

Karst und Wasserkraft in Vorarlberg

von Reinhold Gerstner

Zum Autor

Der Autor ist Ingenieurgeologe und als solcher bei den Vorarlberger Illwerken in Schruns tätig. In seiner bis dato 17-jährigen beruflichen Tätigkeit war er hauptsächlich mit dem Bau, der Erhaltung und der Überwachung von Wasserkraftanlagen im In- und Ausland tätig.

Abstract

Building hydroelectric power plants in karstified areas, karstification has an essential influence to the construction, operation and maintenance of the plant. Mainly three topics have to be considered: the divergence of the subsurface catchment area to the topographical catchment area, the seepage versus tightness of the reservoir and high ground-water inflows to headrace tunnels. Regarding these topics examples located in the county of Vorarlberg are given.

Key words: karstification, construction, hydroelectric, power, plant, Vorarlberg, Austria

Überblick

Karst, eine ursprünglich für das Gebiet nordöstlich der Adria verwendete serbo-kroatische Bezeichnung und ein später verallgemeinerter Begriff, bildet sich im Gebirge mit chemisch angreifbaren («löslichen») Gesteinen, vor allem in Karbonatgesteinen (hauptsächlich im Kalkstein, weniger im Dolomit) und in Salzgesteinen (vor allem im Gips). Die oberirdische und unterirdische Korrosion dieser Gesteine erzeugt sehr leistungsfähige und oft unregelmäßige Wasserwege, die sich von den Wegsamkeiten in nicht verkarstungsfähigen Festgesteinen oder in Lockergesteinen markant unterscheiden. Deshalb folgt der Wasserhaushalt in Karstgebieten ganz eigenen Gesetzen und ist Thema der Karsthydrographie, die mit darauf abgestimmten speziellen Methoden arbeitet.

Wie bei Fragen der Wasserversorgung ist das Thema Karst auch bei der Nutzung der Wasserkraft von hoher, manchmal entscheidender Bedeutung. Die Wichtigkeit der Karstentwässerung bei der Wasserkraftnutzung kommt im Wesentlichen in drei Bereichen zum Tragen.

Zum Einen weicht im Karst das hydrogeologische Einzugsgebiet oft sehr stark vom topographischen Einzugsgebiet ab, weil die unterirdische Entwässerung die oberirdische bei Weitem überwiegt. Die Karstentwässerung hat daher zum Teil einen großen Einfluss auf die Abflusshöhen und somit auf die Möglichkeiten der Wassernutzung.

**VORARLBERGER
NATURSCHAU
15
SEITE 157–168
Dornbirn 2004**



Zum Zweiten können die Speicherbecken von Wasserkraftwerken sehr große Undichtheiten aufweisen und sind oft nur schwierig oder aufwändig abzudichten. Auch hier ist der hohe Anteil der unterirdischen Entwässerung die maßgebliche Ursache und die Art sowie die Verteilung der Karstwasserwege sind von großem Einfluss.

Und Drittens können beim Stollenbau im Karstgebirge massive Wassereintritte auftreten, die im Vortrieb große Schwierigkeiten bereiten. Aber auch die Art der Stollenauskleidung für den Betrieb von Wasserstollen besitzt in verkarsteten Gebieten besondere Aspekte.

Karst in Vorarlberg

In Vorarlberg kommen verkarstungsfähige Gesteine im Wesentlichen in drei tektonischen Einheiten vor: im Helvetikum, in den Nördlichen Kalkalpen und in der Sulzfluhdecke.

Im Helvetikum neigen vor allem der Quintnerkalk, der Schratzenkalk und der Seewerkalk zur Verkarstung, der Valangienkalk und der Kieselkalk deutlich weniger. In den Nördlichen Kalkalpen sind praktisch alle Kalksteine und zum Teil die Dolomite, vom Muschelkalk über die Kalke und Dolomite der Mitteltrias bis zum Hauptdolomit und dem oberrhätischen Riffkalk, mehr oder weniger verkarstet. In der penninischen Sulzfluhdecke sind es die chemisch reinen Sulzfluhkalke, die ausgeprägte Karsterscheinungen aufweisen. Diese drei tektonischen Einheiten bedecken rund ein Drittel der Landesfläche.

