

Donnerstag 19. Oktober 2017

10:00-10:30

Berücksichtigung von geologischen und hydrogeologischen Rahmenbedingungen bei der Planung und Ausführung von Speicheranlagen anhand von Beispielen

Mario Seebacher, Andrea Ferrai

AEP Planung und Beratung GmbH – Beratende Ingenieure, Münchner Straße 22, A-6130 Schwaz

Abstract:

For purposes of planning and construction of water storage facilities for the production of artificial snow, a variety of specialist fields like structural hydraulic-, system- and geotechnical engineering as well as geology and especially natural phenomena such as avalanches and wild water ways have to be considered.

Following comprehensive investigations in the case of the Sivretta Montafon GmbH project “Speicher Schwarzköpfe”, such a complex drainage system was envisaged that an additional sealing liner was dispensed with.

During an on-site foundation bed inspection of the intake structure for the “Viderböden”-storage of the “Silvrettaseilbahn AG”, water seepage was discovered and selective measures for the harmless redirecting thereof, were implemented.

Due to the tight schedule and construction sequence of such projects, drastic and competent decisions of the site management, in coordination with specialists, are often called for.

However, cognisance has to be taken with the implementation of such changes, to ensure that they tie in with the overall concept, construction, as well as with the official project approval.

1. Einleitung

Bei der Planung und Ausführung von Speicheranlagen für die technische Schneeerzeugung müssen unterschiedlichste Fachbereiche berücksichtigt werden. Neben den Bereichen Wasserbau und Anlagenbau sind dabei unter anderem Naturgefahren wie Lawinen und Wildbäche, Ökologie und Gewässerökologie sowie Geologie und Geotechnik von besonderer Bedeutung.

Gerade die Fachbereiche Naturgefahren und Geologie sind bereits beim Entwurf einer Anlage von wesentlicher Bedeutung. Der Speicher und der Untergrund bilden bautechnisch eine Einheit, sodass die Untergrundbeschaffenheit und Aufbau des Dammkörpers für die Sicherheit entscheidend sind.

Im Zuge der Voruntersuchungen werden die Rahmenbedingungen für die weitere Planung festgelegt. Die getroffenen Annahmen sind im Zuge der Planung durch Versuche und weitere Untersuchungen zu bestätigen und zu konkretisieren. Die Planung einer Speicheranlage ist somit ein dynamischer Prozess bei dem die Ergebnisse der Untersuchungen sämtlicher Fachbereiche eingearbeitet und abgestimmt werden müssen.

Trotz sorgfältiger Erkundungen können im Zuge der Ausführung Abweichungen der angetroffenen Verhältnisse oder Details festgestellt werden, welche eine Anpassung der projektierten Maßnahmen erfordern. Von besonderer Bedeutung ist es dabei die geänderten Umstände zu erkennen und die Ausführung unter Berücksichtigung aller Fachgebiete anzupassen.

Im Weiteren werden Beispiele aus der Praxis dargestellt bei denen die geologischen und hydrogeologischen Rahmenbedingungen bei der Planung und Ausführung von Speicheranlagen von besonderer Bedeutung waren.

2. Speicher Schwarzköpfe (Silvretta Montafon GmbH)

Die Silvretta Montafon GmbH betreibt im Montafon ein umfangreiches Skigebiet mit den Bereichen Valisera, Versettla, Garfrescha, Grasjoch, Seeblika und Kapell in den Gemeinden Silbertal, Schruns, St. Gallenkirch und Gaschurn. Die Skigebiete erstrecken sich mit ca. 37 Bahnen und Liften und ca. 140 Pistenkilometer über eine Höhenlage von ca. 700 m Mh bis auf ca. 2.430 m Mh. Die Silvretta Montafon GmbH plant die Bereitstellung zusätzlicher Wasserressourcen mit Umsetzung des Speichers Schwarzköpfe mit einem Nutzinhalt von 307.200 m³ zur Steigerung der Leistungsfähigkeit der Schneeanlage Versettla und Valisera.

Der Speicher Schwarzköpfe wurde in der November-Sitzung 2016 der Staubeckenkommission, Wien, positiv beurteilt. Das Einreichprojekt für die Wasser- und Naturschutzrechtliche Bewilligung wurde im März 2017 bei den zuständigen Behörden eingegeben. Das Bewilligungsverfahren ist derzeit im Gange. Die Umsetzung ist für 2018/2019 vorgesehen.

