

Wasserschloss Obervermuntwerk II

Anforderungen, Untersuchungen, Realisierung

Wolfgang Richter, Josef Schneider, Gerald Zenz, Guntram Innerhofer, Gottfried Gökler

Zusammenfassung

Das Wasserkraftwerk Obervermuntwerk II der Vorarlberger Illwerke AG (VIW) ist als hochflexibles Regel- und Speicherkraftwerk konzipiert. Im Mai 2014 startete die Errichtung zwischen den zwei bestehenden Speicherseen Silvrettasee und Vermuntsee im Vorarlberger Montafon.

Der oberwasserseitige Triebwasserweg, welcher als Verbindung zwischen Kaverne und Speicher vorgetrieben wird, ist insgesamt 3210 m lang. Die Wassermasse im Druckstollen und Druckschacht beträgt 105 000 t. Um eine volle Regelfähigkeit des Kraftwerkes zu ermöglichen ist es notwendig, ein Wasserschloss zu positionieren (Thoma 1910). Dieses Wasserschloss begrenzt in weiterer Folge die maximale Druckstoßbelastung und ermöglicht schnelle Schalt- und Umstellzeiten. Das Wasserschloss weist aufgrund der hydraulischen Anforderungen und der Zugangsmöglichkeiten für den Bau eine besondere Form mit drei sternförmig angeordneten 70 m langen Unterkammern und einer 311 m langen Oberkammer auf. Das gesamte Wasserschlossbauwerk mit Vertikalschacht ist 292 m hoch.

Die Auslegung der Kraftwerksanlage und des Wasserschlosses erfolgt durch die Engineering Abteilung der Vorarlberger Illwerke AG. In der Zusammenarbeit mit dem Institut für Wasserbau und Wasserwirtschaft der TU Graz wurde das Wasserschloss durch 1D-numerische, 3D-numerische und physikalische Modellierungen untersucht und in Details optimiert. Durch die effektive und effiziente Kooperation war es darüber hinaus möglich, ein neues Konzept zur Dämpfung eines massiven Wasserfalls aus der Oberkammer zu entwickeln und zu testen. Dadurch soll verhindert werden, dass Luft bis in das Triebwassersystem gelangt. Das gesamte Wasserschloss wurde im Wasserbaulabor der Technischen Universität Graz im Maßstab 1:30 aufgebaut und instationär nach den Froude'schen Ähnlichkeitsgesetzen betrieben.

In numerisch-physikalischen Vorversuchen wurde eine möglichst effektive Drossel in der horizontalen Verbindung zwischen Triebwasserstollen und Wasserschlossschacht zur Dämpfung der Wasserschlossschwingung entwickelt und untersucht.

Bautechnisch wird das Wasserschloss einerseits am Fußpunkt durch einen Verbindungsstollen, andererseits von einem Zugangsstollen zur Oberkammer aufgeföhren. Durch eine gesteuerte Pilotbohrung (Raise-boring) wurde zuerst eine Verbindung vom Schachtkopf bis zum Schachtfuß hergestellt. Danach wurde diese Bohrung von unten nach oben mittels Fräsverfahren auf 3 m Durchmesser aufgeweitet. Über den so hergestellten Schutterschacht wurde dann der bis zu 18 m im Durchmesser große Wasserschlossschacht bergmännisch abgeteuft. Das Wasserschloss wird mit einer Betoninnenschale ausgestattet. Anschließend wird der umliegende, aufgelockerte Felsbereich mit Zementsuspensionen injiziert. Lediglich die Drossel wird aus Stahl gefertigt und kraftschlüssig im Verbindungsstollen am Wasserschlossfuß eingebaut.

In diesem Beitrag werden neben den Ergebnissen der numerischen und physikalischen Modelluntersuchungen die Bauabläufe und -fortschritte dargestellt.

1 Allgemeine Informationen

Das Pumpspeicherkraftwerk Obervermuntwerk II (OVW II) wird als hochflexibles Regelkraftwerk ausgelegt, welches auch als Backup-Kraftwerk für das PSKW Kopswerk II vorgesehen ist. Daher sind sehr schnelle Umschaltzeiten zwischen den Maschinenbetriebsarten zu ermöglichen. Das PSKW Kopswerk II weist eine Bruttofallhöhe von max. 818 m, sowie Ausbaudurchflüsse von 80 m³/s (3 Turbinen) und 56 m³/s (3 Pumpen) auf. Die Engpassleistung des Kopswerkes II beträgt 525 MW im Turbinenbetrieb und die maximale Leistungsaufnahme 480 MW im Pumpenbetrieb.

