald der Tonbeton der Primärlamellen gut angesteift

ist, wird die Lücke durch eine Sekundärlamelle geschlossen. Dabei schneidet die sekundäre Lamelle in die benachbarten Primärlamellen ein und verbindet diese über zwei geschlossene Fugen zu einer durchgehenden Wand. Mithilfe einer Schlitzwandfräse können diese überschrittenen bzw. überfrästen Fugen besonders gut ausgeführt werden. Die Zähne der Fräseräder schneiden die Flanken der jungen Primärlamelle sauber an und rauhen diese auf. Der frische Tonbeton der Sekundärlamelle legt sich an die raue Fläche an und verzahnt sich zu einer nahezu wasserundurchlässigen Fuge. In welcher Größenordnung der Überschchnitt der Lamellen ausgeführt wird, hängt von mehreren Faktoren ab. Ein großer Überschchnitt gibt mehr Sicherheit, da sich die Lamellen bei Abweichungen in der Fuge immer noch ausreichend überlappen. Ein geringerer Überschchnitt ist jedoch wesentlich günstiger herzustellen und verkürzt durch den schnelleren Fortschritt die Bauzeit. Gleichzeitig setzt ein geringerer Überschchnitt aber voraus, dass alle Schlitzes mit hoher Genauigkeit lotrecht ausgehoben werden. So muss bereits während des Schlitzausbaus genau überprüft werden, wie stark der Schlitzwandgreifer oder die Schlitzwandfräse aus dem Lot abweichen. Dazu werden zwei voneinander unabhängige Methoden zur Vermessung des Schlitzes während des Aushubs angewendet, die sich gegenseitig kontrollieren.

#### Messtechniken

Sowohl im Greifer als auch in der Schlitzwandfräse sind Inclinometer eingebaut, die erste Anhaltspunkte über die Neigungsabweichung der Aushubwerkzeuge geben. Ergänzend dazu werden die von Bauer entwickelten Systeme CIS und GIS eingesetzt, wobei die Abkürzungen für „Cutter Inclination System“ als Kontrollsystem für die Fräse und analog als „Grab Inclination System“ als System zur Positionsbestimmung des Greifers stehen. Bei beiden Systemen wird ein Prinzip auf modernste Art angewendet, das erfahrene Schlitzwandbauer seit jeher nutzen, um starke Abweichungen des Geräts zu erkennen: Die Neigung der Stahlseile, an denen der Greifer oder auch die Fräse befestigt sind, gibt Aufschluss über deren genaue Position im Schlitz. Bei CIS und GIS wird mit einem Tachymeter die Lage des oberirdischen Teils der Stahlseile dreidimensional im Raum erfasst (Abb. 2). Analog zu einem Vektor wird die oberirdische Richtung nach unten extrapoliert und so die unterirdische Position des Werkzeugs im Schlitz berechnet. In regelmäßigen Abständen wird deshalb der Aushub mit dem Greifer oder der Fräse unterbrochen, die aktuelle Position des Aushubwerkzeugs bestimmt und mit der vorgegebenen Soll-Lage verglichen. Wird dabei festgestellt, dass der Schlitz dazu tendiert zu verlaufen, kann sofort reagiert werden, noch bevor die Abweichung zu groß wird. Weicht



Abb. 4 – Insgesamt werden rund 6.500 m<sup>2</sup> Schlitzdichtwand mithilfe der Schlitzwandfräse in den anstehenden Fels eingebunden.



Abb. 5 – Das Trägergerät BAUER MC 96 ist mit einer Verdreheinrichtung ausgerüstet, die es ermöglicht, die Schlitzwandfräse BAUER BC 40 um die eigene Achse zu drehen.

etwa der Greifer während des Aushubs zu sehr ab, übernimmt die Schlitzwandfräse etwas früher den Aushub des Schlitzes. Durch die kontinuierliche Arbeitsweise der Fräse und deren effektiv wirkende Klappensteuerung kann der Verlauf des Schlitzes meist viel schneller korrigiert werden, als dies mit dem Greifer selbst möglich wäre.

#### Geräteinsatz Schlitzwandgreifer

Dieses Prinzip verdeutlicht bereits die Arbeitsaufteilung der beiden Schlitzwandgeräte. Die oberen 40 m der Talsperre von der Krone bis zur Aufstandsfläche des Damms werden mithilfe eines hydraulisch betriebenen Schlitzwandgreifers vom Typ BAUER DHG ausgehoben. Als Trägergerät dient der bereits auf der Baustelle des Sylvensteinspeichers bewährte Seilbagger BAUER MC 64 (Abb. 3). Der Schlitzwandgreifer ist optimal dafür geeignet, den Schlitz im Dammkörper auszuheben, da sich das bindige Material des Dichtungskerns durch die hohen Schließkräfte des Hydraulikgreifers sehr gut lösen lässt. Der Wechsel der beiden Geräte erfolgt planmäßig, sobald der Schlitz bis zur Gründungsebene des Staudammes abgeteufelt ist.