2.1 Allgemeines

Der Speicher Schwarzköpfe mit einem Nutzinhalt von 307.200 m³ und maximale Dammhöhen von 26,2 m ist rund 600 m nordöstlich des Schwarzköpfles im Bereich einer markanten glazialen Verflachung auf 2 100 m Mh situiert. Im Dammfußbereich ist die Pumpstation Schwarzköpfe mit einer Wasserleistung von 1000 l/s vorgesehen und dient der Wasserkühlung, Filterung und Druckerhöhung vor Weitertransport zu den abgehenden Transport- und Feldleitungen. Im Nahbereich werden mit Überschussmaterial aus dem Speicherbaufeld bestehende Pistenabschnitte skitechnisch verbessert und ökologische Ausgleichsmaßnahmen umgesetzt.

2.2 Geologisch – hydrogeologische Situation

Der Speicher Schwarzköpfe ist im Silvretta Kristallin gelegen. Die Kristallinen Gesteine werden durch die variszische Gebirgsbildung metamorph, in der alpidischen Prägung erfolgt die die Deckenüberschiebung mit der Anlage von Störungssystemen. Den Untergrund des geplanten Speichers bilden überwiegend Hornblendengneise und Amphibolite, untergeordnet treten stark quarzitisches Gneise, Schiefergneise und Glimmerschiefer auf, wobei kontinuierliche Übergänge vorhanden sind. Die Gesteine stehen in den Felswänden des Schwarzköpfles, in der nordwestlichen Flanke des Speichers sowie in einzelnen Aufschlüssen unterhalb des geplanten Dammes, vor allem im Bereich des Gerinnes an. Der Felsuntergrund ist von unterschiedlich mächtigen Lokalmoränenmaterial überlagert. Vor allem südlich des Speicherstandortes sind schön ausgeformte Erdmoränenwälle eines Vorstoßes vom Schwarzköpfe

ausgebildet. Eine markante glaziale Verflachung findet sich im Bereich des geplanten Speichers und taleinwärts von diesem. Der kleine Karsee wird über einen Quellaustritt gespeist, welcher stark niederschlagsabhängig ist und diffus austritt. In einem Schurfschlitz wurde im Bereich des Hauptzuflusses ein starker Wasserhorizont auf der Felsoberfläche festgestellt. Durch den Schurfschlitz sind die seitlich und unterhalb diffus austretenden Quellaustritte versiegt. Es ist anzunehmen, dass der Hauptzufluss dieser Quellen im Lockermaterial zu suchen ist. Dies wird durch die schnelle Reaktion der Quellen auf die Niederschläge und das Trockenfallen der Quellen untermauert. Das Einzugsgebiet umfasst die oberhalb vorhandenen Moränenablagerungen, welche dicht gelagert sind und aus stark sandigen Kiesen gebildet werden. Die durchgeführten Wassermessungen haben gezeigt, dass dem Karsee oberflächlich weniger Wasser zufließt als abrinnt. Daher muss angenommen werden, dass auch Bergwässer in die Karschwelle entwässern. Diese werden über die zerklüfteten Gratbereiche oberhalb des Speichers in den Felsuntergrund eingeleitet und bilden einen Hangwasserspiegel, welcher auch jahreszeitliche Schwankungen zeigt. (Auszug aus geologischem Bericht von Geomähr GmbH vom 23.02.2017.)

Um die Untergrundverhältnisse im Bereich des Speichers erkunden und beurteilen zu können, wurden insgesamt 16 Schurfschlitz und zwei Kernbohrungen mit Wasserabpressversuche, sowie Wassermessungen durchgeführt.

2.3 Befund und Auswirkungen auf die Planung

Für den Speicher Schwarzköpfe liegt ein feuchter Standort in einer Karmulde mit Gerinnen und Feuchtflecken vor. Der Standort ist in der nachstehenden Abbildung dargestellt.



Abb. 1: Standort des projektierten Speichers Schwarzköpfe

Aufgrund der Erkundungen ist davon auszugehen, dass entlang der Felsoberfläche eine erhebliche Sickerwasserführung vorhanden ist. Im anstehenden Fels der Einschnittsböschungen werden Bergwasseraustritte erwartet. Während hoher Wasserspiegellagen können Wässer in die Speichersohle eindringen. Bei niedrigen Hangwasserspiegellagen werden die Wässer im Felsen unter der Speichersohle weitergeleitet. Speicherwässer können somit teilweise unter der Sohle versickern. In der nachfolgenden Abbildung ist ein geologischer Profilschnitt mit Darstellung der vorliegenden Wasserführungen aufgrund der geologischen und hydrogeologischen Situation abgebildet.

