

Zeitschrift: Wasser Energie Luft = Eau énergie air = Acqua energia aria
Herausgeber: Schweizerischer Wasserwirtschaftsverband
Band: 114 (2022)
Heft: 3

Artikel: Erhöhung Hochwassersicherheit Stauwehr Schlattli
Autor: Kolberg, John / Schneider, Lukas
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-1002777>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 04.04.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Erhöhung Hochwassersicherheit Stauwehr Schlattli

John Kolberg, Lukas Schneider

Zusammenfassung

Das Stauwehr Schlattli besitzt als Hauptdurchlass eine Öffnung von 7 x 6 m (B/H), welche von einer geteilten Haupt- und Regulierschütze, bestehend aus einer Roll- und einer Gleitschütze reguliert wird. Beim Anheben entstand typenbedingt eine Öffnung von 1,3 m Höhe zwischen den beiden Schützentafeln. Im Verlauf des Hochwasserereignisses vom 12. Juli 2010 transportierte die Muota erhebliche Mengen an Schwemmholz. Als die Hauptschütze zur Entlastung des Stauwehrs Schlattli gezogen werden sollte, verkeilte sich Schwemmholz in dieser Öffnung zwischen den Schützentafeln und blockierte damit das leistungsfähigste Entlastungsorgan. In der Folge stieg der Wasserspiegel im Ausgleichsbecken Selgis an und grosse Mengen an Schwemmholz und Geschiebe lagerten sich im Stauraum ab. Glücklicherweise kam es in der Folge nicht zu einer Überströmung des Stauwehrs, was erhebliche Schäden an den Schützenantrieben und den Installationen im Betriebsgebäude des Stauwehrs nach sich gezogen hätte. Als Reaktion auf diese kritische Situation veranlasste die ebs Energie AG eine eingehende Überprüfung der Hochwassersicherheit des Stauwehrs und beschloss die Umsetzung verschiedener Massnahmen zu deren Erhöhung. Als Hauptelemente der Massnahmen wurde der Antrieb der geteilten Haupt- und Regulierschütze entkoppelt, sodass das Verklauungsrisiko minimiert wird. Ausserdem wurde eine bestehende Öffnung im Wehrkörper von 1 x 6 m auf 4 x 6 m vergrössert und neu mit einer Stauklappe reguliert. Mit den Massnahmen wurde neben der betrieblichen Sicherheit die Abflusskapazität vom Stauwehr Schlattli deutlich erhöht. Beim Bemessungshochwasser (HQ₁₀₀₀) können unter Einhaltung der (n-1)-Regel rund 610 m³/s und beim Sicherheitshochwasser rund 1100 m³/s abgeleitet werden.

Résumé

Le barrage de Schlattli dispose comme passage principal une ouverture de 7 x 6 m (l/h), qui est régulée par une vanne principale et une vanne de régulation partagées, composées d'une vanne wagon et d'une vanne à glissière. Lors du levage, une ouverture de 1,3 m de hauteur s'est formée entre les deux vannes en raison de leur spécificité. Lors de l'événement de crue du 12 juillet 2010, la Muota a transporté des quantités considérables de bois flottant. Alors que la vanne principale devait être tirée pour décharger le barrage de Schlattli, du bois flottant s'est coincé dans cette ouverture entre les panneaux, bloquant ainsi l'organe de décharge le plus performant. Le niveau de l'eau est alors monté dans le bassin de compensation de Selgis et de grandes quantités de bois flottant et de sédiments se sont déposées dans la retenue. Heureusement, il n'y a pas eu par la suite de débordement du barrage, ce qui aurait entraîné des dommages considérables aux mécanismes d'entraînement des vannes et aux installations du bâtiment d'exploitation du barrage. En réaction à cette situation critique, ebs Energie AG a fait procéder à un examen approfondi de la sécurité du barrage contre les crues et a décidé de mettre en œuvre différentes mesures pour l'améliorer. Les principaux éléments de ces mesures ont consisté à découpler les mécanismes d'entraînement de la vanne principale et de la vanne de régulation partagées, afin de minimiser le risque d'occlusion. En outre, une ouverture existante dans le corps du barrage a été agrandie de 1 x 6 m à 4 x 6 m et régulée par un nouveau clapet de retenue. Outre la sécurité d'exploitation, ces mesures ont permis d'augmenter sensiblement la capacité d'écoulement du barrage de Schlattli. Lors de la crue de référence (HQ₁₀₀₀), il est possible d'évacuer environ 610 m³/s en respectant la règle n-1 et environ 1100 m³/s lors de la crue de sécurité.

1. Objektbeschreibung

Das in den 1960er-Jahren von der ebs Energie AG erbaute Stauwehr Schlattli besteht aus einer Schwergewichtsmauer mit einer Höhe von 25 m und einer Kronenlänge von 40 m und liegt eingebettet in die Muotaschlucht auf der Gemeindegrenze von Schwyz und Muotathal (vgl. Bild 1). Mit dem Stauwehr Schlattli wird die Muota im Ausgleichsbecken (AGB) Selgis aufgestaut und für die Stromproduktion im Kraftwerk Wernisberg (KWW) gefasst. Über das AGB Selgis verläuft die Trasse der

Wehrorgan	Typ	Abmessungen B/H in [m]
Grundablass G1	Gleitschütze	1,2/2,0
Grundablass G2	Gleitschütze	0,8/2,0
Hauptschütze	Rollschütze	7,0/4,7
Regulierschütze	Gleitschütze	7,0/1,3
Stauklappe	unreguliert	6,0/1,0
Einlaufschütze Umleitstollen	Rollschütze	4,0/5,0
Dichtungsschütze Umleitstollen	Rollschütze	4,0/4,5
Einlaufschütze Fassung KWW	Rollschütze	6,0/3,0

Tabelle 1: zeigt eine Übersicht der Wehrorgane des Stauwehrs Schlattli im Ausgangszustand.





Bild 1: Übersicht des Standorts des Stauwehrs Schlattli.
(Quelle: www.map.geo.admin.ch, bearbeitet von AFRY Schweiz AG).

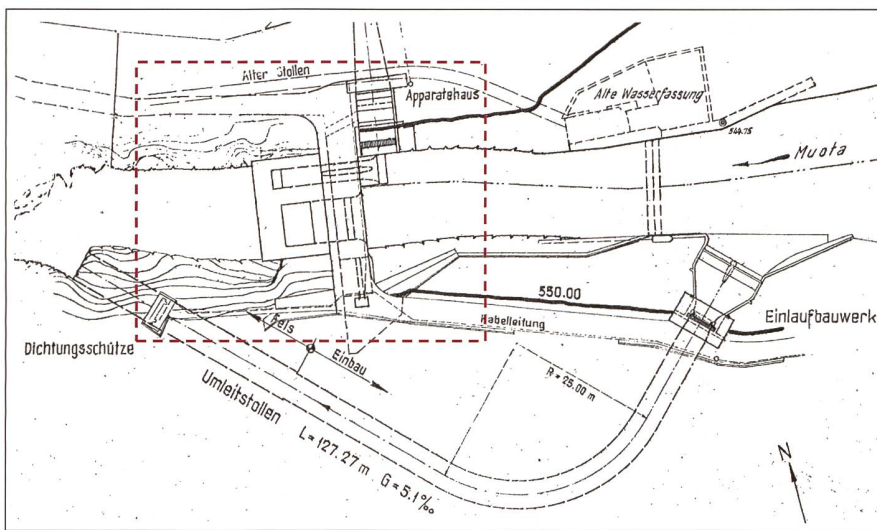


Bild 2: Situation mit rot gekennzeichnetem Projektperimeter.
(Quelle: Ingenieurbüro K.J. Fetz, bearbeitet von AFRY Schweiz AG).