Das PSKW Obervermuntwerk II wird mit zwei horizontalen ternären Maschinensätzen ausgestattet. Das PSKW Obervermuntwerk II wird für eine Engpassleistung von 360 MW im Turbinenbetrieb und einer maximalen Leistungsaufnahme von 360 MW im Pumpenbetrieb ausgelegt. Aufgrund der vorhandenen Speicher Vermuntsee und Silvrettasee ergeben sich Fallhöhen von 243,2 m bis 311,2 m. Die Ausbaudurchflüsse betragen maximal 164 m³/s im Turbinendurchfluss und 135 m³/s maximal im Pumpendurchfluss. Die Linienführung des Druckwassersystems erfolgt für das PSKW OVW II mittels einer direkten Verbindung zwischen der Maschinenkaverne und dem Oberbecken.

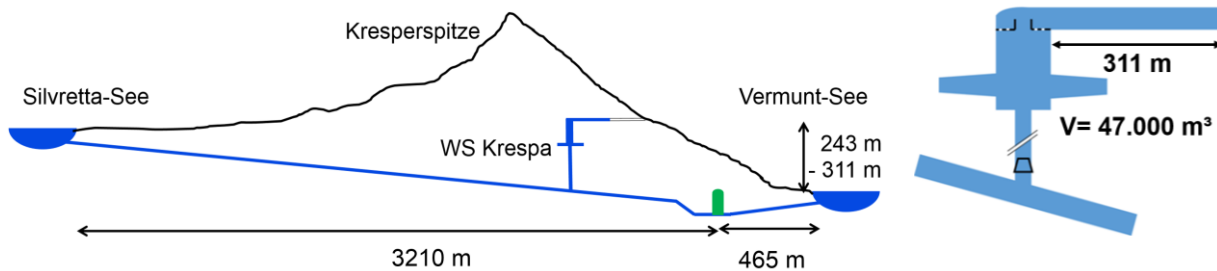


Abb. 1 Längenschnitt (schematisch) des PSKW OVW II, schematische Darstellung des WS Krespa (Anmerkung: Drossel ist liegend im Verbindungsstollen angeordnet- siehe Abb.2)

2 Anforderungen an das Wasserschloss Krespa

Das hydraulische System ist für eine uneingeschränkte freie Betriebsführung ausgelegt, wobei die möglichen Anfahr-, Abschalt- und Umstellzeiten der Betriebszustände unabhängig vom vorhergehenden Schaltfall in beliebiger Anzahl durchgeführt werden können. Um dies gewährleisten zu können, muss das Wasserschloss folgende hydraulische Eigenschaften erfüllen:

- Rasche Reaktionszeiten um die schnelle Regelbarkeit der Maschinen zu gewährleisten
- Stabilitätskriterium für stabilen Regelbetrieb
- Präqualifizierung der Maschinenleistung für Primärregelung
- Druckstoß-Begrenzung im Druckstollen
- Ausreichende Dimensionierung auf die Massenschwingung im Resonanzfall für
 - Stauziel 2032,48 müA - Oberkammer
 - Absenkziel 1994,63 müA – Unterkammer

Ursprünglich wurde zur Ermöglichung sehr schneller Schaltzeiten die Variante eines Druckluftwasserschlosses von VIW untersucht (Meusburger & Gökler, 2014).

2.1 Massenschwingung in Resonanz

Die 1D-numerischen Untersuchungen der Massenschwingung und die daraus sich ergebenden Volumina für das Wasserschloss wurden von TU Graz und von VIW mit unterschiedlicher Software getrennt voneinander berechnet. Aus den vergleichbaren Ergebnissen der Berechnungen ergeben sich die erforderlichen Volumina des Wasserschlosses.

Ober- und Unterkammern wurden auf einen Mehrfachschaltfall mit ungünstigen Schaltzeiten ausgelegt. Hierbei wurden die Pumpen und die Turbinen in den maximalen Rampen so geschaltet, dass die träge Wassermasse im Druckstollen möglichst stark angeregt wird. Um stets auf der konservativen Seite der hydraulischen Berechnungen zu sein, wurden sowohl die Reibungsverluste im Druckstollen, als auch die lokalen Verluste der Drossel um 10 % abgemindert. Dadurch wird eine verminderte Dämpfung der Massenschwingung simuliert.