Von den Wasserkraftwerken Vorarlbergs liegt etwa ein Drittel teilweise oder zur Gänze in Karstgebieten. Hier sind vor allem das Spullerseewerk und das Kraftwerk Braz der ÖBB, die Rodundwerke, das Lünnerseewerk und das Walgauwerk der Illwerke sowie das Kraftwerk Andelsbuch der VKW zu nennen. Im Folgenden werden Beispiele für den Einfluss der Verkarstung auf Bau und Betrieb mancher Kraftwerke Vorarlbergs gegeben.

Karstentwässerung und Abfluss

Durch die starke Versickerung der Niederschlagswässer und die weitgehende Versinkung der Oberflächenwässer, wie es in Karstgebieten häufig der Fall ist, überwiegt die unterirdische Entwässerung oft bei Weitem den oberirdischen Abfluss. Dadurch kann das hydrogeologische Einzugsgebiet eines Abflusses vom topographischen Einzugsgebiet sehr weit abweichen, wofür es in Vorarlberg zwei markante und für die Wasserkraftnutzung relevante Beispiele gibt.

Landquart und Ill

Die Sulzfluhkalke, die im Bereich des Sulzfluhstockes beiderseits des Grenzkammes großflächig anstehen und nach Süden hin auf Schweizer Seite weit verfolgbar

sind, tauchen in Richtung Osten unter das Kristallin ab und treten im Gargellentäl als tektonisches Fenster wieder zu Tage. Infolge der starken Verkarstung der Sulzfluhkalke und der geringen Durchlässigkeit des Liegenden folgt die unterirdische Entwässerung der Lagerung der Sulzfluhkalke, sodass in Gargellen eine Anzahl stark schüttender Quellen, unter ihnen als bekannteste die Fidelisquelle, austritt. Insgesamt entwässern ca. 15 km² des Landquartgebietes unterirdisch in das Illgebiet, die dort für die Trinkwasser- und Wasserkraftnutzung zur Verfügung stehen.

Abb. 1: Karst-entwässerung im Sulzfluhkalk



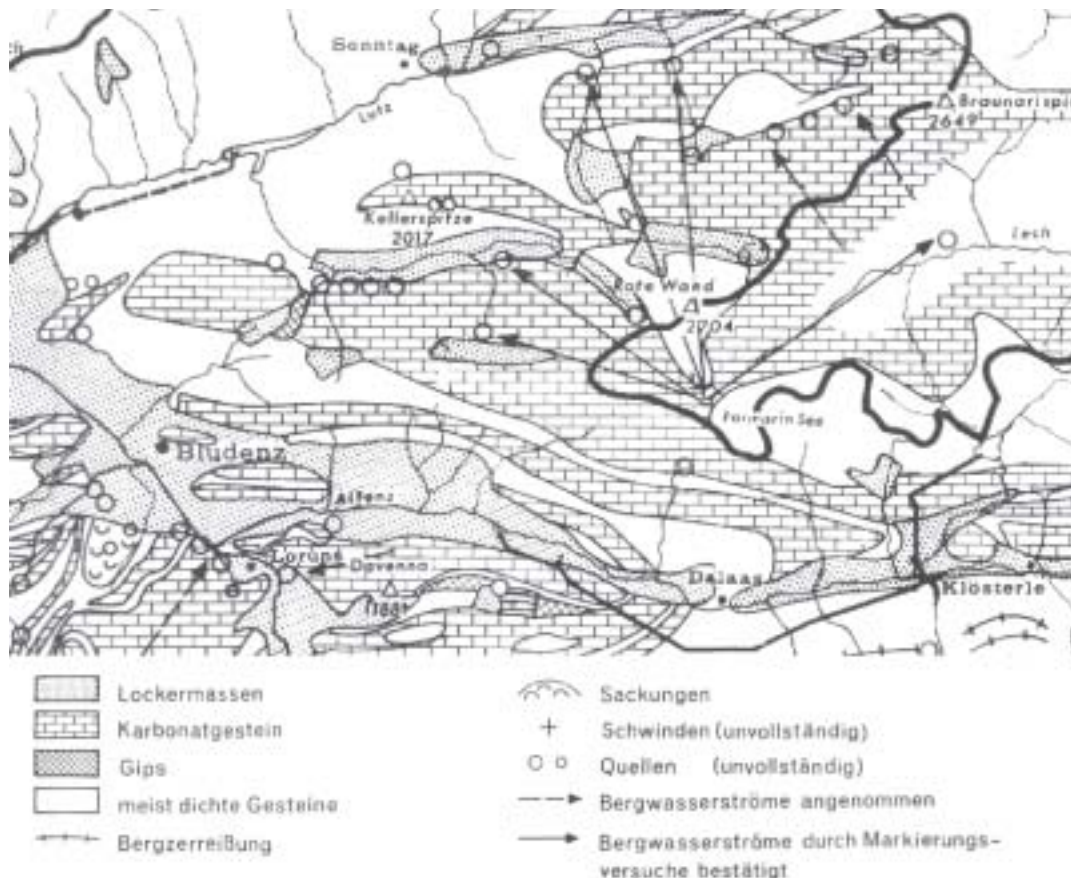
Dieser Wassergewinn im Gargellental ist bereits in den 1930er Jahren aufgefallen, weil die Abflusshöhe des Suggadins jene der Nebenbäche deutlich übersteigt und auch deutlich über dem Abfluss liegt, der sich aus den Niederschlagsmengen ergibt.