Bild 3: Oberwasseransicht des Stauwehrs Schlattli im Ausgangszustand. Oben links: Öffnung der Stauklappe mit Schwimmerschacht, Mitte: Haupt- und Regulierschütze, unten rechts: Grundablässe 1 und 2.

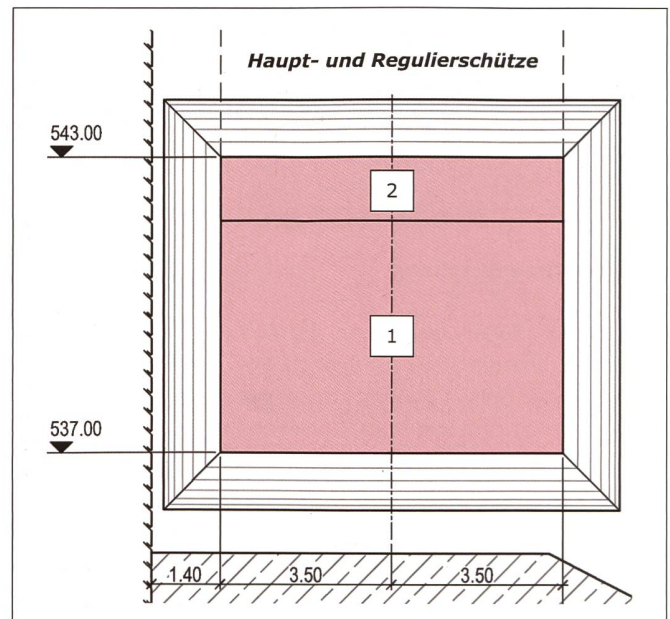


Bild 4: Oberwasseransicht des Hauptdurchlasses mit Haupt- (1) und Regulierschütze (2).

Stoosbahn, der weltweit steilsten Standseilbahn.

Im Ausgangszustand stellten drei regulierte und eine unregulierte Wehrröpfung sowie der Umleitstollen die Durchleitung von Hochwasserabflüssen sicher (vgl. Bild 2 und Tabelle 1).

Die Stauklappe wurde mittels Schwimmermechanismus ab einer gewissen Wasserspiegellage im AGB Selgis automatisch abgelegt. Eine eigentliche Regulierung war nicht möglich.

Eine Besonderheit beim Stauwehr Schlattli stellt die geteilte Haupt- und Regulierschütze dar, welche bis anhin mit einem gemeinsamen Antrieb angehoben wurde. Die Regulierschütze liegt auf der Hauptschütze auf und schliesst somit mit ihrer Schwellendichtung auf der Oberkante der Hauptschütze ab (vgl. Bild 4). Der mechanische Kettenantrieb war an der Regulierschütze angeschlossen und ermöglichte deren unabhängigen Betrieb bis zu einer maximalen Öffnungshöhe von 1,3m. Dadurch konnte die Regulierschütze zur Feinregulierung des Wasserspiegels im AGB Selgis eingesetzt werden. Erst bei einem weiteren Anheben der Regulierschütze wurde die Hauptschütze mit angehoben. Wenn die kombinierte Haupt- und Regulierschütze, welche das leistungsfähigste Wehrorgan darstellt, zur Durchleitung eines Hochwasserabflusses gezogen werden musste, wurde zuerst die Regulierschütze um 1,3m angehoben und dadurch eine Öffnung über der Hauptschütze erzeugt. Im Fall von erhöhtem Schwemmhöhenaufkommen führt diese Betriebsart zu einem erhöhten Verkläungsrisiko.

2. Hochwasserereignis 2010

Während des Hochwasserereignisses vom 12. Juli 2010 gelangte Schwemmholz in die Öffnung zwischen der Haupt- und Regulierschütze und verunmöglichte dadurch den Eintritt der kombinierten Schütze in den Schützenschacht. Dadurch wurde das leistungsfähigste Wehrglied des Stauwehrs Schlattli blockiert. Der Vorfall führte zu einem Anstieg des Wasserspiegels im Stauraum des AGB Selgis und zu einem Unterbruch des Feststofftransportes durch das Stauwehr, wodurch grosse Mengen an Geschiebe- und Schwemmholz im AGB Selgis zurückgehalten wurden (vgl. Bild 5).



Bild 5: AGB Selgis nach dem Hochwasserereignis vom 12. Juli 2010. Blick vom Oberwasser in Richtung Stauwehr Schlattli (oben) und vom Stauwehr in Richtung Oberwasser (unten). (Quelle: ebs).

3. Massnahmen zur Erhöhung der Hochwassersicherheit

Das Hochwasserereignis vom Juli 2010 gab den Ausschlag, die Hochwassersicherheit des Stauwehrs Schlattli grundlegend zu überprüfen und sowohl bauliche als auch betriebliche Massnahmen zu deren Erhöhung auszuarbeiten. Die Bilder 6 und 7 geben einen Überblick über die umgesetzten baulichen Massnahmen.