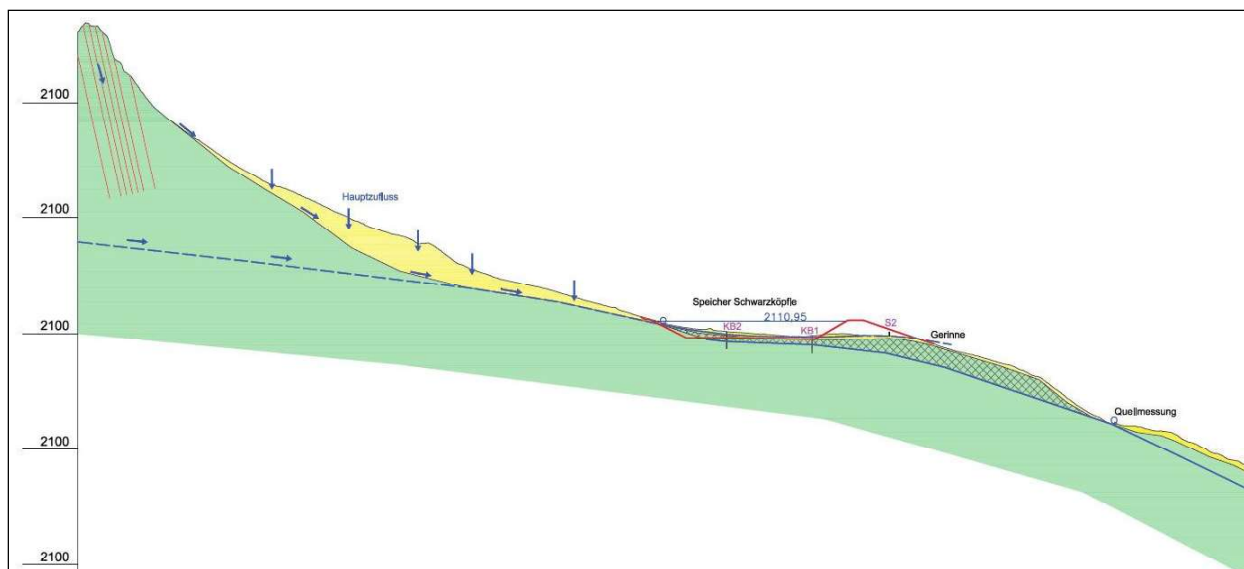


Abb. 2: Geologischer Profilschnitt und Darstellung der Wasserführung im Untergrund (Geomähr GmbH)

2.4 Gesetzte Maßnahmen

Aufgrund der Erkenntnisse aus den Untergrunderkundungen und Beurteilungen seitens der Projektgeologen und Projektgeotechnikern wurde seitens AEP Planung und Beratung GmbH ein umfangreiches Entwässerungssystem vorgesehen. Dabei ist die Entwässerung des Vorlandes mittels Fassungen mit Betondichtriegel und Zulaufrippen, Flächendrainagen bei den luftseitigen Einschnittsböschungen, welche teilweise gesichert werden müssen, vorgesehen und Berg- und Drainagegräben im Bereich der Berme. Im Speicher sind bei den wasserseitigen Böschungen Flächendrainagen mit Drainagekies sowie separate Flächendrainagen für einzelne größere Hangwasseraustritte geplant. An der Ixe zur Speichersohle wird eine separate Hangdrainage angeordnet, sodass zutretende Wässer aus den Böschungen von den Sohlwässern getrennt behandelt und beobachtet werden können. Die Funktionen und Anordnung der Drainagen sind in den nachfolgenden Abbildungen schematisch dargestellt.