3 Untersuchungen

Die hydraulischen Untersuchungen für das Wasserschloss wurden durchgeführt:

- 1D-Numerik – Massenschwingung – Kammerauslegung, Drosselwirkung, Ermittlung des Wasserfalldurchflusses, Variantenuntersuchung Oberkammerneigung
- 3D-Numerik – Variantenstudie für das Drosseldesign - Variantenstudie zur Wasserfalldämpfung
- Physikalischer Modellversuch 1:30 als Teilmodell – zur Ermittlung der hydraulischen Drosselverlustbeiwerte, Definition des Ausführungsvorschlags
- Physikalischer Modellversuch 1:30 als Vollmodell – Gesamtdarstellung der Auslegungslastfälle für die Oberkammer, Unterkammer und den Zwischenlastfall mit dem maximalen Wasserfall-Lastfall

Die numerischen Berechnungen wurden vor und während der physikalischen Modellversuche durchgeführt um mögliche Ausführungsvarianten zu untersuchen und für den physikalischen Modellversuch möglichst bereits die Ausführungsvariante aus Plexiglas zu erstellen. Das große und anschauliche Modell des Wasserschlosses Krespa konnte im Wasserbaulabor zu weiteren Forschungs- und Ausbildungszwecken verwendet werden.

- Weiterführende Akademische Abschlussarbeiten:
 - PIV (Particle Image Velocimetry) – Messungen des Wasserfall-Dämpfungselements – (Ruetz, 2014)
 - PIV – Messungen im Steigschacht – Evaluierung der Lufteintragstiefe mit und ohne Wasserfalldämpfungselement – (Urach, 2015)
 - 3D-numerische Strömungssimulation der Drossel – Variantenstudie 3D-Numerik, Randbedingungen – numerische Modellfamilie (Koch, 2015)

3.1 Auslegung Oberkammerlastfall

Für die Oberkammerauslegung sind der maximal zulässige Druck im Fußpunkt des Wasserschlosses und die Lage der Oberkammer sowie die Geometrie des Hauptschachtes vorgegeben. Die ungünstigsten Umschaltzeitpunkte befinden sich im Bereich des Scheitelpunktes des maximalen Durchflusses im Druckstollen. Es werden im Oberkammerlastfall maximal etwa 300 m³/s Durchfluss im Druckstollen zum Wasserschloss und etwa 225 m³/s vom Wasserschloss zum Speicher Silvrettasee im Resonanzfall erreicht. Durch die Drossel in das Wasserschloss fließen für diesen Fall etwa 235 m³/s sowohl hinein als auch heraus. Die

Untersuchungen zeigen, dass durch den Differentialeffekt der Oberkammer mit dem Abreißen der Wassersäule und der Bildung eines Wasserfalles eine zusätzliche positive Dämpfung für die Massenschwingung erreicht wird. Diese Dämpfung vermindert dadurch sogar die Amplituden noch höherer Wasserschlösschwingungen aufgrund folgender ungünstiger Schaltvorgänge. Für die maximale Auslegung der Oberkammer wird ein Reserve-Volumen von etwa 30% des maximalen Füllvolumens vorgehalten. Die Neigung der 311 m langen Oberkammer wurde so gewählt, dass es zu einer möglichst idealen Füllung des Stollens mit äußerst gedämpfter Schwallwelle kommt. Diese Schwallwelle darf auch das Übergabebauwerk in den Belüftungsstollen nicht ungünstig beaufschlagen. Hierbei war zu verhindern, dass auch die maximal möglichen Schwallwellen kein Überschwappen in den Belüftungsstollen zur Folge haben.

3.2 Auslegung Unterkammerlastfall

Die jeweils 70 m langen Unterkammern werden sternförmig an den Hauptschacht angeschlossen. Diese werden hydraulisch nicht durchströmt. Die Unterkammern definieren für den ungünstigsten Mehrfachschaltfall bei Absenkziel das tiefste Niveau des freien Wasserspiegels im Wasserschloss und stellen somit auch eine minimale Leistungsgrenze für die Maschinen dar. Für die Unterkammern wurde die Volumenreserve auf 0% vermindert da der lange Vertikalschacht bereits eine ausreichende Reserve vorhält. Die maximalen Stollendurchflüsse für diesen Lastfall sind etwa mit 250 m³/s sowohl für das Fließen zum Wasserschloss auch als das Rückfließen zum Oberbecken zu erwarten. Maximal fließen bei diesem Lastfall etwa 270 m³/s in das Wasserschloss (Überlagerung Stollen und Pumpen). Der maximale Ausfluss aus dem Wasserschloss beträgt etwa 170 m³/s.