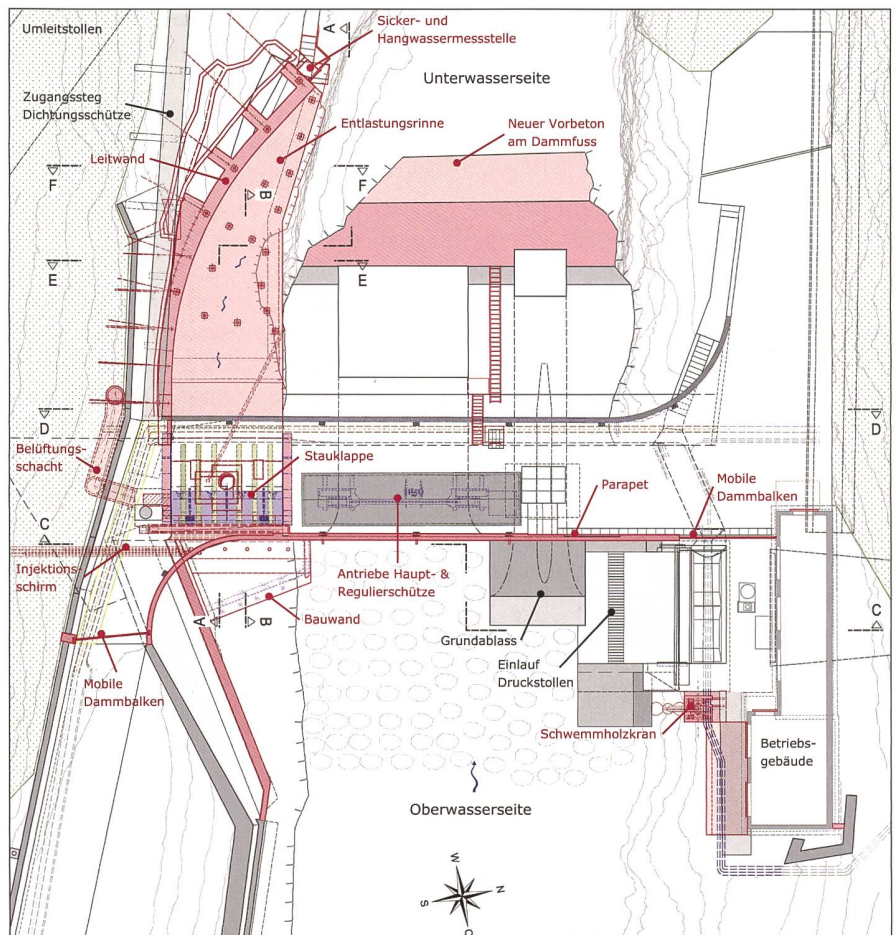


Bild 6: Situation des Stauwehrs Schlattli mit umgesetzten Massnahmen zur Erhöhung der Hochwassersicherheit und Instandhaltung.

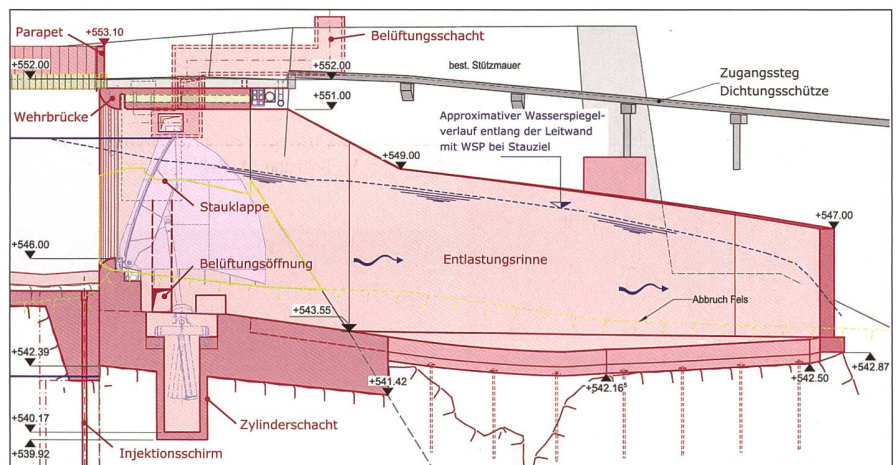


Bild 7: Längsschnitt durch die vergrösserte Wehrröffnung mit Stauklappe und anschliessender Entlastungsrinne.

3.1 Vergrösserte Wehrröffnung, neue Stauklappe und Entlastungsrinne

Zur Erhöhung der Entlastungskapazität des Stauwehrs Schlattli wurde der Durchlass im Bereich der bestehenden Stauklappe von 1,00x6,00m auf 4,00x6,00m (B/H) vergrössert. Diese Massnahme stellte einen wesentlichen Eingriff in das Gesamtbauwerk dar, weshalb vertiefte Untersuchungen zur Stand- und Erdbebensicherheit des Stauwehrs durchgeführt wurden.

Die Schwergewichtsmauer besteht aus einem mittleren Hauptblock und zwei seitlichen Nebenblöcken. Massgebend für die Stand- und Erdbebensicherheit ist der mittlere Hauptblock. Der vom Projekt stark betroffene linke Nebenblock ist diesbezüglich von untergeordneter Bedeutung, sodass die vergrösserte Wehrröffnung in diesem Bereich realisiert werden konnte.

Für die Regulierung der Wehrröffnung wurde eine Stauklappe gewählt, da diese

ein geringes Verklauungspotenzial aufweist und Schwemmholz schadlos abgeleitet werden kann. Zudem ermöglicht sie eine einfache Feinregulierung des Wasserspiegels im AGB.

Neben der Vergrößerung der bestehenden Wehrröfnung wurde im anschließenden Abflussbereich eine Entlastungsrinne an der steil abfallenden linken Talflanke der Muotaschlucht, in Lockergestein und Fels realisiert. Zudem musste die bestehende Winkelstützmauer und der Zugangssteg zur Dichtungsschütze des Umleitstollens unterfangen werden (vgl. Bild 8).

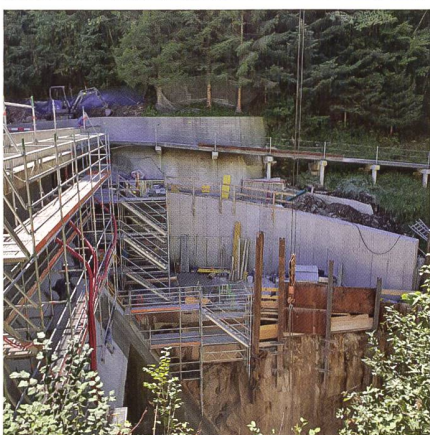


Bild 8: Ausgangszustand (oben), Aushub/Ausbruch für die neue Entlastungsrinne (Mitte) und fertiggestellte Leitwand der Entlastungsrinne (unten).

3.2 Errichtung eines Parapets

Entlang der Mauerkrone wurde ein Parapet (Brüstungsmauer) von 1,10 m Höhe errichtet, um das Sicherheitsfreibord beim Bemessungshochwasser (HQ_{1000}) einzuhalten. Seitlich schliessen mobile Damm balken die Durchgänge vom Parapet zum Gelände ab. Der dank des Parapets realisierbare Überstau führt bei einem Hochwasser $>HQ_{1000}$ zur zusätzlichen Steigerung der Entlastungskapazität aller Wehroorgane, sodass auch beim Sicherheitshochwasser ausreichend Kapazitäten zur sicheren Durchleitung des Abflusses vorhanden sind.

3.3 Neuer unabhängiger Antrieb der Regulierschütze

Der Antrieb der Haupt- und Regulierschütze wurde entkoppelt, um ein Anheben der geteilten Haupt- und Regulierschütze zu ermöglichen, ohne dass zwischen den beiden Schützentafeln eine Öffnung entsteht.

3.4 Installation eines Schwemmholzkran

Bis anhin wurde jeweils bei einem Hochwasserereignis nach Bedarf ein Mobilkran aufgeboden, um Schwemmholz zu entnehmen. Um im Ereignisverlauf bereits frühzeitig eingreifen zu können wurde entschieden, einen fest installierten Schwemmholzkran zur Reduktion des Verklauungsrisikos zu installieren.