» Die Staudamm-Modernisierung ist eine besondere Herausforderung, bei der modernste Schlitzwandtechnik eingesetzt wird, um die schwierigen Bauaufgaben zu lösen. «

#### Baugrund

Dort beginnt das Festgestein, auf dem die Talsperre Roßhaupten aufgebaut wurde. Das Festgestein setzt sich zusammen aus wechselnden Tonstein- und Mergelsteinschichten, durchzogen von Bändern aus Sandstein und stellenweise auch Kohle. Charakteristisch ist, dass der Fels unterhalb des Damms stark geschichtet ist. Die Molasseschichten wechseln oft im Abstand von wenigen Zentimetern und selten ist eine Schicht mehrere Dezimeter mächtig. Tektonische Verformungen haben die Schichten aus Sedimentationsgestein fast senkrecht aufgefaltet, wodurch aus Schichtflächen häufig auch Klüftflächen entstanden sind. Der an der Talsperre Roßhaupten anstehende, unzeretzte Fels zeigt Druckfestigkeiten zwischen 8 und 85 MN/m<sup>2</sup>. An den meisten Bohrkernen der Aufschlussbohrungen wurden Druckfestigkeiten von rund 35 MN/m<sup>2</sup> gemessen. Über das im Staudamm und am Fuß des Damms installierte Messsystem kamen Gutachter schließlich zu der Einschätzung, dass einzelne Klüfte im Fels über die Jahre immer stärker wasserführend geworden waren und als Folge eine Unterströmung des Staudamms möglich wäre – ein Szenario, das stellenweise bereits eingetreten war. Gutachter und Planer entwarfen daraufhin eine tiefe Schlitzwand als zusätzliche Innendichtung. Über ein Strömungsmodell wurde ermittelt, dass die neue Dichtwand bis zu 30 m in den Fels unterhalb des Staudamms geführt werden muss, damit der hydraulische Gradient in einer für das Bauwerk unschädlichen Größe bleibt.

#### Geräteinsatz Schlitzwandfräse

Nur mithilfe einer Schlitzwandfräse kann eine Dichtwand über größere Strecken hinweg im Fels wirtschaftlich und qualitativ

hochwertig hergestellt werden (Abb. 4). Die besonderen Herausforderungen in Roßhaupten sind dabei vielfältig: Die insgesamt 13.000 m<sup>2</sup> große Schlitzdichtwand muss zur Hälfte in den Felsen eingebaut werden, zugleich steht dafür aber nur eine sehr schmale Dammkrone als Arbeitsfläche zur Verfügung. Bereits beim Bau der Schlitzwand am Sylvensteinspeicher wurde mit der damals neuesten Schlitzwandfräse gearbeitet, um die dort mittig in der Dammkrone liegende Schlitzwand herzustellen. Beim Bauvorhaben an der Talsperre Roßhaupten ist die Herausforderung nochmals größer, da die Schlitzwand nicht mittig in der schmalen Dammkrone liegt, sondern zur Wasserseite hin verschoben ist. Der Grund dafür ist in der Aufstandsfläche des Damms zu finden, da in der luftseitigen Hälfte des Damms zwischen Fels und Dichtungskern eine keilförmige Drainageschicht liegt. Eine mittig im Querschnitt des Dichtungskerns geplante Schlitzwand hätte die Drainageschicht auf fast der gesamten Länge des Damms getroffen oder angeschnitten. Um das zu vermeiden, wurde die Achse der Schlitzwand um rund 3 m zur Wasserseite hin verschoben. Dies hat zur Folge, dass die zur Verfügung stehende Arbeitsfläche auf der Dammkrone erheblich eingeschränkt ist und die Schlitzwandgeräte nicht reitend über dem Schlitz aufgestellt werden können. Es verbleibt nur ein rund 6 m breiter Streifen neben der Schlitzwand als Arbeitsfläche für Greifer, Fräse und Hilfsgeräte – viel zu schmal für eine Schlitzwandfräse in der üblichen Arbeitsstellung. Doch dank der neuesten Generation an Schlitzwandfräsen von Bauer kann die Dichtwand in der gewünschten Lage hergestellt werden, ohne die Krone des Staudamms zu verbreitern: Das Trägergerät, ein BAUER

MC 96 (Abb. 5) mit Schlauchaufrollsystem BAUER HDS-T, ist mit einer Verdreheinrichtung ausgerüstet, die es der Schlitzwandfräse BAUER BC 40 ermöglicht, um ihre eigene Achse gedreht zu werden. So kann die Fräse auch bei nur teilweise verschwenktem Oberwagen des Seilbaggers wieder parallel zum Fahrwerk ausgerichtet werden. Nur in dieser speziellen Gerätestellung kann die Schlitzwand beim Projekt in Roßhaupten überhaupt ausgeführt werden.

#### Ausblick

Die Schlitzwandarbeiten von Bauer laufen an sieben Tagen pro Woche und in Tag- und Nachtschicht – also im 24-Stunden-Betrieb. Auch während der Wintermonate wurden die Arbeiten nicht unterbrochen und konnten planmäßig fortgesetzt werden. Die voraussichtliche Fertigstellung der Spezialtiefbauarbeiten ist bereits für das Frühjahr 2019 geplant und soll noch vor dem eigentlichen Fertigstellungstermin erfolgen.

#### Autor

Stefan Jäger  
BAUER Spezialtiefbau GmbH  
Newtonstr. 3  
85221 Dachau  
stefan.jaeger@bauer.de  
www.bauer.de/bst/

...Starting the future today, together!

#### BOHRANLAGEN FÜR:

-  WASSER BRUNNEN
-  ANKER
-  GEOTECHNIK
-  GEOTHERMIE
-  ERKUNDUNG

WIR SUCHEN  
VERTRETER  
WELTWEIT.  
BEGLEITE UNS!

www.fraste.com

MITO40

FS 400



FRASTE  
SINCE 1964