Im Jahre 1968 wurde die Entwässerung des Sulzfluhkalkstockes nach Osten durch einen Färbeversuch nachgewiesen, der unter Leitung des Speläologischen Institutes vorgenommen wurde. Nach Einspeisung von 10 kg Uranin in einer Schwinde in der Gruoben oberhalb des Partnunsees im Prättigau konnte nach 5 bis 8 Tagen der Durchgang des Farbstoffes bei mehreren Quellen im Gargellental beobachtet werden.

Lech und Ill

Das zweite Beispiel sind die Kloostertaler Alpen, in denen es bedeutende unterirdische Abflüsse vom Lechgebiet in das Illgebiet gibt. Aus den Messungen der Abflusshöhen wurde auf eine Wassermenge von 0,3 bis 0,5 m³/s geschlossen, die als Karstwasserabfluss aus dem Lechgebiet dem Einzugsgebiet der Lutz zufließt und damit den Lutzkraftwerken der VKW zugute kommt.

Abb. 2: Karstentwässerung vom Lech ins Illgebiet



Diese Wassermenge äußert sich als Fehlmenge im Lechgebiet, die durch Messungen der Abflüsse des Formarinbaches und des Johannisbaches durch die ÖBB bereits früh festgestellt wurde. Außerdem fielen die starken Spiegelschwankungen des Formarinsees auf, als man seinerzeit die Beileitung von Wasser aus dem Formarinsee zum Spullersee im Auge hatte.

Auch der Karstwasserabfluss aus dem Formarinsee wurde durch Markierungsversuche nachgewiesen, die in den Jahren 1957 und 1958 unter Leitung des Speläologischen Institutes durchgeführt worden waren. Die in Schwinden im Formarinsee eingespeisten Sporen tauchten nach 6 bis 7 Tagen in den Quellflüssen des Marulbaches, im Faldrigen- und im Lagutzbach, im Hutlabach und im Rotenbrunnenbach wieder auf, wodurch eine Abstandsgeschwindigkeit des Bergwassers von rd. 1 km/d ermittelt werden konnte.

Speicherseen in Karstgebieten

Angesichts der Verbreitung von Karst ist es bei der Anlage von Speicherkraftwerken manchmal nicht zu umgehen, auch in verkarsteten Gesteinen Speicherseen anzulegen. Allerdings erfordert dies sehr eingehende hydrogeologische Untersuchungen, wie berühmte Fälle vollkommen missglückter Projekte mit restlos trockenen Speicherseen lehren. In anderen Fällen war die Dichtheit des Speichers von vornherein gegeben oder mit einem unterschiedlich hohen Abdichtungsaufwand zu erreichen.

Spullersee

Ein Beispiel für einen von Beginn an dichten Speichersee im Karstgebiet ist der Spullersee, der inmitten verkarsteter Gesteinsserien der Klostertaler Alpen liegt. Die glazial ausgeschürfte Seemulde fällt mit einer tektonischen Synklinale zusammen, deren Kern von relativ dichten Kreideschiefern und Liasfleckenmergeln gebildet wird, die am Seeboden anstehen und für die Dichtheit des Sees verantwortlich sind. Beim Bau der Staumauern des Spullerseewerkes in den Jahren 1922 bis 1925 waren daher praktisch keine Maßnahmen zur Abdichtung des Untergrundes erforderlich.