3.3 Auslegung Wasserfalldämpfungselement

Für das Wasserschloss Krespa wurde erstmals ein neuartiges Wasserfalldämpfungselement in einem Wasserschloss entwickelt. Dieses Element ist notwendig da der Hauptschacht direkt zwischen dem Druckstollen und der Oberkammer angeschlossen ist. Bei anderen Wasserschlössern in Österreich wie etwa beim PSKW Kopswerk II ist die Unterkammer durchflossen. Dort kann Luft, welche durch einen Wasserfall eingetragen wird, an die Friste der Unterkammer aufsteigen und anschließend wieder entweichen.

Im Wasserschloss Krespa ergeben sich instationäre Wasserfälle mit maximal 75 m³/s beim Abreißen der Wassersäule in der Oberkammer. Es wurden dazu die ungünstigsten Lastfälle untersucht. Der Bemessungslastfall wurde mit einem Speicherspiegel ca. 20 m unterhalb des Stauziels im Oberbecken ermittelt. Ohne Dämpfungselement wären hierbei Lufteindringtiefen von etwa 65 m bis 77 m zu erwarten. Dadurch könnte Luft bis in den Druckstollen mitgerissen werden. Diese Zustände sind jedenfalls zu vermeiden. Zweck des Dämpfungselements ist eine Transformation des horizontalen Ausflusses aus der Oberkammer in einen vertikalen Abfluss mit definierten Strahldurchmessern. Dies wird durch zahlreiche Rohrdurchbrüche DN 180 in einer Betonbrüstung erreicht. Diese „Balkonbrüstung“ verhindert das direkte Abfließen des Wasserstrahls und zwingt das Wasser durch die Aussparungen zu fließen. Diese Konstruktion wirkt wie ein großer Duschkopf und vermindert die Lufteindringtiefe um etwa 2/3. Daher sind mit dem Wasserfalldämpfungselement Lufteindringtiefen von nur mehr etwa 25 m zu erwarten. Vergleichende Berechnungen werden mit Literaturangaben von Ervine & Falvey, 1987 sowie Clanet & Lasheras, 1997 durchgeführt (Richter et. al, 2013 b).

3.4 Auslegung Drossel

Die Drossel des Wasserschlosses Krespa wird als hydraulische asymmetrische Düsendrossel konzipiert. Dadurch wird ein etwa 3-mal größerer Abschwingverlust beim Rückströmen aus dem Wasserschloss generiert. Die Drossel erzeugt durch einen etwa 1,2 m langen Einstand eine größere Einschnürung des Wassers beim Abschwingen. Dadurch vergrößert sich der Borda-Carnot'sche Stoßwiderstand. Die Drossel wird liegend in den horizontalen Verbindungsstollen eingebaut und weist einen Innendurchmesser von 3,854 m auf. Es werden Entlüftungs- und Entwässerungsrohre vorgesehen, um den Anforderungen beim Befüllen und bei Inspektionen gerecht zu werden.

3.5 Geometrie - Ausführung

Aufgrund der direkten Druckstollenverbindung zwischen der Maschinenkaverne und dem Speicher Silvretta ergibt sich eine erforderliche vertikale Schachtverbindung mit 185 m Höhe zwischen dem Druckstollen und dem eigentlichen Wasserschloss. Auffällig sind die drei sternförmig angeordneten Unterkammern. Diese Anbindung und der direkte Übergang vom Steigschacht in die Oberkammer sind notwendig, da es bei einer sonst üblichen durchflossenen Unterkammer bei den großen vorhandenen Wasserdurchflüssen zu unzulässigen Unterdrücken am Übergang kommen kann. Zudem wirkt die Trägheit der Unterkammern nicht nachteilig für die Anlaufzeit des Wasserschlosses. Abb. 2 zeigt die Ausführungsgeometrie des Wasserschlosses.