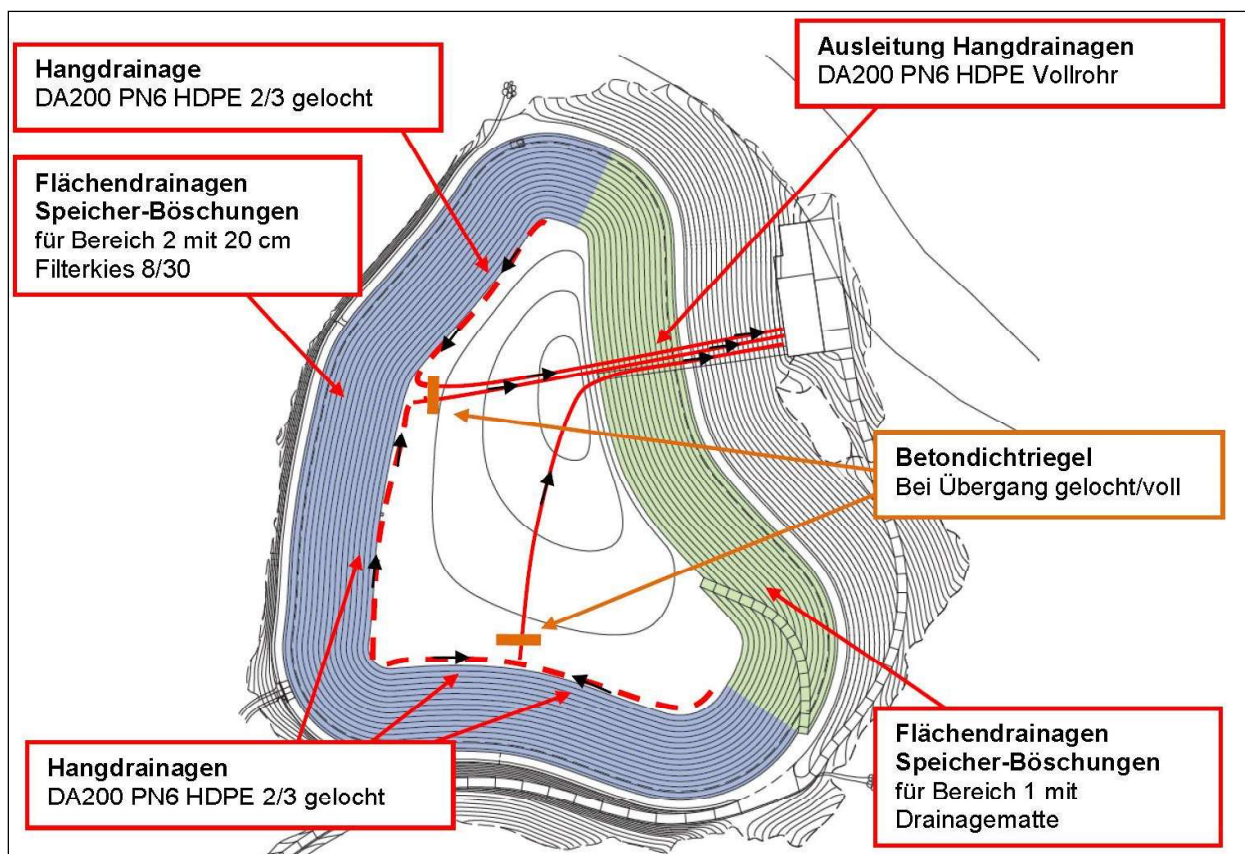


Abb. 3: Drainagen für wasserseitige Böschungen

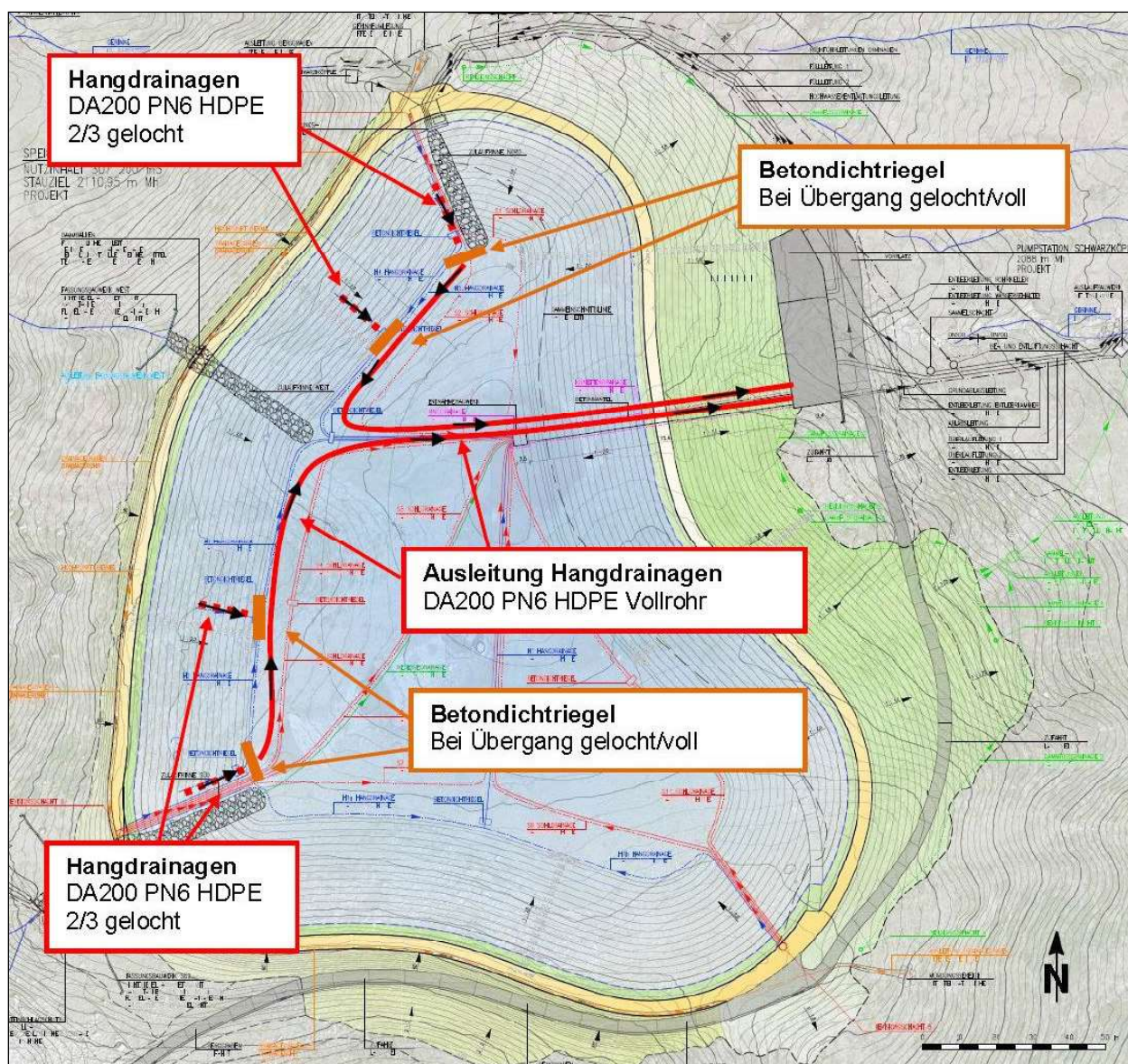


Abb. 4: Drainagen für lokale Quell- und Hangwasseraustritte

Die vorliegenden Klüfte in der Sohle können aufgrund des erwarteten Wasserspiegels nicht geschlossen werden. Die Erfordernis einer zweiten Abdichtungsebene für die Trennung von Hang- und Leckagewässer wurde im Zuge der Sitzung der Staubeckenkommission mit den Referenten und Mitgliedern der Staubeckenkommission diskutiert. Durch die Ausbildung von 11 separaten Sektionen der Sohldrainagen konnte auf die zweite Abdichtungsebene verzichtet werden. Die Sektionen sollen Auskunft über das Verhältnis zwischen zutretender Bergwassermenge und möglicher Leckagewassermenge im Hinblick auf die Erkennbarkeit einer Leckage verbessern und Bereiche mit Wasserverlusten an der Sohle von Bereichen mit Wasserzutritten trennen. In der Pumpstation werden Drainagesektionen mit größeren natürlichen Wasserzutritten getrennt von Sektionen mit geringeren Wasserzutritten in fünf separaten Messkammern automatisiert überwacht und werden jeweils mit eigenen Grenzwerten versehen. Die für den unterirdischen Abfluss maßgebenden Quellen des Unterhanges werden durch eine automatische Schüttungsmessung in das Überwachungsprogramm des Speichers einbezogen.

2.5 Schlussfolgerungen

Durch die gewählten und durchgeführten Voruntersuchungen und deren Beurteilung konnten die komplexen hydrogeologischen Verhältnisse des Standortes in der Planung bereits berücksichtigt werden. Insbesondere wurden eine Vielzahl von Sohl- und Hangdrainagen vorgesehen, sodass im Zuge der Umsetzung auch eventuell zusätzlich auftretende Hangwasserzutritte schadlos abgeführt werden können. Durch die enge Zusammenarbeit zwischen Planung und den Sonderfachleuten für Geologie und Geotechnik sowie den Referenten der Staubeckenkommission konnte durch das projektierte und sehr aufwendige Drainage- und Überwachungskonzept auf eine zweite zusätzliche Abdichtungsebene verzichtet werden.

Trotz den durchgeführten Untersuchungen und der detaillierten Planung und Begutachtung durch die Staubeckenkommission müssen die vorliegenden Annahmen zur Geologie und Hydrogeologie während des Baus ständig überprüft und angepasst werden. Aufgrund des Zeitplanes und des Bauablaufs bei solchen Projekten sind durch die technische Oberbauleitung somit immer wieder rasche und kompetente Entscheidungen in Abstimmung aller Sonderfachleute zu treffen. Gleichzeitig müssen sämtliche Änderungen in Hinblick auf Verträglichkeit und Einbindung in das Gesamtkonzept und die Gesamtausführung sowie dem Bewilligungsbescheid geprüft werden.

3. Speicherteich Viderböden (Silvrettaseilbahn AG)

Die Silvrettaseilbahn AG betreibt bei Ischgl ein umfangreiches Skigebiet mit 45 Lift- und Seilbahnanlagen und über 238 km präparierten Pisten rund um die Idalp. Das Hauptskigebiet liegt zwischen 2.000 m Mh und 2.872 m Mh und ermöglicht aufgrund der schneesicheren Nordhänge und der modernen Schneeanlage bestes Skivergnügen von Ende November bis Anfang Mai.

Die Silvrettaseilbahn AG hat im heurigen Sommer den Speicherteich Viderböden mit einem Nutzinhalt von 52.000 m³ als Ersatz für den bestehenden Speichersee Idalp errichtet. Für die Umsetzung des Projektes mit Speicherteich Viderböden und der Übernahme der Funktion als Dreh- und Angelpunkt der Schneeanlage Idalpe ist sprichwörtlich gesehen eine „Herztransplantation“ vom Speichersee Idalpe zum Speicherteich Viderböden vorgenommen worden.

3.1 Allgemeines

Der Speicherteich Viderböden mit einem Nutzinhalt von 52.000 m³ liegt auf rund 2.300 m Mh zwischen den Pisten „Idalp-Höllboden“ und „Greit Spitze-Idalp“ rund 300 m südlich der Bergstation 8 CLD Höllboden. Der Speicherteich fungiert in Abstimmung mit der WLV als Retentionskörper bezogen auf die Lamelle zwischen Sommer- und Winterstauziel, sodass die bestehenden Idbäche im Hochwasserfall entlastet werden und somit eine Verbesserung des Bestandes erzielt werden kann. Im Dammfußbereich ist die Vorpumpstation mit einer Wasserleistung von 400 l/s situiert. Sie dient zum Weitertransport des Wassers zur nachgelagerten und neu errichteten Hauptpumpstation im Bereich des nördlichen Überganges zwischen Krone und Berme. Die Stationen mit einer Wasserleistung von ja 400 l/s dient zur Filterung, Druckerhöhung und Wasserverteilung in Feldleitungssystem. Im Nahbereich wurden mit Überschusmaterial aus dem Speicherbaufeld bestehende Pistenabschnitte skitechnisch verbessert.

3.2 Geologisch – hydrogeologische Situation

Im Bereich des Skigebietes Ischgl – Idalpe – Samnaun bauen Gesteine zweier tektonischer Großeinheiten der Ostalpen den Untergrund auf. Einerseits bilden im Bereich westlich des Fimbatales und nördlich der Idalpe (Bereich Pardatschgrat – Vesulspitz) polymetamorphe Kristallingesteine der oberostalpinen Silvrettadecke die Gratrücken und Hänge. Andererseits sind im Gebiet Idalpe – Alp Trida (Samnaun, Schweiz) und nördlich des Fimbatales Gesteine des Penninikums des Unterengadiner Fensters aufgeschlossen. Im Projektgebiet sind Gesteine des Silvrettakristallins nicht am Untergrundbau beteiligt. Die penninischen Gesteine des Unterengadiner Fensters können folgenden großtektonische Gruppen zugeordnet werden: Gesteine der Filmspitz- und Bürkelkopfschuppen, Trias-Jura-Gesteine und bunte Bündnerschiefer. Im Zuge der alpidischen Orogenese wurden die Gesteine der nördlichen Kalkalpen und der Silvrettadecke über die penninischen Einheiten überschoben. Diese erlitten dabei eine niedrige temperierte Hochdruckmetamorphose verbunden mit intensiver Verfaltung und Schieferung der penninischen Gesteine. Im Zuge der Gebirgshebung und des Abtrags des überliegenden Silvrettakristallins kam es zum Aufbeulen des „Engadiner Gewölbes“ und damit zum Steilstellen der Schieferungsflächen und der Deckgrenzen. Während der letzten Eiszeit wurden im Bereich des Fimbatales und der Idalpe großflächig Moränen angelagert. Wie die zahlreichen Untergrundaufschlüsse im Bereich der Idalpe gezeigt haben, handelt es sich bei der den Felsuntergrund unmittelbar überlagernden Moräne meistens um eine sehr feinkörnige bindige und hoch gepresste Moräne von grauer Farbe. In hydrogeologischer Sicht ist eine Dreiteilung des weiteren Projektgebietes feststellbar. Die überschobenen Gesteine des Oberostalpinen Silvrettakristallins sind nördlich der Idalpe im Bereich des Pardatschgrates entlang der Schieferung und der Klüftung abgeschert bzw. abgesackt. Die geöffneten Gefügeelemente (Schieferung, Klüftung) der großflächigen Bergzerreißung des Pardatschgrates stellen einen potenten Kluftwasserträger dar und entwässern in nördlicher bis nordwestlicher Richtung zum Fimbatal. Die Gesteine des Unterengadiner Fensters, insbesondere die Bündnerschiefer-Abfolgen sind generell wenig durchlässig. Die Kluftwasserführung ist auf Grund der großflächigen Abdeckung des Lockergesteinsuntergrundes mit stark bindiger Moräne und auf Grund des hohen Tonschieferanteiles der Bündnerschiefer selbst sehr gering. Lediglich an der Schichtgrenze Lockergesteinsüberdeckung – Felsuntergrund (Bündnerschiefer) sind untergeordnete Hangwasserzutritte feststellbar bzw. an diese Grenze gebunden. Den potentesten Hangsickerwasser- bzw. Wasserträger im Bereich der Idalpe stellen die grobkörnigen Hangschutthalden, Blockgletscher und Bach-/Murschuttablagerungen dar. Diese sind im Projektbereich insbesondere im Bereich des Speicherteiches Viderböden vorhanden. Die geologische Detailkartierung zeigt, dass der Speicherteich vollflächig von Gesteinen des Unterengadiner Fensters unterlagert wird. Östlich bzw. südöstlich des Speicherteiches bzw. im Einhangbereich und knapp nördlich des Dammes großflächige Hangvernässungen, zum Teil mit Bildung von torfigen Böden, feststellbar. Diese großflächigen Vernässungen werden durch kleine Quellaustritte, die aus den westlich unterhalb der Felswände des Schmalzköpfles gelegenen groben Hangschutthalden entspringen und durch kleine, zum Teil ganzjährig wasserführende Gerinne mit Wasser versorgt. (Auszug aus geologischem Bericht von Geognos Bertle ZT GmbH vom 16.12.2016.)

Die Untergrundverhältnisse wurden durch 5 Schurfschlitze und drei Rotationskernbohrungen abgeteufelt, eine wurde zusätzlich mit einem Inklinometerrohr ausgebaut. In der nachfolgenden Abbildung ist der geologische Lageplan auszugsweise dargestellt.



Abb. 5: Geologischer Detaillageplan (Geognos Bertle ZT GmbH)

3.3 Befund und Auswirkungen auf die Planung und Ausführung

Im Bereich der östlichen wasserseitigen und luftseitigen Einschnitte wurden Hangwasseraustritte vermutet und vorgefunden. Bereits in der Planung wurden somit Flächendrainagen und eigene Drainageausleitungen für die Hangwasseraustritte vorgesehen. Im Bereich des Entnahmebauwerkes im westlichen Bereich des Speicherteiches wurden aufgrund der Bündnerschiefer und der Tiefe des Bauwerkes unter Geländeoberkante von rund 16 m keine Hangwasseraustritte vermutet. Der Entnahmegraben ist in der nachfolgenden Abbildung dargestellt.



Abb. 6: Entnahmegraben von Entnahmebauwerk zu Vorpumpstation

Im Bereich des Entnahmebauwerkes wurde ein Dichtriegel bis zum festen anstehenden Felsen projiziert. Der Dichtriegel soll zur Erkennbarkeit eines eventuellen Schadens und deren Beurteilung Wasser trennen, sodass sie definitiv den Sohl drainagen oder den Drainagen des Betonmantels zugeordnet werden können. Bei Fertigstellung der Abtragsarbeiten für die Anbindung des Dichtriegels an den Felsen und nach dem händischem Ausputzen der Gründungssohle wurden bei der Abnahme für die Freigabe des Betonvorganges leichte Wasseraustritte unter dem vorgesehenen Dichtriegel beobachtet. Die Wasseraustritte sind in der nachfolgenden Abbildung dargestellt.