4. Bauausführung

Im ersten Halbjahr 2019 wurden die Baumeister- sowie die Stahlwasserbauarbeiten

ausgeschrieben und vergeben. Nach Vorarbeiten im August 2019 wurde Anfang September mit den eigentlichen Bauarbeiten begonnen.

4.1 Baustelleneinrichtungen

Aus Platzgründen musste der wesentliche Teil der Baustelleneinrichtung wie Materialumschlag, Container, Depots etc. auf einem Teil des Vorplatzes der Talstation der Stoosbahn installiert werden. Hierbei wurde u. a. auch ein auf Mikropfählen fundierter Turmdrehkran installiert, mit welchem auch in 50 m Entfernung auf der gegenüberliegenden Flussseite im Bereich der Stauklappe noch Lasten von rund 4 t angehoben werden konnten.

4.2 Baumleitung und Wasserhaltung

Zur Instandsetzung der wasserseitigen Maueroberfläche sowie zur Sanierung der Wehroorgane musste die Oberwasserseite des Stauwehrs von September bis Dezember 2019 komplett trockengelegt werden. Mit der Errichtung einer 3 m hohen Bauwand rund 50 m oberhalb des Stauwehrs auf der bestehenden Schwelle der alten Wasserfassung konnte die Muota über den bestehenden Umleitstollen um die Baustelle geleitet werden (vgl. Bild 9). Im Unterwasser verhinderte ein geschütteter Fangedamm einen Rückfluss der umgeleiteten Muota in den Baustellenbereich.

Die Bauwand wurde so ausgelegt, dass sie bei Zuflüssen von mehr als $130 \text{ m}^3/\text{s}$ überströmt werden konnte. Dies entspricht etwa einem Hochwasserereignis mit einer mittleren Wiederkehrperiode zwischen 2 und 5 Jahren. Aufgrund der engmaschigen



Bild 9: Bauwand im Oberwasser des Stauwehrs Schlattli auf der Schwelle der alten Wasserfassung zur Umleitung der Muota durch den Umleitstollen (Aufnahme während des Einstauversuchs).



Bild 10: Errichtung des Zylinderschachtes und des Schwellenriegels im Schutz der Bauwand (Blick Richtung Oberwasser).

Überwachung des Einzugsgebiets durch den Wetterdienst der ebs konnte mit dem in Kapitel 4.3 dargelegten Sicherheits- und Alarmkonzept die temporäre Räumung der Baustelle mit ausreichend Vorlaufzeit organisiert werden. Während der Umleitphase (September bis Dezember) wurde die Kapazität der Baumleitung einmal überschritten und das Wasser strömte in der Folge durch die geräumten Arbeitsbereiche bei den Grundablässen und den unterwasserseitigen Kolk.

Ab Januar 2020 konnte das KWW einen eingeschränkten (max. Betriebswasser-

spiegel auf 548,50m ü.M.) und ab Mai 2020 den normalen Betrieb mit einem maximalen Betriebswasserspiegel auf 550,00m ü.M. aufnehmen. Während dieser Phase wurde im Schutze einer 6m hohen Bauwand direkt im Oberwasser des Einlaufs zur vergrösserten Wehrröfnung der linksseitige Injektionsschirm fertiggestellt sowie die vergrösserte Wehrröfnung und die Entlastungsrinne erstellt (vgl. Bild 10). Die Bauwand wurde infolge Auftrieb auf einer im Fels verankerten Betonplatte erstellt und bestand aus einer Stahlkonstruktion aus HEB 300-Trägern sowie 30mm starken Stahlblechen. Die Fugen zwischen den Stahlblechen wurden abgedichtet.

4.3 Sicherheits- und Alarmkonzept

Für die Ausführung des Projekts wurde ein Sicherheits- und Alarmkonzept erstellt. Dieses diente den beteiligten Unternehmungen als Grundlage für ihre eigenen Sicherheitskonzepte. Das Ziel des Alarmkonzepts lag darin, die Bauarbeiten beim Stauwehr Schlattli sicher und möglichst gut planbar zu gestalten. Dazu wurde von ebs anhand der Abflussmessungen in den Zuflüssen, den aktuellen Schneeverhältnissen sowie Niederschlags- und Temperaturprognosen im Einzugsgebiet ein täglicher respektive wöchentlicher Alarmierungsbericht erstellt und verteilt. Darin beurteilte die ebs jeweils die zu erwartenden Verhältnisse und teilte sie in Phasen von Grün, Orange oder Rot (Normalbetrieb, erhöhte Alarmbereitschaft oder Ausnahmesituation) ein, sodass die Arbeiten oder eine eventuelle Evakuierung des Baustellenbereichs entsprechend geplant werden konnten.

Zudem wurden zu Beginn auf alle relevanten Bauphasen abgestimmte Alarmstufen von Grün bis Rot definiert, welche sich sowohl auf Zuflüsse als auch auf die Wasserspiegellage im AGB Selgis bezogen und vom Überwachungssystem der ebs automatisch ausgelöst wurden. Ein Alarmierungsschema legte das Vorgehen bei einer Alarmierung fest. Die Alarmierung erfolgte akustisch mittels Signalhorn und visuell mittels einer zentral platzierten Ampel sowie per SMS-Alarm an die Vorarbeiter und die Bauleitung. Die Entwarnung und Herabsetzung der Alarmstufe erfolgte ausschliesslich durch die ebs oder die Bauleitung.

4.4 Bauwerksüberwachung während der Ausführung

Das Stauwehr Schlattli ist als Stauanlage der Klasse II der Aufsicht des Bundes unterstellt. Sämtliche baulichen Eingriffe in die Struktur des Stauwehrs wurden vorgängig mit dem Bundesamt für Energie abgestimmt. Zudem wurde ein Konzept zur Bauwerksüberwachung während der Bauausführung festgelegt. Je nach Bauphase wurden wöchentlich geodätische Aufnahmen gemacht, laufend ausgewertet und nötigenfalls Massnahmen ergriffen. Die maximalen Verschiebungen traten im Bereich der Entlastungsrinne an der unterfangenen Stützmauer auf und betragen 11 mm.

4.5 Abdichtungsmassnahmen

Im Zuströmbereich der Stauklappe wird die bergseitige Böschung mit einer Winkelstützmauer gesichert, welche auf halber Höhe auf Fels fundiert ist. Nach Absenkung des Sees und nach entsprechender Reinigung der Felsoberfläche im Zuströmbereich wurde festgestellt, dass das Fundament der Stützmauer erheblich unterspült worden war. Das Fundament der Stützmauer musste entsprechend mit einer Ergänzung des Mauerfusses verstärkt werden. Auch war der anstehende Fels deutlich stärker durchtrennt als ursprünglich angenommen. Es musste somit für den Bauzustand mit erheblich grösseren Wasserzutritten in die Baugrube gerechnet werden, zumal der Aushub für die Stauklappe und den Zylinderschacht weit unter die genannte Felsoberfläche reichte. Weiter war infolge der starken Durchtrennung auch mit erheblich grösseren Umströmungen des Wehrkörpers zu rechnen. Aus diesen Gründen wurde entschieden, im Baugrund aus Fels und Lockergestein auf der linken Wehrseite den bestehenden Injektionsschirm zu verstärken. Oberwas-



Bild 11: Bauwand oberwasserseitig vor Stauklappe, links ohne, rechts mit Einstau.

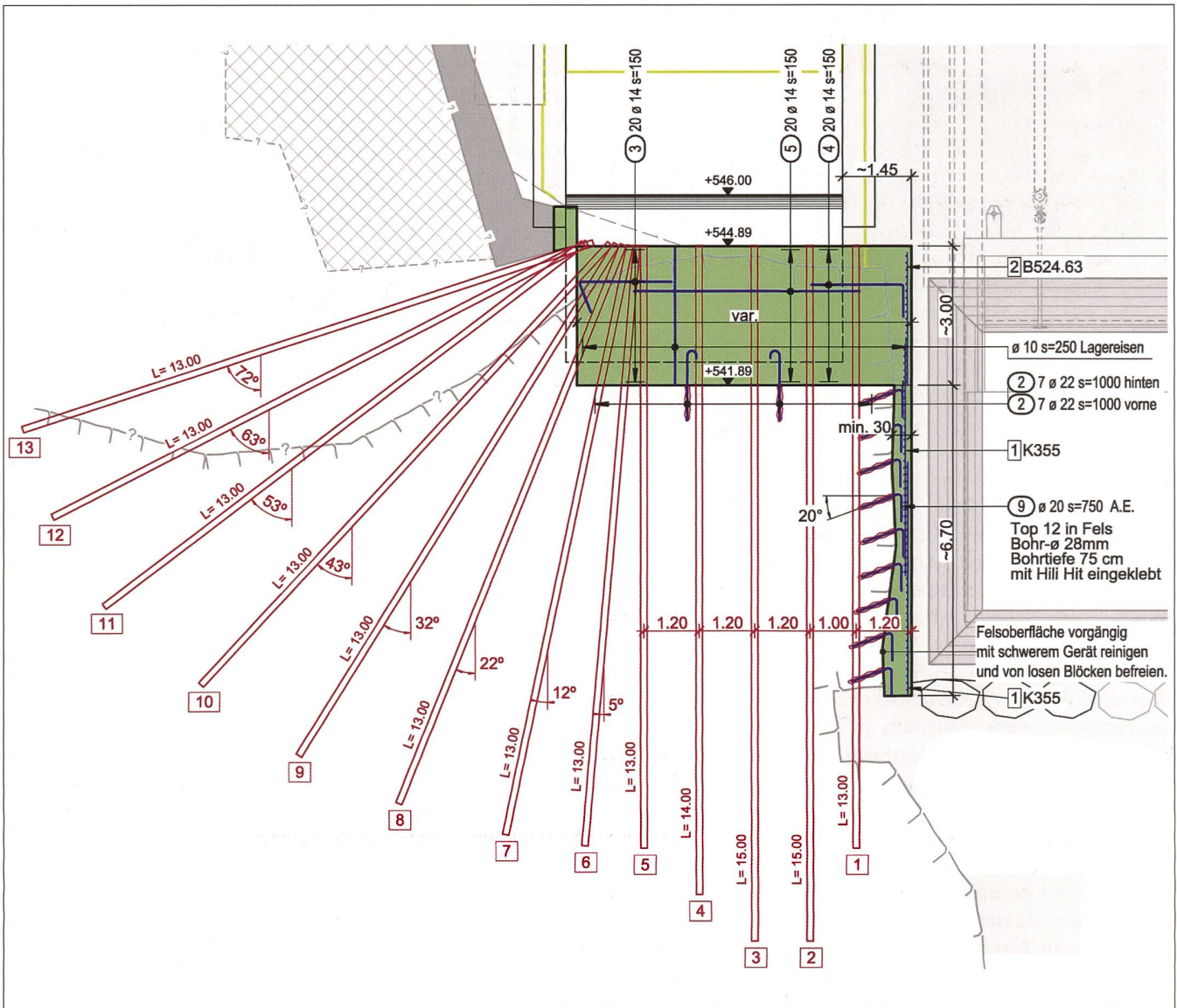


Bild 12: Planausschnitt bei den Injektionsbohrungen vor dem Stauklappenfundament (Ansicht vom Oberwasser).

serseitig vom künftigen Stauklappenfundament wurde zudem ein rund 2 m tiefer, abdichtender Betonriegel erstellt.

Der Injektionsschirm besteht aus 13 fächerförmig angeordneten Injektionsbohrungen von 13 bis 15 m Länge, welche mit Manschettenrohren ausgerüstet und unter Drücken bis 12 bar mit Feinzement Typ Normo 5R ausinjiziert wurden.

4.6 Beton- und Felsabbruch im Bereich der neuen Stauklappe

Da die neue Stauklappe innerhalb des bestehenden Wehrkörpers zu erstellen war, musste im Stauklappenbereich der Wehrbeton abgebrochen bzw. der anstehende Fels ausgebrochen werden. Die zu erstellende Öffnung im Wehrkörper musste 7,0 m breit und 9,50 m hoch sein. Aufgrund der eingeschränkten Platzverhältnisse und Zugänglichkeit konnte der Beton- und Felsabbau nur durch Schneidarbeiten und Kleinbagger erfolgen (vgl. Bild 13). Der Abbruch

des Mauerbetons gestaltete sich arbeitsintensiv, unter anderem auch wegen der hohen Langzeitdruckfestigkeit, welche an Bohrkernen auf 81 MPa bestimmt wurde. Auf einen sprengtechnischen Ausbruch wurde zur Schonung des Bestandes verzichtet.

Da auch die Wehrbrücke aus Stabilitätsgründen nicht abgebrochen werden konnte, musste sämtliches Ab- und Ausbruchmaterial mit dem Kran zum Installationsplatz befördert werden.

Der Mauerbeton war im Bereich der Stauklappe auf eine Höhe von bis zu 6 m abzubauen. Hierzu wurden nach entsprechenden Frässchnitten und Kernbohrungen einzelne Stücke mittels hydraulischem Betonspaltgerät aus dem Verbund gelöst und nachfolgend für den Abtransport zerkleinert. Der Fels wurde teilweise ebenfalls vorgefräst und mit dem Abbauhammer für den Krantransport im Kübel vorbereitet.



Bild 13: Betonabbruch/Felsausbruch mit Kleinbagger und Abbauhammer im Stauklappenbereich. Im Hintergrund ist die Bauwand zu erkennen (Blick Richtung Oberwasser).

4.7 Baugrube Entlastungsrinne

Mit der vergrößerten Stauklappe musste auch die neue Entlastungsrinne auf einem tieferen Niveau erstellt werden. Dies bedingte einen Baugrubenaushub von stellenweise fast 7 m ab bestehendem Terrain. Die bergseitige Böschung ist mit einer Winkelstützmauer gesichert. Neben einem Teilabbruch des Mauerfusses musste die Mauer auf einer Höhe von bis zu 6 m unterfangen werden. Das Baugrubensicherungskonzept sah vor, die bestehende Mauer vor Abbruch des Mauerfusses mittels permanenten ungespannten Ankern zu sichern. Die Unterfangung erfolgte mit einer ebenfalls mit permanenten ungespannten Ankern gesicherten Nagelwand. Die Anker wurden so ausgebildet und angeordnet, dass sie beim nachfolgenden Bau der Entlastungsrinne verlängert und in das Betonbauwerk integriert werden konnten.

Bei der Anordnung der Anker musste zudem auf den nahe verlaufenden Umleitstollen Rücksicht genommen werden. Das Risiko eines Auslaufens der Ankerinjektion in den Umleitstollen wurde mittels geometrischen Massnahmen (Mindestabstand), Injektionsstrümpfen bei sämtlichen Ankern sowie permanenter Überwachung des Injektionsprozesses minimiert.

Im Sohlbereich der Entlastungsrinne wurde beim Aushub ein absturzgefährdetes Felspaket festgestellt. Dieses musste sprengtechnisch entfernt und die Lücke mit Beton verfüllt werden.

Da die Baugrube während des Betriebs des Kraftwerks, d. h. bei bis zu 8 m über der Baugrubensohle aufgestautem See, zu erstellen war, traten beim Aushub neben stellenweise auftretendem Hangwasser auch Wasserzutritte aus der Umströmung auf. Diese Wasserzutritte wurden mit Drainagematten gefasst und zu den am Fusse der Leitwand liegenden Drainageleitung geführt. Die Leitwand der Entlastungsrinne wurde einhäuptig an die Nagelwand betoniert, wobei die Drainagematten nur im Bereich zwischen den Ankern angeordnet wurden.

4.8 Betonbau Entlastungsrinne und Stauklappe

Der Einlauf der vergrößerten Wehröffnung inklusive der darüber verlaufenden Brücke wurde hydraulisch optimiert ausgebildet. Deshalb ergaben sich runde und elliptische Geometrien (vgl. Bild 14). Die entsprechend aufwändigen Schalungen wurden in einer Schreinerei vorgefertigt.

Bei maximalem Überstau kann die Wehröffnung zuschlagen und es kann sich zeitweise Druckabfluss einstellen. Die Brücke



Bild 14: Vergrösserte Wehröffnung bei abgelegter Stauklappe mit ausgerundetem Zuströmbereich, Belüftungsschlitz an der Brückenuntersicht und Parapet auf der Mauerkrone (Blick Richtung Unterwasser).

cke über der Wehröffnung wurde deshalb als Druckbrücke konzipiert. Um Einwirkungen wie Unterdruck oder Schwingungsanregung bei Druckabfluss zu minimieren, wurde entlang der Brückenuntersicht ein Belüftungsschlitz eingebaut, welcher über 6 Belüftungsrohre DN250 von der Unterwasserseite her gespeist wird. Aus Gründen der Erdbebensicherheit wurde die Wehrbrückenuntersicht mit einem 70 cm starken Aufbeton verstärkt (Bild 14).

Die Entlastungsrinne ist im Grundsatz als Winkelstützmauer konzipiert. Die Leitwand ist mit den permanenten ungespannten Ankern mit der Baugrubensiche-



Bild 15: Betonarbeiten an der Entlastungsrinne und dem Zylinderschacht im Bereich der Stauklappenverankerung (Blick Richtung Unterwasser).

rung verbunden. Teilweise sind hierzu Rippen angeordnet. Die Bodenplatte ist mit Pfählen fundiert. Die Verankerung und die Pfähle dienen zur weiteren Stabilisierung und Aussteifung der Entlastungsrinne, u. a. auch zur Verminderung des Risikos von Schwingungen.

4.9 Neue Stauklappe

Die mittig vom Unterwasser her angetriebene Stauklappe reguliert den Abfluss durch die vergrößerte Wehröffnung. Der Hydraulikzylinder ist in einem Schacht angeordnet und somit vor Beschädigungen durch anprallendes Schwemmholz geschützt. Für künftige Revisionsarbeiten am Hydraulikzylinder ist in der Wehrbrücke eine Öffnung eingebaut. Ein in den Mauerbeton und die linksseitige Böschung integrierter Belüftungsschacht mit Ansaugöffnung über der Gefahrenkote sorgt für eine ausreichende Belüftung unter der Stauklappe. Damit wird eine Schwingungsanregung auch bei vollständig abgelegter und überströmter Stauklappe verhindert.

Im Hinblick auf eine möglichst hohe Betriebssicherheit wurde der Hydraulikzylinder im Schutze der Stauklappe im Unterwasser angeordnet. Als Alternative dazu wurde auch untersucht, ob ein seitlicher Antrieb der Stauklappe mittels Hydraulikzylinder im Oberwasser zur Anwendung kommen könnte. Baulich und betrieblich hätte diese Alternative durchaus Vorteile gehabt. Aufgrund des Schwemmholzaufkommens im Hochwasserfall konnte jedoch eine Beschädigung eines oberwasserseitigen Hydraulikzylinders nicht



Bild 16: Einheben der Stauklappe mit einem Pneukran auf dem Vorplatz der Stoosbahn (oben links).

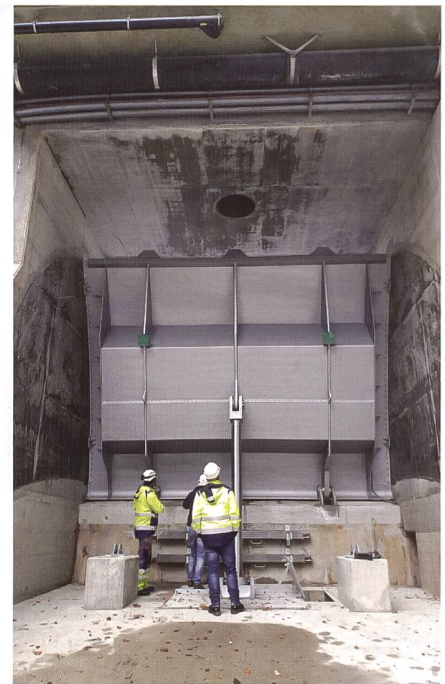


Bild 17: Vollständig angehobene Stauklappe (Blick Richtung Oberwasser).

ausgeschlossen werden, weshalb diese Alternative verworfen wurde.

Die rund 9t schwere Stauklappe wurde von einem Pneukran mit einer Reichweite von rund 50m über die Muotaschlucht bis zum Einbauort gehoben (vgl. Bild 16). Der Pneukran stand dabei auf dem Vorplatz der Stoosbahn. Mittels Kettenzügen wurde die Stauklappe schliesslich unter die Wehrbrücke in ihre Endposition gezogen.

Durch den Einsatz von Seitenschildheizungen kann ein Festfrieren der Seitendichtungen auch bei den am Standort zeitweise sehr tiefen Temperaturen verhindert werden. Zudem wurde eine Luftschleieranlage in der Wehrschwelle eingelegt.

Für die Versorgung des Hydraulikzylinders der Stauklappe sowie der beiden Hydraulikzylinder der Regulierschütze und des Schwemmholzkrans wurde ein einziges kombiniertes Hydraulikaggregat im bestehenden Betriebsgebäude untergebracht. Jeder der drei Verbraucher verfügt über einen eigenen Motor. Im Falle einer Störung eines Motors kann ein anderer eingesetzt werden, wodurch eine Redundanz geschaffen wurde, welche die Betriebssicherheit insgesamt erhöht.

4.10 Messstelle Sicker- und Hangwasser

Schon vor den Umbaumaassnahmen wurde das Sicker- und Hangwasser im Rahmen der Stauanlagenüberwachung wöchentlich gemessen. Dazu wurde mittels örtlich getrennter Messbecken das Sickerwasser und das Hangwasser separat gefasst.

Durch die Erstellung der neuen Entlastungsrinne musste das alte Messkonzept überarbeitet werden. Die neue Konstruktion ist so ausgebildet, dass die in Kapitel 4.7 erläuterten Wasseraustritte aus der Baugrube am Fuss der Leitwand mit Drainageleitungen gefasst und zur Messstelle am Ende der Entlastungsrinne geleitet werden. Dabei wurden zwei Leitungsstränge definiert, die das Wasser aus zwei separaten Bereichen abführen. Dadurch kann bei der Messstelle weiterhin zwischen Sicker- und Hangwasser unterschieden werden, wobei die Entwässerung neu bis in ungleich tiefere Bereiche erfolgt. Erste Auswertungen der Wassermengen zeigen für das Sickerwasser eine vergleichbare Abhängigkeit zum Wasserstand im AGB Selgis wie vor den Baumaassnahmen, allerdings auf etwas höherem Niveau. Das Hangwasser weist weiterhin keine Abhängigkeit zum Wasserstand im AGB auf.

4.11 Unabhängiger Antrieb für Haupt- und Regulierschütze

Da die Hauptschütze die grösste Entlastungskapazität aller Wehrgänge aufweist, wurde nach Massnahmen zur Reduktion des erkannten Verklausungsrisikos gesucht.

Über der Hauptschütze ist ein Joch angebracht, welches bislang die Führung der Regulierschütze (Gleitschütze) und die Aufhängung der Hauptschütze bildete. Darauf wurden zwei Hydraulikzylinder installiert, welche die Regulierschütze neu unabhängig von der Hauptschütze antrei-

ben. Der Gleichlauf der beiden Hydraulikzylinder wird mittels einer Master-Slave-Steuerung erreicht. Die Hauptschütze kann nun direkt über den bestehenden Kettenantrieb angehoben werden und die Regulierschütze bleibt dabei geschlossen. Das Bild 18 zeigt die Hauptbestandteile der beiden unabhängigen Antriebe.

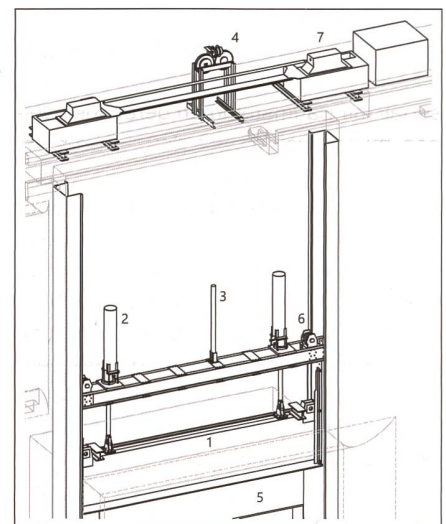


Bild 18: Blick vom Oberwasser auf die unabhängigen Antriebe der Regulierschütze (1–4) und der Hauptschütze (5–7). Neu wurden die Positionen 2–4 installiert. 1 Regulierschütze, 2 Hydraulikzylinder in rostfreier Tauchglocke, 3 Leitungsführung, 4 Schlauchtrommeln, 5 Hauptschütze, 6 Kettenaufhängung, 7 mechanischer Kettenantrieb (Quelle: Fäh Maschinen- und Anlagenbau AG, angepasst von AFRY Schweiz AG).



Bild 19: Rechenanlage beim Einlauf zum Druckstollen (links) mit neuem Schwemmholzkran inkl. Fundament (rechts) vor dem Betriebsgebäude.

4.12 Schwemmholzkran

Als Schwemmholzkran wurde ein Palfinger PK 33002 ortsfest installiert, welcher bei einer maximalen Ausladung von 21 m noch rund 600kg heben kann. Ein rotierbarer Holzgreifer ermöglicht die Entfernung von Stämmen und grösserem Geschwemmsel. Damit kann einer Verklausung der Wehroorgane vorgebeugt werden. Während eines Hochwasserereignisses sind grosse Mengen an Schwemmholz zu erwarten, welche im Grundsatz durch das Stauwehr abgeleitet werden.

Auf den Einsatz eines Mehrschalengreifers wurde verzichtet, da im Hochwasserfall mit Baumstämmen gerechnet werden muss, welche mit dem Holzgreifer besser zu greifen sind.

Die Position wurde so gewählt, dass der Schwemmholzkran den Bereich zwischen Fassung und Hauptdurchlass überstreicht und Schwemmholz und Geschwemmsel aus dem AGB Selgis und den Geschwemmselmulden der Rechenreinigungsanlage auf LKWs laden kann, welche auf die Mauerkrone fahren können. Das rund 11 m³ grosse Betonfundament des Schwemmholzkrans musste auf 6 Mikropfählen fundiert werden, wobei 2 Pfähle als Zugpfähle fungieren.

Die Bedienung des Schwemmholzkrans kann einerseits direkt am Kran oder via Fernbedienung erfolgen. Der Schwenkbereich wurde im Nahbereich steuerungstechnisch eingeschränkt, sodass beispielsweise der Hydraulikzylinder der Einlaufschütze und die Rechenreinigungsanlage nicht beschädigt werden.

Das Hydraulikaggregat ist im bestehenden Betriebsgebäude untergebracht.

5. Nebenprojekte

Im Zuge der Realisierung der Bauarbeiten zur Erhöhung der Hochwassersicherheit wurden verschiedene Nebenprojekte umgesetzt.

5.1 Betoninstandsetzung Stauwehr

Die Oberflächen des Stauwehrs mussten alterungsbedingt saniert werden. Hierzu wurde auf der gesamten Fläche der Ober- und Unterwasserseite die bestehende Beschichtung und Spachtelung mittels Hochdruck-Wasserstrahl-Verfahren (HDW) entfernt und eine neue Spachtelung aufgebracht. Auf das Aufbringen einer neuen Beschichtung wurde verzichtet. Unterwasserseitig war aufgrund der Rauigkeit vor der Spachtelung ein Ausgleichsmörtel aufzubringen.

5.2 Sanierung von Abrasionserscheinungen am Dammfuss

Nach Entleerung des Kolkes im Unterwasser des Stauwehrs wurden Abrasionserscheinungen am Dammfuss und am anstehenden Fels festgestellt (vgl. Bild 20). Die Gelegenheit wurde genutzt, um einen neuen Vorbeton am Dammfuss zu erstellen sowie im Bereich des Kolks eine Verschleisschicht auf den Wehrkörper aufzubringen. Zudem wurden 3t schwere Blöcke vor den neuen Mauerfuss im Kolk platziert (vgl. Bild 21).



Bild 20: Dammfuss mit Abrasionserscheinungen am Wehrbeton sowie Auskolkungen. Oben rechts ist der Auslauf der Haupt- und Regulierschütze, oben links der Auslauf der beiden Grundablässe zu erkennen.

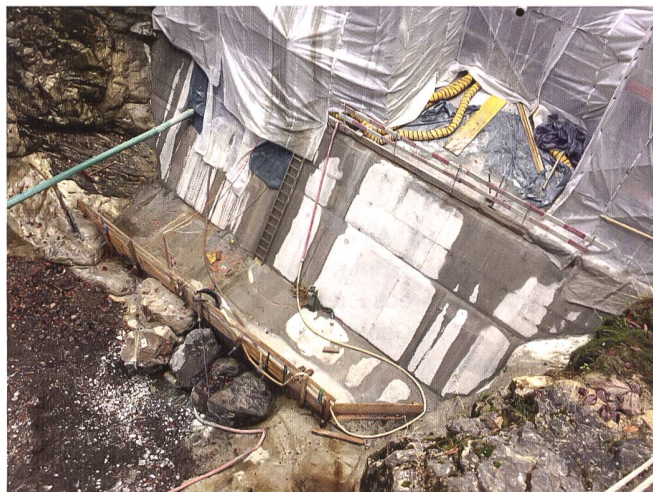


Bild 21: Neue Verschleisschicht unter den Ausläufen der Haupt- und Regulierschütze und der Grundablässe, neuer Vorbeton am Dammfuss sowie Blöcke als Kolkschutz.

5.3 Instandsetzung Stahlwasserbau

Die Panzerung im Grundablass 1 wies stellenweise starke Abrasionsspuren auf und wurde teilweise erneuert. Die beiden Betriebsschützen wurden inklusive Hydraulikzylinder demontiert und saniert. An den Schützentafeln mussten insbesondere Aufschweissungen von Verschleisspuren vorgenommen und neue Messingdichtleisten angebracht werden. Die Hydraulikzylinder wurden gehont und die Kolbenstangen teilweise ersetzt.

Die rund 22,5t schwere Hauptschütze wurde von einem Pneukran mit Fachwerk ausleger vom Vorplatz der Stoosbahn aus dem Schützenschacht gehoben. Die Zugkraft am Kran zur Überwindung der initialen Reibungskräfte lag allerdings bei rund 26,5t und somit fast 18 Prozent über dem Eigengewicht der Schütze. Für den Strassentransport musste die Schützentafel in zwei Teile zerlegt werden.

Die Schützentafeln der Hauptschütze, der Regulierschütze sowie der Dichtungsschütze des Umleitstollens wurden ebenfalls saniert. An der Unterkante und seitlich mussten Aufschweissungen vorgenommen werden, zudem wurde die Hauptschütze so modifiziert, dass sie mittels Verschraubungen in zwei Teile zerlegt werden kann.

Sämtliche oben genannten Schützentafeln wurden im Werk mit einem neuen Korrosionsschutzsystem beschichtet. Die Schützenschächte der Grundablässe und die Seitenführungen der Haupt- und Regulierschütze waren mit einer PCB-haltigen Altbeschichtung versehen, sodass die Sanierungsarbeiten im Hinblick auf die geltenden Arbeits- und Umweltschutzbestimmungen mit besonderer Sorgfalt umzusetzen waren.

5.4 Dotierkraftwerk

Parallel zur Verbesserung der Hochwassersicherheit des Stauwehrs Schlattli hat ebs die Planung eines Dotierkraftwerks am Fusse des Stauwehrs in Auftrag gegeben. Die Realisierung wird im Rahmen der Neukonzessionierung nach der Festlegung der Restwassermengen weiterverfolgt, sodass die ökologisch sinnvolle energetische Nutzung des Restwassers künftig ermöglicht wird.

6. Schlussbemerkungen

Die anspruchsvollen Arbeiten konnten trotz ihrer Komplexität und der hohen Anzahl von Schnittstellen über die einzelnen Fachbereiche hinweg erfolgreich und termingerecht abgeschlossen werden. Die ein-



Bild 22: Unterwasserseite Stauwehr Schlattli nach Abschluss der Bauarbeiten. Im Vordergrund ist die Leitwand der Entlastungsrinne mit neuer Sickerwassermessstelle, rechts dahinter die neue Stauklappe erkennbar.

geschränkten Platzverhältnisse und die erschwerte Zugänglichkeit erforderten eine ausgeklügelte Baustellenlogistik und eine intensive Koordination.

Insbesondere bei den Instandsetzungsarbeiten am Wehr und den Stahlwasserbaukomponenten war eine gewisse Flexibilität aller beteiligten Unternehmungen notwendig, da der Umfang der auszuführenden Arbeiten meist erst nach der Ausserbetriebnahme vollständig bekannt wurde und der Termin für die Wiederinbetriebnahme grundsätzlich bereits feststand. Auch bei der Vergrößerung des Wehrdurchlasses inklusive Anpassung des Zuströmbereichs und der Erstellung der neuen Entlastungsrinne bestand ein Restrisiko beim Baugrund, welches durch vorgängige Untersuchungen nicht vollständig ausgeräumt werden konnte. Dadurch musste flexibel auf die jeweiligen Gegebenheiten reagiert und die Planung entsprechend angepasst werden.

6.1 An der Umsetzung beteiligte Unternehmungen

- ebs Energie AG, Schwyz
- Gebrüder BRUN AG, Emmen
- Fäh Maschinen- und Anlagenbau AG, Glarus
- Ingenieurbüro Felix Steiger, Zürich
- AFRY Schweiz AG, Brunnen und Zürich

6.2 Dank

Die Autoren bedanken sich bei allen an der Umsetzung beteiligten Unternehmungen und insbesondere bei der ebs Energie AG für die hervorragende Zusammenarbeit und das entgegengebrachte Vertrauen.

Autoren:

Jöhn Kolberg, AFRY Schweiz AG,
Föhneneichstrasse 13d, 6440 Brunnen,
seit 1.8.2022 beim Tiefbauamt Kanton Schwyz
Abt. Kunstbauten, Postfach 1231, 6431 Schwyz
john.kolberg@sz.ch

Lukas Schneider, AFRY Schweiz AG, Herostrasse 12,
8048 Zürich, lukas.schneider@afry.com