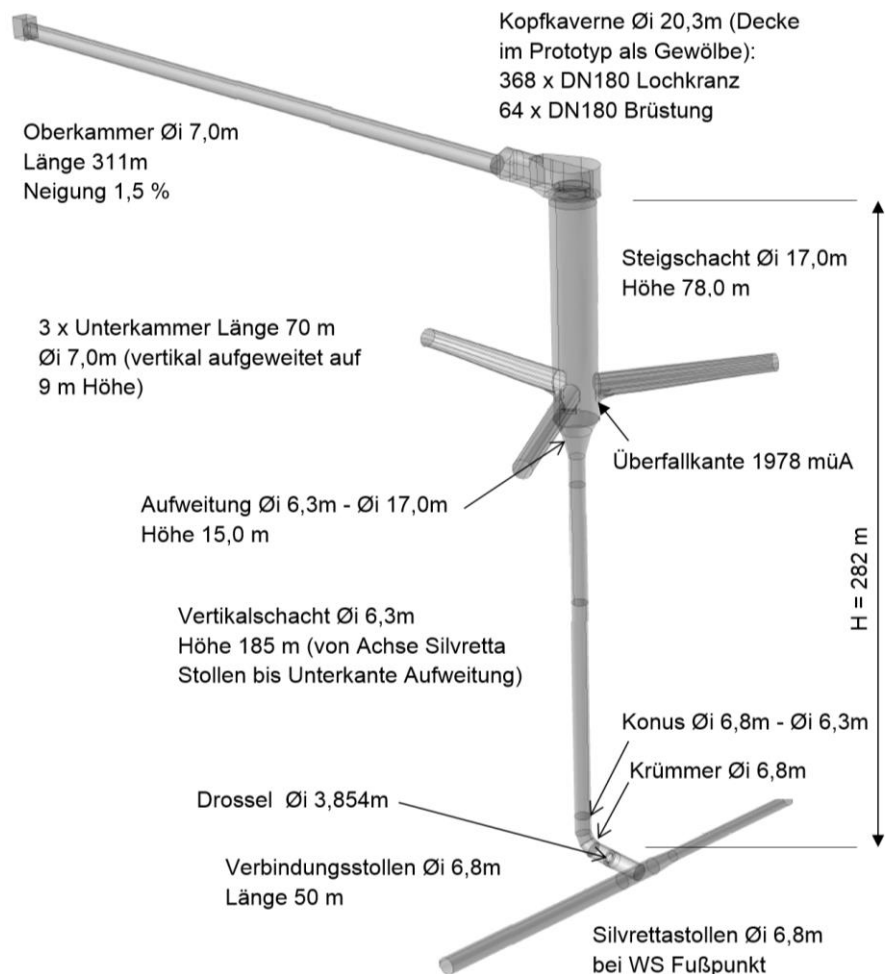


Abb. 2 Geometrie, Ausführungsvorschlag des Wasserschlosses Krespa (Zenz et. al, 2014)

4 Physikalischer Modellversuch

Abb. 3 zeigt den Teilmodellversuch zur Ermittlung der lokalen Drosselverluste. Hierbei wurden die Reibungsverluste entsprechend der Reynoldszahlen extrapoliert und die lokalen Verluste isoliert ermittelt (Klasinc R., 1992). Abb. 4 zeigt den Aufbau des Vollmodellversuchs aus Plexiglas zur Untersuchung der gesamten Funktionsfähigkeit des Wasserschlosses.

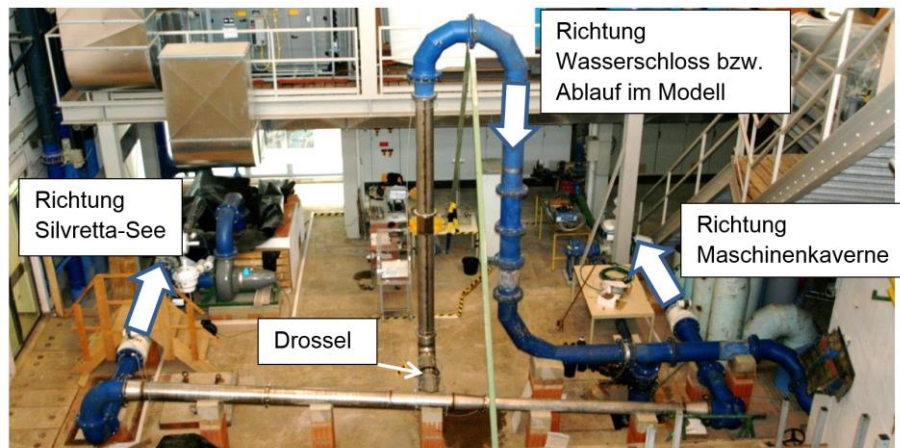


Abb. 3 Physikalischer Modellversuch der Drossel des Wasserschlosses Krespa im Wasserbaulabor, TU Graz (Zenz et. al, 2014)

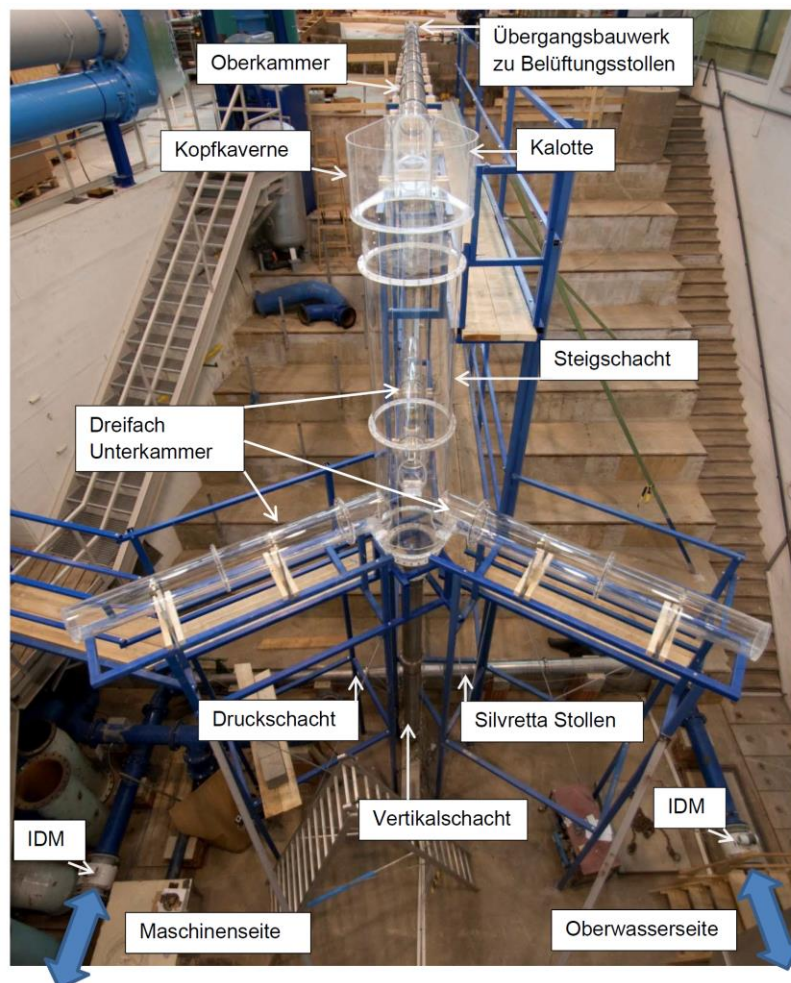


Abb. 4 Physikalischer Vollmodellversuch TU Graz (Zenz et. al, 2014)

4.1 Zwischenlastfall – Wasserfalldämpfungselement

Zur Beherrschung des auftretenden Wasserfalls bei Abreißen der Wassersäule in der Oberkammer wird ein Wasserfall-Dämpfungselement in Zusammenarbeit von VIW mit TU Graz entwickelt. Diese Konstruktion besteht aus einer Betonbrüstung und 368 vertikalen DN 180 Brüstungsboden-Durchbrüchen sowie 64 horizontalen DN 180 Durchbrüchen der „Balkonbrüstung“. Das Wasserfall-Dämpfungselement wird in der Kopfkaverne mit 23 m Innendurchmesser eingebaut. Abb. 5 zeigt das Anlaufen des Dämpfungselements in der Kopfkaverne bei ankommendem Schwall aus der Oberkammer. Zusätzlich werden zur Dissipation der Bemessungs-Schwallwelle Störkörper vorgesehen. Diese dämpfen die kinetische Energie des Schwalls und verteilen die Beaufschlagung des Dämpfungselements.

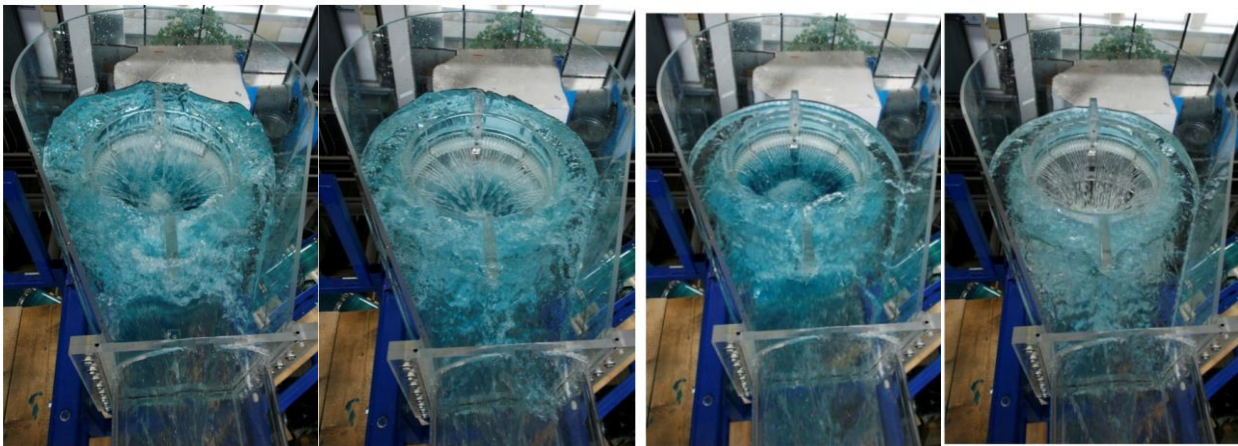


Abb. 5 Transientes Strömungsverhalten des Wasserfalldämpfungselements in der Kopfkaverne des Wasserschlosses Krespa (Zenz et. al, 2014)

5 Realisierung

Der Steig- und Vertikalschacht wurden über die gesamte Höhe (rd. 280 m) mittels Raise-Boring-Verfahren lotrecht vorausgebrochen. Die Aufweitung zum endgültigen Querschnitt erfolgte von oben nach unten im Sprengvortrieb, wobei das ausgebrochene Material in den Schacht geworfen, am Fußpunkt geladen und abtransportiert wurde. Die Versorgung für die Ausbruch- und Sicherungsarbeiten erfolgte über die obere Kammer.

5.1 Bauablauf

- Raise-Boring: Jänner bis Anfang März 2015

Nach Fertigstellung der Kaverne am oberen Ende des Schachtes (Schachtkopf) wurde das Bohrgerät in der vertikalen Schachtachse eingerichtet und mit der Abteufung der Pilotbohrung (DN 330) vom Schachtkopf aus begonnen. Die zielgesteuerte Bohrung mündete rd. 272 m weiter unten im bereits vorher ausgebrochenen Verbindungsstollen zur Triebwasserführung. Beim Schachtfuß wurde der Aufweitungskopf am Bohrgestänge montiert und die Aufweitung (DN 3050) von unten nach oben ausgeführt (Raise-Boring-Verfahren). Das nach unten gefallene Fräsmaterial wurde geladen und über das vorhandene Stollensystem zu den Deponien geführt.



Abb. 6 Raise-Boring Verfahren, Bohrkopf Pilotbohrung (links), Aufweitungskopf an Bohrgestänge (rechts)

- Aufweitung Steigschacht: Mai bis Aug 2015

Nach dem Abbau der Raise-Boring-Anlage erfolgte die Aufweitung des Steigschachtes von 3,05 m auf 18,4 m Durchmesser über eine Höhe von rd. 78 m. Das Ausbruchmaterial wurde über den Raise-Boring-Schacht geschuttet. Das freiliegende Gebirge wurde fortlaufend mit dem Vortrieb mittels Baustahlgitter, 15 cm Spritzbeton und 14 Stk. SN-Anker á 6 m Länge gesichert.

- Untere Kammern: Aug bis Dez 2015



Abb. 7 Eine der unteren Kammern aus Sicht Steigschacht

Auf Höhe (Teufe) der unteren Kammern wurden die Aufweitungsarbeiten des Schachtes unterbrochen, um die drei unteren Kammern (je rd. 70 m lang, Höhe 9 m beim Übergang vom Steigschacht bis 7 m am Ende der Unterkammer) auszubrechen und auch die Betonauskleidung einzubringen.

- Aufweitung Vertikalschacht: Jan bis Feb 2016

Der Vertikalschacht wurde auf einen Durchmesser von 8,3 m aufgeweitet und ähnlich wie der Steigschacht laufend mit einer Vortriebssicherung versehen.

- Innenauskleidung, ab März 2016

Nach der Herstellung einiger Details - wie des Übergangs von Steig- zu Vertikalschacht sowie der Krümmer am Schachtfuß – soll im Frühjahr 2016 die Herstellung der Endauskleidung der Schächte (leicht bewehrte Ortbetoninnenschale, C25/30) mittels Gleitschalung von unten nach oben beginnen. Der Vertikalschacht wird mit 50 cm, der Steigschacht mit 35 cm Betonstärke ausgekleidet.

Abschließend wird das Verbundsystem Beton/Fels in zwei Tiefenhorizonten mit Zement injiziert.

- Verbindungsstollen und Drossel

Abhängig vom Fertigstellungstermin der Vortriebsarbeiten der Triebwasserführung sind die Montagearbeiten der Drossel Mitte 2016 geplant. Auf Grund der in diesem Bereich extremen Fließgeschwindigkeiten und Kräfte (statisch und dynamisch) stellen sowohl die Verankerung der Drossel als auch die Herstellung einer dauerhaft widerstandsfähigen Betonauskleidung eine besondere Herausforderung dar. Da bis auf den Nahbereich der Drossel keine Panzerung vorgesehen ist, ist eine erhöhte Betonqualität (C35/45, glatte Oberfläche, Mehraufwand an Nachbehandlungen und Kontrollen) vorgesehen.

Die Fertigstellung des gesamten Wasserschlossbauwerkes erfolgt laut Plan Ende 2016.

Literatur

Clanet, C., & Lasheras, J. (1997). *Depth of penetration of bubbles entrained by a plunging water jet*. University of California, San Diego.

Ervine, D., & Falvey, H. (1987). *Behaviour of turbulent water jets in the atmosphere and in plunge pools*. Proc. Instn Civ. Engrs, Part 2, 295-314.

Klasinc R., K. H. (1992). Power losses in distribution pipes. *Fluid flow modelling*.

Koch, M. (2015). *Numerische Simulation zur Bestimmung des Verlustbeiwertes der Drossel Krespa*. Masterarbeit TU Graz.

Meusburger, P., & Gökler, G. (2014). Pumped Storage Power Plant Obervermuntwerk II- Plant Layout and Study of different Surge Tank Design. *18 th Int. Seminar on Hydropower Plants* (S. 409 - 416). Vienna: Vienna Universtiy of Technology, Institute for Energy Systems and Thermodynamics.

- Richter W., Schneider, J., Zenz, (2013 a). Ermittlung der Lufteindringtiefe eines Wasserfalls in einem Wasserschloss. *Schriftenreihe zur Wasserwirtschaft, 15. JUWI Treffen Fachbeiträge zur Tagung*. Graz: TU Graz.
- Richter, W., Schneider, J., Zenz, G., & Innerhofer, G. (2013 b). *Hybrid Modelling and Development of a long Upper Chamber in a Surge Tank*. Proceedings of Hydro Congress, Innsbruck.
- Ruetz, M. (2014). *Particle Image Velocimetry (PIV) Messungen am Modellversuch Wasserschloss Krespa*. TU Graz.
- Urach, T. (2015). *Modelluntersuchungen am Wasserschloss Krespa des PSKW Obervermuntwerk 2*. Masterarbeit TU Graz.
- Zenz, G., Schneider, J., & Richter, W. (2014). *Hydraulischer Modellversuch Wasserschloss Krespa*. Institut für Wasserbau und Wasserwirtschaft, TU Graz.

Anschrift der Verfasser

Dipl.-Ing. Wolfgang Richter
Institut für Wasserbau und Wasserwirtschaft, TU Graz
Stremayrgasse 10/2, 8010 Graz
Wolfgang.Richter@tugraz.at

Ass.Prof. Dipl.-Ing. Dr.nat.techn. Josef Schneider
Institut für Wasserbau und Wasserwirtschaft, TU Graz
Stremayrgasse 10/2, 8010 Graz
Schneider@tugraz.at

Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn. Gerald Zenz
Institut für Wasserbau und Wasserwirtschaft, TU Graz
Stremayrgasse 10/2, 8010 Graz
Gerald.Zenz@tugraz.at

Dipl.-Ing. Guntram Innerhofer
Vorarlberger Illwerke AG
ESB - Engineering Services Bautechnik
Anton-Ammann-Straße 12, 6773 Vandans
Guntram.Innerhofer@illwerke.at

Dipl.-Ing. Gottfried Gökler
Vorarlberger Illwerke AG
ESB - Engineering Services Bautechnik
Anton-Ammann-Straße 12, 6773 Vandans
Gottfried.Goekler@illwerke.at