Abb. 7: Wasseraustritte unter Gründungssohle Dichtriegel bei Entnahmebauwerk

3.4 Gesetzte Maßnahmen

Die Wasseraustritte unter dem geplanten Dichtriegel des Entnahmebauwerkes wurden durch eine Kiespackung zur Flächendrainage der Sohle hin entspannt und werden nach geringem Aufstau noch unterhalb der Abdichtungsebene mit einer eigenen Drainage (Ringdrainage Entnahmebauwerk) zur Vorpumpstation ausgeleitet. Die Abgrenzung zu den Sohl drainagen erfolgt dabei mittels Betondichtriegel, sodass eine eindeutige Trennung der Sohlwässer und der Wässer aus der Ringdrainage möglich ist. Der ursprünglich geplante Dichtriegel wurde dann um rund 3 m weiter talwärts verschoben und an das Entnahmebauwerk und den dichten Felsen angebunden. Das Entnahmebauwerk und der nach hinten versetzte Dichtriegel sind in der nachfolgenden Abbildung dargestellt. Das abgebildete Wasser stammt jedoch hauptsächlich aus den vorliegenden Hangwasserzutritten im Bereich der Einschnittböschungen, welche in einem späteren Zuge gefasst und separat ausgeleitet wurden. Die Ableitung dieser Wässer sowie sonstiger Oberflächenwässer aus Niederschlägen wird temporär über das verlegte Ableitungsrohr abgeführt, welches vor Folienverlegung dicht verplombt wurde.



Abb. 8: *Betondichriegel beim Entnahmebauwerk sowie temporäre Ausleitung der Oberflächenwässer*

3.5 Schlussfolgerungen

Im Zuge der Ausführung wurde durch die technische Oberbauleitung die Abnahme der Gründungssohle des Dichtriegels und des Entnahmebauwerkes angeordnet. Durch die Oberbauleitung konnten die Wasseraustritte erkannt werden und gezielt vor Ort in Abstimmung mit der geologischen und geotechnischen Bauaufsicht die erforderlichen Ersatzmaßnahmen vorgeschrieben werden.

Grundsätzlich wurde das geologisch-geotechnische Modell aus der Planung mit geringfügigen Anpassungen im Zuge der Bauausführung bestätigt.

4. Resümee und Ausblick auf zukünftige Projekte

Die Werkzeuge für die Ingenieurbüros sowie Geologen und Geotechniker haben sich in den vergangenen 20 Jahren wesentlich verbessert. Zum Beispiel durch Befliegungen und deren Auswertung mittels Schummerungen können bereits im Vorfeld geologisch kritische Bereiche eingegrenzt werden. Auf Basis dieser Schummerungen können somit erste Abschätzungen zur möglichen Umsetzung für derartige Sperrbauwerke getroffen werden.

Durch die Vielzahl an umgesetzten Speicherteichen aus den letzten Jahrzehnten sind die geologisch gut geeigneten Standorte bereits oft verbaut. Die Entwicklung der letzten Jahre zeigte die Erfordernis von wesentlich höheren Volumina in der Speicherbewirtschaftung für die technische Beschneidung. Dies gilt

insbesondere in den Gebieten wo keine leistungsstarken Direktentnahmen wie z.B. Kraftwerkentnahmen vorliegend sind. Die Aufbringung der Grundbeschneigung ist, dem heutigen Stand der Technik entsprechend, innerhalb von 3 bis 5 Tagen erforderlich. Somit sind hohe Wasserleistungen der Pumpwerke und große vorgelagerte Wasserversorger unabdingbar. Der aktuelle Trend sieht große Speicheranlagen mit Fassungsvermögen zwischen 100.000 m³ bis 300.000 m³ vor. Um derartige Nutzinhalt zu erzielen, werden einerseits bestehende Speicheranlagen vergrößert (oftmals mit Dammhöhen > 15 m unter Einbeziehung der Staubeckenkommission (STBK)) und andererseits neue Standorte so groß wie möglich umgesetzt (Dammhöhen < 15 m und/oder > 15 m, je nach Topographie). Wie bereits eingangs erwähnt, sind die geologisch gut geeigneten Standorte bereits verbaut. Für die Umsetzung von Speichern bei geologisch-geotechnisch anspruchsvollen Projekten sind facheinschlägige Erfahrungen und Know-How der Ingenieurbüros von wesentlicher Bedeutung.

Literaturverzeichnis

DI Thomas Eistert et al. (2011): Leitfaden für das wasserrechtliche Behördenverfahren von Beschneigungsanlagen, Band 1. - Land Salzburg, Dipl.-Ing. Wolfgang Haussteiner (Herausgeber)

Dr. Lothar Mähr (2017): Schneeanlage Versettla und Valisera, Erweiterung mit Speicher Schwarzköpfe, Einreichprojekt, Geologischer Bericht und Beilagen vom 23.02.2017.

Dr. Mag. Rufus Bertle (2016): Schneeanlage Idalpe, Erweiterung mit Speicherteich Viderböden, Einreichprojekt, Geologischer Bericht und Beilagen vom 16.12.2016.