Lünersee

Beim Speicher Lünersee, der in der Lechtaldecke des Rhätikons liegt, konnte die ausreichende Dichtheit erst nach verschiedenen Abdichtungsmaßnahmen erzielt werden. Das Becken des Lünersees, des größten natürlichen hochalpinen Sees der Ostalpen, entstand im Quartär durch den glazialen Tiefenschurf in Raiblerschichten und Hauptdolomit. Die Seebarre, eine Felsschwelle, die den Abschluss des natürlichen Lünersees nach Norden bildet, besteht zur Gänze aus festem Hauptdolomit und hat dem schürfenden Angriff des Gletschers widerstanden,



Abb. 3: Lünensee, vor dem Bau der Mauer

während die im nördlichen Teil des Seebeckens anstehenden weicheren Raiblerschichten tief ausgekolkt wurden.

Der Spiegel des natürlichen Lünensees, dessen Seegrund im nördlichen Teil auf 1832 m Höhe seinen tiefsten Punkt hat, lag zwischen 1938 und 1944 m. Der tiefste natürliche Einschnitt der Seebarre reicht nur bis 1950 m herab. Der See entwässerte zur Gänze unterirdisch, der Abfluss betrug 320 bis 400 l/s und trat an der Nordflanke der Seebarre in mehreren Quellen wieder zu Tage. Die Anhebung des Seespiegels um 30 m erfolgte in den Jahren 1955 bis 1958 mit dem Bau einer bis 28 m hohen Gewichtsmauer im Ostteil der Seebarre und einer 4 m hohen Mauer am westlichen Sattel.

Die jahrtausendelange, unterirdische Entwässerung des Lünensees führte zur Verkarstung des Hauptdolomites der Seebarre, die durch kavernenartige Aufweitung von Klüften und Schichtfugen sowie durch die Ausbildung von Karstschläuchen gekennzeichnet ist. Der über dem Spiegel des natürlichen Lünensees gelegene Teil der Seebarre weist schwächere Karstformen des beginnenden Kluftkarstes auf und ist gegenüber den tieferen Teilen der Seebarre stärker verwittert und aufgeklüftet.

Die ersten Vorarbeiten zur Errichtung einer Wasserkraftanlage am Lünensee wurden im Jahre 1920 vom Land Vorarlberg durchgeführt. Mit dem Ziel der Absenkung des Seespiegels wurde ein rd. 140 m langer Stollen gegen den See vorgetrieben, bis der Abstand der Ortsbrust zum See nur noch zwei Meter betrug. Im Jahre 1925, nachdem die Illwerke die Fortsetzung der Arbeiten übernommen hatten, wurde der Seespiegel nach Sprengung der verbliebenen Bergfeste über den Stollen um 50 m abgesenkt. In den Folgejahren wurden erste Abdichtungsarbeiten an der Wasserseite der Seebarre unter 1938 m Höhe ausgeführt, das Projekt des Lünensees in seiner natürlichen Größe mit einem Stauziel von 1943 m Höhe verfolgend. Beim Bau der Mauer in den Jahren 1955 bis 1958 wurde der über 1938 m liegende Felsbereich der Seebarre abgedichtet und die Dichtungsmaßnahmen im unteren Bereich ergänzt.



Abb. 4: Staumauer Lünensee, Quellen an der Seebarre

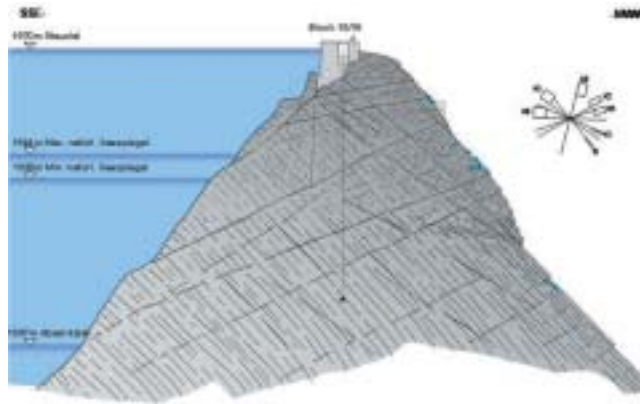
Die wichtigste Abdichtungsmaßnahme war das Aufbringen eines 5 cm starken Spritzbetonbelages an der seeseitigen Felsoberfläche der Seebarre. Klüftige Felsbereiche wurden injiziert und größere offene Spalten vermörtelt bzw. mit Betonplomben verschlossen. Daneben wurden über insgesamt 20 Bohrungen Injektionen ausgeführt, es wurde jedoch kein durchgehender tiefer Dichtschild ausgeführt.

Der Erstaufstau 1958 zeigte den Erfolg der Dichtungsmaßnahmen, die Wasserverluste gingen auf wenige Liter pro Sekunde bei Vollstau zurück. In den Folgejahren entwickelten sich immer wieder Durchsickerungen, die jeweils durch lokale Maßnahmen bekämpft wurden.

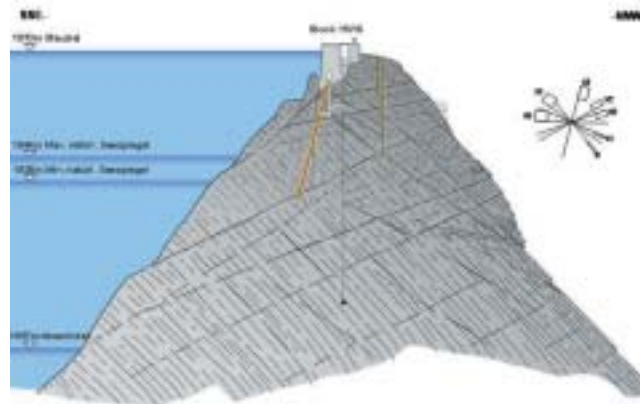
In den Jahren 1992 bis 1999 kam es zur markanten Zunahme von Quellen, die bereits dem natürlichen Seeabfluss gedient hatten. Außerdem wurde das Auftreten einiger neuer Quellen auf hohem Niveau registriert, die die starke Zunahme der Durchsickerung signalisierten. Als Ursache wurden die mit den Jahren zunehmenden Schäden an der wasserseitigen Spritzbetondichtung erkannt, die bei Abstau den Witterungseinflüssen stark ausgesetzt ist.

Hydrogeologische Untersuchungen der Genese der Verkarstung, der Entwicklung der Durchsickerungen und der Geschichte der Abdichtungen ergaben, dass die damals aktuelle Durchsickerung im oberen Teil der Seebarre stattfinden musste, während die Plomben und Injektionen, mit denen die konzentrierten leistungsfähigen Wasserwege des tieferen Teiles der Seebarre abgedichtet worden waren, ihre Wirksamkeit nicht verloren hatten. Somit waren die Voraussetzungen für den Erfolg eines relativ seichten, bis in rd. 30 m Tiefe reichenden, unter der Mauer angeordneten Dichtschildes gegeben. Nach der Injektion dieses Dichtschildes im Jahre 2000 blieben die maßgeblichen Quellen an der Nordseite der Seebarre aus, wodurch ein wirtschaftlicher Abdichtungs Erfolg erzielt werden konnte.

**Abb. 5: Staumauer
Lünersee, Geologi-
scher Schnitt, Quellen**



**Abb. 6: Staumauer
Lünersee, Dichtschirm
und Piezometer**



Karst und Stollenbau

Im Stollenvortrieb sieht man sich oft plötzlich den Phänomenen der Verkarstung unter Tage gegenüber, die in Form von Hohlräumen großer Ausdehnung und von gewaltigen Wassereinbrüchen auftreten und zu erheblichen Schwierigkeiten im Vortrieb führen können. Nach dem Durchschlag verlangen die angefahrenen Karstwasserwege nach einer besonderen Vorgangsweise bei der Ausbildung der Stollenauskleidung. Besonders Fragen, ob ausgekleidet werden muss oder kann, in welchem Verhältnis der Innendruck der Wasserstollen zum Bergwasserdruck steht, wie die Auswirkungen auf den Bergwasserhaushalt zu beurteilen sind und weitere technische sowie geologische Fragen sind hier zu beantworten.

Besonders in den Stollen des Spullerseeewerkes, des Lünnerseeewerkes, der Rodundwerke und des Walgauwerkes waren Karsterscheinungen zu beobachten und zum Teil mit stollenbautechnischen Schwierigkeiten verbunden.

Walgaustollen

Der in den Jahren 1980 bis 1984 vorgetriebene Walgaustollen der Illwerke, der den Gebirgsstock des Rhätikons durchfährt und die Gesteinsserien der Nördlichen Kalkalpen, der Flyschzone und des Kristallins durchörtert, ist durch Karsterscheinungen gekennzeichnet.

Das Gebirge des Rhätikons ist durch einen Falten- und Schuppenbau geprägt, an dem sehr verschiedene Gesteinsarten beteiligt sind. Während die Karbonatgesteine Bergwasserträger bilden, fungieren die tonreichen Gesteine als Wasserstauer. Die Wasserzutritte zum Walgaustollen traten hauptsächlich in den tektonischen Mulden, im Hangenden der Wasserstauer, in den verkarsteten Gesteinen und in Störzonen mit starker Zerrüttung des Gebirges auf.

Bei den Karbonatgesteinen waren in den Oberrhätkalken und in den Plattenkalken die auffälligsten Karsterscheinungen zu beobachten. So wurden bereits beim Vortrieb des Sondierstollens Bürs zahlreiche Karstschlote und Karsthöhlen, mit Durchmessern bis vier Meter und zum Teil mit starker Wasserführung, angefahren. Die Höhlen waren zum Teil mit Bändertonen, die durch Pollenanalyse als kaltzeitliche Ablagerungen identifiziert wurden, oder mit rotem Höhlenlehm, der als warmzeitliche Bildung gedeutet wurde, gefüllt.

Im Zalumstollen, dem mittleren Teil des Walgaustollens, wurde bei Station 540 m an der Grenze der Kössenerschichten zum Plattenkalk eine zwei bis drei Meter breite Kluft angetroffen, die mit lehmigem Feinsand gefüllt war und trocken durchfahren werden konnte. Beim Einsetzen der Schneeschmelze, als der Vortrieb schon weiter war, ereignete sich an dieser Stelle ein Wassereintrich, durch den die Kluftfüllung ausgewaschen wurde und man einer bis 10 m breiten Karstkaverne gewahr wurde, die sich neben dem Stollen befand. Die aus dieser Höhle entspringende Karstquelle sprang bei jeder Schneeschmelze wieder an.

Durch das Anfahren der Karstwasserzutritte in den Plattenkalken blieben die Frauenquellen, die als Karstquellen am Fuß der Vandanser Steinwand aus Plattenkalken entsprangen und im Winter trocken blieben, auf Dauer aus.

In den übrigen Karbonatgesteinen des Walgaustollens waren die Karsterscheinungen und damit verbundene Wasserzutritte eher gering, größere Wassereintriche standen mehr mit Störzonen in Verbindung. So ereignete sich bei Station 3297 m des Valkastielstollens, des östlichen Astes des Walgaustollens, an einer 2 m mächtigen Schichtbank der Raiblerschichten, die mit fast kohäsionslosem, unter hohem Wasserdruck stehendem Dolomitgrus gefüllt war, ein Ausbruch, durch den ca. 400 m³ Grus eingeschwenkt wurden, die die Tunnelbohrmaschine verschütteten. Wie sich herausstellte, war die Dolomitgruslage bis in eine Entfernung von 70 m vom Stollen ausgeronnen und auf den ersten 20 Metern beschließbar geworden.



**Abb. 7: Walgaustollen,
Karstwasseraustritt**

Größere Schwierigkeiten als der Karbonatkarst bereiteten die Gipskarsterscheinungen. Im Valkastielstollen wurde ein 600 m mächtiger Anhydritstock der Raiblerschichten durchörtert, der in seinem Inneren vollkommen trocken war. Im Liegenden folgte ein 19 m mächtiger Gipssaum, der in eine Gipskarstzone überging. Beim Anfahren dieser Gipskarstzone ereignete sich ein Wassereinbruch mit ca. 1600 l/s, durch den ca. 3000 m³ Feststoff, zur Hauptsache gelbe schluffartige Lösungsrückstände des Gipses, in den Stollen eingeschwemmt wurden.

Auch im Furklastollen, dem westlichen Ast des Walgaustollens, hatte der Vortrieb in den Raiblerschichten der Mulde von Bürs mit großen Schwierigkeiten zu kämpfen. Hier wurde 700 m westlich des Hochpunktes Alvier eine 35 m mächtige Anhydritlage durchörtert und im Hangenden ein Gipskarstsystem angefahren. Aus den Karstschläuchen drangen ca. 400 l/s Wasser zu, wobei ca. 100 m³ Feststoffe eingeschwemmt wurden, und der im fallenden Trum vorgetriebene Stollen wurde eingestaut. Nach dem Ausräumen des Stollens ereignete sich zehn Tage später an derselben Stelle ein neuerlicher Wassereinbruch, der im Mittel 2000 l/s, stoßweise bis 8000 l/s brachte. Dabei wurden 3000 m³ Feststoffe eingeschwemmt und der Stollen wieder bis zum Hochpunkt überflutet. Die Ursache dieses zweiten Wassereinbruches lag vermutlich im Durchbruch eines benachbarten Karstsystems.

Durch Verstürze dichtete sich das Karstsystem gegenüber dem Stollen teilweise von selbst ab, wobei aber der Wasserdruck bis auf 8 bar stieg, sodass er über Entlastungsbohrungen entspannt wurde. Um der verstürzten und gestörten Zone auszuweichen, wurde die Stollenachse um 40 m verlegt. Nach der Ausführung von Injektionen konnte die Gipskarstzone durchörtert werden, wobei dies drei Monate in Anspruch nahm.



Der Stollenabschnitt in der Mulde von Bürs erhielt eine Betonauskleidung mit Dichtfolie, die in den ersten zwei Betriebsmonaten auf 20 m Strecke durch die Wirkung des Innendruckes so starke Schäden erlitt, dass sie verstärkt werden musste. Nach der Ausführung der dichten Stollenauskleidung sind die Quellen in der Bürser Schlucht, die beim Vortrieb versiegten, wieder angesprungen.

Abb. 8: Walgaustollen, zweiter Gipskarsteinbruch

Schlusswort

In den obenstehenden Ausführungen ist vor allem von den baueologischen Auswirkungen der Verkarstung die Rede, die zum Teil eine entscheidende Rolle bei der Planung und beim Bau eines Speicherkraftwerkes spielen können, sodass die Beschäftigung mit dem Karst für den Kraftwerksgeologen unumgänglich ist. Durch die hydrogeologischen Voruntersuchungen für Kraftwerksbauten wurden aber auch Erkenntnisse über den Karstwasserhaushalt gewonnen, die für Fragen der langfristigen Trinkwasserversorgung und der Erhaltung der Wasserressourcen von großer Wichtigkeit sind. Der steigenden Bedeutung dieser Themen entsprechend wurden gerade in jüngster Zeit hier weitere Untersuchungen angesetzt, sodass die Kenntnisse der Zusammenhänge im Karstwasserhaushalt erfreulicherweise deutlich zugenommen haben.

Literatur

- AMPFERER, O. & ASCHER, H. (1925): Über geologisch-technische Erfahrungen beim Bau des Spullerseekraftwerkes. – Jb. Geol. B.-A., Bd. 75, Wien.
- BERTLE, H. (1972): Zur Geologie des Fensters von Gargellen und seines kristallinen Rahmens. – Mitt. Ges. Geol. Berbaustud., Bd. 22, Wien.
- GANSER, O. (1971): Staumauer Lünersee, Abdichtung der Seebarre. – Die Talsperren Österreichs, H. 18, Wien.
- GERSTNER, R. & NETZER, E. (2003): Die Entwicklung der Durchsickerungen an der Staumauer Lünersee. – Felsbau, Jg. 21, H. 3.
- LOACKER, H. (1971): Berg- und Grundwasserverhältnisse im Illgebiet. – Verh. Geol. B.-A., Jg. 71, H. 3, Wien.
- LOACKER, H. (1986): Geologische Beschreibung des Walgaustollens. – Mitt. