

Raju M. Rohde, Hans-Peter Günther und Andreas Rudolf

Rappbodetalsperre: Instandsetzung der Grundablässe und Nutzung von Wasserkraft

Für die mit 106 m höchste Talsperre Deutschlands, die Rappbodetalsperre, wird ein Gesamtkonzept zur Instandsetzung der Grundablässe aufgestellt. Die in der Mauer befindlichen Regulierverschlüsse werden durch Absperrverschlüsse ersetzt. Die Regulierverschlüsse werden an das Ende der verlängerten Grundablassleitungen in ein neues Schieberhaus verlegt und münden in eine Toskammer. Im Zusammenhang mit den Instandsetzungsmaßnahmen der Grundablässe wird eine Wasserkraftanlage zur Nutzung der Wasserabgabe aus einem Grundablass installiert.

1 Allgemeines

1.1 Bestand

Die Grundablässe der Rappbodetalsperre (DN 1 200) sind so aufgebaut, dass die als Regulierverschlüsse fungierenden Ringkolbenventile (RKV) innerhalb der Stau-mauer angeordnet sind (**Bild 1**). Dieser Aufbau führt dazu, dass die Grundablässe nicht funktionsfähig sind. Das Betätigen der Regulierverschlüsse führt zu erheblichen Schwingungen, die sich derart auf das Bauwerk übertragen, dass die Auswirkungen selbst im Bereich der Staumauerkrone festgestellt werden können. Obwohl mehrere Untersuchungen und auch Umbauten durchgeführt wurden, führten diese zu keiner Verbesserung.

Nachfolgend ist eine Kurzdarstellung des Aufbaus der Grundablässe der Rapp-



Bild 1: RKV DN 1 200 in Schieberkammer, rechter Grundablasses (Quelle: EDR)

bodetalsperre wiedergegeben, der in einem Längsschnitt in **Bild 2** dargestellt ist:

- Einlauftrasse.
- Im Betrieb eingesetzter Feinrechen, austauschbar gegen Notschütz.
- Einlauftrumpete.
- Rollkeilschützenschacht mit Rollkeilschütz pro Grundablass (wasserseitig dichtend) mit Gestänge, welches bis zum Servoraum führt. Im Servoraum sind Hydraulikzylinder zur Betätigung des Rollkeilschützes einschließlichs erforderlichem Hydraulikaggregat und elektrischer Steuerung angeordnet.
- Schieberkammer in der Mitte mit Klappe DN 1 200 (ohne Fallgewicht, nur im rechten Grundablass) und RKV DN 1 200 im rechten Grundablass und RKV DN 800 mit EKD (Erweiterung, Konfusor, Diffusor) im linken Grundablass.
- Luftseitiges Schütz am Ende der jeweiligen Rohrleitung zum Absperrn gegen den Wasserstand im Tosbecken unmittelbar vor der Ausmündung in das Tosbecken. Ausmündung unter Wasser mit ca. 10 m Überstau.

1.2 Ursache der Schwingungen

Die zur Verfügung stehende Druckhöhe (78,60 m Sommerstau) wird nur zu einem geringen Teil durch die Einlauf- und Rohrreibungsverluste reduziert. Der Druck wird größtenteils innerhalb des in der jeweiligen Rohrleitung eingebauten RKV aufgebaut:

$$h_v = \xi_{\text{RKV}} \cdot v^2 / 2g$$

Der Druckverlustbeiwert ξ_{RKV} ist bei geringen Öffnungsgraden bis etwa 20 % sehr hoch (**Tabelle 1**). Mit steigendem Öffnungsgrad verringert sich der Druckverlustbeiwert ξ_{RKV} und die Geschwindigkeit im RKV steigt stark an, was eine Abnahme des statischen Druckes im Ringspalt des RKV zu Folge hat und zu Kavitation und zu erheblichen Vibrationen führt.

2 Konzept

Es wurde ein Konzept zur Erzielung funktionsfähiger Grundablässe entwickelt, das im Wesentlichen die Verlegung der Regulierverschlüsse an das Ende der verlängerten Grundablassleitungen und die Herstellung eines Schieberhauses im Hangbereich unterhalb des Tosbeckens vorsieht. Durch diese Anordnung der Regulierverschlüsse wird der Ausfluss durch den Ausflussquerschnitt und den zugehörigen μ_E -Beiwert bestimmt. Mit starken Schwingungen ist nicht mehr zu rechnen.

Die in der Mauer befindlichen Regulierverschlüsse werden durch Absperrverschlüsse ersetzt. Die Achse der RKV wird 2,5 m oberhalb des Sommerstaus der unterhalb gelegenen Talsperre Wendenfurth vorgesehen. Die vorhandene Druckhöhe wird damit nahezu vollständig ausgenutzt.

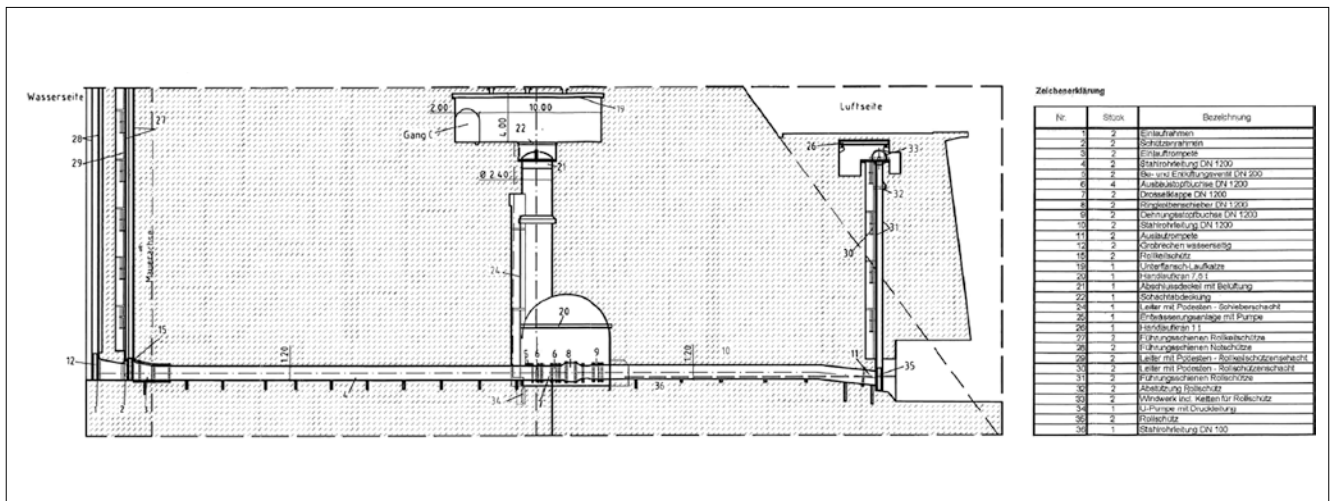


Bild 2: Rappbodetalsperre: Längsschnitt Grundablass mit Darstellung der Ausrüstung im Feld 17 (Quelle: Talsperrenbetrieb Sachsen-Anhalt)

Es werden RKV DN 1 000 am Ende der jeweiligen Grundablassleitung vorgesehen, die in eine Toskammer münden. Diese erhalten eine äußere Ringbelüftung DN 350 und eine Innenbelüftung. Bei der maximalen Stauhöhendifferenz von 76,10 m WS wird ein Abfluss von ca. 10 m³/s mit jeder Grundablassleitung erreicht.

3 Instandsetzung der vorhandenen Grundablässe

Das Manometer auf dem linken Grundablass in der Schieberkammer zeigt derzeit 30 m WS an. Es wird demzufolge von einer Leckage der davorliegenden Not-schütze und von einer Undichtheit der

Verschlüsse in der Schieberkammer ausgegangen, die einen Aufstau in dem jeweiligen Rollkeilschützenschacht verursachen. Diese Undichtheiten müssen für die Instandsetzung der Grundablässe sowie aus Sicherheitsgründen beseitigt werden.

Das Absperren der Grundablässe muss während der Instandsetzungsmaßnah-

Das einzige Taschenbuch zur Wasserwirtschaft

Kurt Lecher; Hans-Peter Lühr; Ulrich C. Zanke (Hrsg.)
Taschenbuch der Wasserwirtschaft
 Grundlagen - Maßnahmen - Planungen

9., vollst. überarb. u. akt. Aufl. 2015. Etwa 1000 S. Geb.
 € (D) 99,99 | € (A) 102,79 | *sFr 124.50
 ISBN 978-3-528-12580-6 (Print)



- Das bewährte Kompendium bietet eine konzentrierte Darstellung aller Fachgebiete der Wasserwirtschaft und des Wasserbaus.

€ (D) sind gebundene Ladenpreise in Deutschland und enthalten 7% MwSt. € (A) sind gebundene Ladenpreise in Österreich und enthalten 10% MwSt. Die mit * gekennzeichneten Preise sind unverbindliche Preisempfehlungen und enthalten die landesübliche MwSt. Preisänderungen und Irrtümer vorbehalten.

Tab. 1: Verlustbeiwerte im Ringkolbenventil abhängig vom Öffnungsgrad (Quelle: nach [3])

Öffnungsgrad	ξ_{RKV}
10 %	ca. 300
20 %	ca. 25
30 %	ca. 5

men jederzeit gewährleistet sein. Hierzu wird jeweils ein Blindflansch an der Zulaufseite der Schieberkammer gesetzt. Der Blindflansch wird mit Stutzen und Absperrventil eingebaut, das während des Einbaus geöffnet ist. Hierdurch ist sichergestellt, dass die Leckage abfließen kann. Durch das Schließen des Absperrventils am Blindflansch entsteht ein Rückstau in den Rollkeilschützenschacht und somit ein Druckausgleich mit dem Oberwasser. Außerdem wird während des Einbaus der Blindflansche das Tosbecken entleert, um einen Wasserdruck von unterhalb der Schieberkammer zu vermeiden. Hierzu ist ein Absenken der Talsperre Wendefurth erforderlich.

Nach dem Druckausgleich werden die Notschütze gezogen und gegen neue Notschütze mit Gummidichtungen und Füllventil ersetzt. Nach dem erneuten Setzen und ggf. nach Abdichtarbeiten durch Taucher sollten diese dicht sein.

Die Rollkeilschütze sind zu demontieren und aufzuarbeiten. Insbesondere muss die bei derartigen Konstruktionen vorhandene wasserseitige horizontale Fläche minimiert werden, um die dadurch verursachte Vertikalkraft zu reduzieren. Diese Vertikalkraft hebt das Schütz in der geschlossenen Stellung an und verursacht damit Undichtheiten. Dazu werden auf der Wasserseite der Rollkeilschützen zusätzliche Stahlplatten eingebaut.

Tab. 2: Kenndaten der neuen Wasserkraftanlage (Quelle: EDR)

Nettofallhöhe H_n	ca. 72 m
Durchfluss Q	ca. 1,8 m ³ /s
Turbinenwellenleistung	1 105 kW
Generatorklemmleistung	1 131 kVA bei $\cos \Theta = 0,9$

Nach der Instandsetzung der Rollkeilschütze und deren Einbau sowie dem Ziehen der eingesetzten Notschütze sollen die äußeren Abschnitte der Einlauftrumpeten durch Taucher mit neuem Korrosionsschutz (LECO) versehen werden, damit die Dichtleisten vor weiterer Korrosion geschützt sind.

Als neue Ausrüstung werden die RKV in der Schieberkammer durch Absperrklappen DN 1 200 mit Fallgewichtsantrieb ersetzt. Das Fallgewicht fällt in Fließrichtung, und der Antrieb wird immer nach innen zur Schieberkammer angeordnet. Im linken Grundablass wird zusätzlich ein Durchflussmesser DN 1 200 unmittelbar am Ausgangsflansch vorgesehen, dessen Messwerte zur Einstellung und Regelung der geplanten Turbine dienen.

4 Neues Schieberhaus und Wasserkraftanlage

Die Stahlrohrleitungen DN 1 200 werden nach dem Austritt aus der Staumauer parallel zur rechten Tosbeckenwand verlängert, wobei der Achsabstand zugleich vermindert wird. Im Bereich des Tosbeckens selbst werden die Leitungen zweckmäßigerweise einbetoniert und im Anschluss durch die hintere Begrenzungsmauer des Tosbeckens geführt. Nach dem Tosbecken werden die Rohrleitungen erdverlegt und bis auf eine Höhe von ca. 347 m ü. NN in den Hangbereich geführt.

Im Hangbereich wird ein neues Schieberhaus vorgesehen, in dem die Armaturen und die Wasserkraftanlage angeordnet werden. Zur schadlosen Dissipation der überschüssigen Energie am Ende der Druckrohrleitungen wird hinter den geplanten RKV DN 1 000 im neuen Schieberhaus eine Toskammer mit Prallwand und Überlaufrücken angeordnet. Der mit großer Geschwindigkeit ankommende Wasserstrahl wird in eine Wassermasse eingeleitet (Tauchstrahl). Dabei wird die kinetische Energie durch intensive Wirbelbildung in Wärmeenergie umgewandelt. Solche Tosbecken wurden bereits vor einiger Zeit mit Erfolg bei der Talsperre Tambach-Dietharz und vor kurzem an den Talsperren Malter und Klingenberg errichtet

Die hydraulische Bemessung der Toskammer im neuen Schieberhaus wurde basierend auf den Berechnungsgrundlagen für Toskammern mit horizontalem Austritt des Wassers aus der Druckrohr-

leitung nach [1] und [2] durchgeführt. Hierbei wurde die veränderte Strahlform infolge eines am Ende der Rohrleitung angeordneten RKV als Regulierverschluss berücksichtigt.

Im Zusammenhang mit den Instandsetzungsmaßnahmen der Grundablässe wird eine Wasserkraftanlage zur Nutzung der Wasserabgabe aus einem Grundablass installiert. In diesen Grundablass wird ein neuer Betriebseinlauf ca. 60 m über Grund eingebunden. Dieser Betriebseinlauf wird mit einem Plattenschieber DN 1 200 und Klarwasserhydraulikantrieb versehen. Die monatlichen Abgabemengen aus den vergangenen Jahren wurden mit dem Ziel ausgewertet, eine möglichst optimale Ausbauleistung für die Wasserkraftanlage zu ermitteln.

Im Ergebnis wird vorgeschlagen, den Ausbaubfluss für die Wasserkraftanlage mit 1,8 m³/s anzusetzen. Damit wäre die Turbine bezogen auf die letzten 10 Jahre auf 240 Ausbautage im Jahr ausgelegt und könnte ohne große Unterbrechungen laufen. Eine solche Betriebsweise ist für die Lager und andere Bauteile günstig, da die Beanspruchungen beim Anfahren im Allgemeinen am größten sind. Die Kenndaten der neuen Wasserkraftanlage sind in **Tabelle 2** aufgelistet. Die Wasserkraftkomponenten werden auf einer Ebene mit den Armaturen des Grundablasses in das neue Schieberhaus installiert. Von der linken Grundablassleitung erfolgt ein Abzweig zur Turbine.

Da die Turbine in einem Schachtbauwerk angeordnet wird, ist eine Kühlung des Generators erforderlich. Es wird eine Lösung mit Wasserkühlung favorisiert, die einen Luftkanal erspart. Der Generator wird eine Abwärme von etwa 30 kW unter Vollast abgeben. Mit einem Luft-Wasser-Wärmetauscher ausgerüstet, kann die Abwärme über den Wärmetauscher an das Unterwasser abgegeben werden.

Der Ablaufwasserspiegel wird in Höhe des Sommerstaus der Talsperre Wendefurth auf 345 m ü. NN gelegt. Ein Gerinne führt dann bis auf die Höhe Winterstau der Talsperre Wendefurth (341,8 m ü. NN).

5 EMSR-Technik

Für die neue Grundablassanlage wurde auch eine neue EMSR-Technik geplant, die den Anschluss aller Verschlüsse und Hydraulikaggregate einschließlich Beleuchtung und Steckdosenvorrichtungen vorsieht.

Alle Verschlüsse, Messwertgeber und die Wasserkraftanlage werden an das übergeordnete Leitsystem der Rappbodetalsperre angeschlossen.

Für die Energieableitung der Wasserkraftanlage wurde eine Netzverträglichkeitsprüfung durchgeführt, deren Ergebnis ein nahe gelegener Anschlusspunkt war.

6 Zusammenfassung

Ziele der erarbeiteten Entwurfsplanung sind:

- Umgestaltung der vorhandenen Grundablässe DN 1 200, so dass diese funktionstüchtig sind
- Ergänzung eines Grundablasses um einen Betriebsauslass zur Wasserableitung aus einer Höhe von 395 m ü. NN
- Einbindung einer Wasserkraftanlage zur Nutzung der Wasserabgabe aus dem Grund- oder Betriebsauslass

Es wurde ein Gesamtkonzept zur Instandsetzung der Grundablässe aufgestellt, um unter Staubbedingungen durch Einsatz von Tauchern für große Tauchtiefen im Schutz von neuen Notverschlüssen die vorhandenen Anlagenteile aufzuarbeiten bzw. durch neue Verschlüsse mit einer veränderter An-

ordnung und Funktionsweise zu ersetzen, um funktionsfähige Grundablässe zu erhalten. Die Bauzeit wird sich auf ca. 2 Jahre erstrecken. Die Gesamtkosten werden sich auf ca. 5 bis 6 Mio. € belaufen.

Autoren

Dr. Raju Marcus Rohde
Dipl.-Ing. Hans-Peter Günther
 EDR GmbH
 Dillwächterstraße 5
 80686 München
 r.rohde@edr.de

Dipl.-Ing. Andreas Rudolf

Talsperrenbetrieb Sachsen-Anhalt
 Timmenröder Str. 1a
 38889 Blankenburg
 rudolf@talsperren-lsa.de

Literatur

- [1] N. N.: Projektierung Wasserwirtschaft, WAPRO 4.09, Blatt 8 – Toskammern. 1971.
- [2] Kraatz, W.: Der Tauchstrahl im begrenzten Raum einer Toskammer. In: Wissenschaftliche Zeitschrift der Technischen Universität Dresden 12 (1963), Heft 6.
- [3] Kraatz, W.: Durchfluss- und Ausflussvorgang bei Regelorganen, insbesondere Ringkolbenschiebern. In: Wissenschaftliche Zeitschrift der Technischen Universität Dresden 19 (1970), Heft 2.

Raju M. Rohde, Hans-Peter Günther and Andreas Rudolf

Rappbode Dam: Restoration of Bottom Outlets and Use of Hydropower

An overall concept is proposed for the restoration of both bottom outlets of the Rappbode Dam, the highest dam in Germany with a height of 106 meter. The plunger valves, which are placed in the middle of the gravity dam, cause vibrations of the dam when put into operation. Both valves are replaced by butterfly valves, which can operate as additional emergency seals. Two new plunger valves are placed outside the dam in a new built powerhouse with a stilling basin. Both bottom outlets are extended to the powerhouse, where one bottom outlet is used for hydropower.



Weitere Empfehlungen aus www.springerprofessional.de:

Grundablässe

Aufleger, M.: Mach's mit! – Oder besser ohne? – Grundablässe im internationalen Vergleich. In: WasserWirtschaft, Ausgabe 05/2013. Wiesbaden: Springer Vieweg, 2013. www.springerprofessional.de/link/3417536

Wouters, R.: Das Bodewerk. In: Wasser und Abfall, Ausgabe 09/2011. Wiesbaden: Springer Vieweg, 2011. www.springerprofessional.de/link/6412806

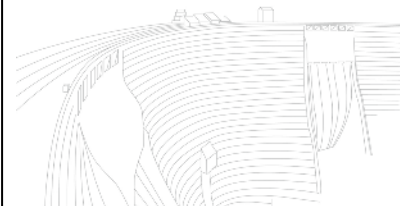
FICHTNER

WATER & TRANSPORTATION

WASSER VERKEHR · UMWELT

Beratung · Studien Planung · Bauüberwachung

- Talsperren und Stauanlagen
- Wasserkraftanlagen
- Fischauf- und Fischabstiegsanlagen
- Hydraulik inkl. 1-D- und 2-D-Modellierungen
- Hydrologie und Hochwasserschutz
- Gewässerentwicklung
- Baugrund- und Gründungsberatung
- Bathymetrie mit Sedimentstärkenerkundung
- Umwelt- und Landschaftsplanung
- Verkehrskonzepte und Verkehrsplanung
- Siedlungswasserwirtschaft
- Sicherheits- und Gesundheitsschutzkoordination
- Projekt- und Kostensteuerung
- Value Engineering
- Wertermittlung
- Sachverständigengutachten



Stuttgart, Freiburg, Leipzig,
 Essen, Berlin, Aachen
info@fwt.fichtner.de
www.fwt.fichtner.de

Ingenieurbüro Floecksmühle
 wasser umwelt energie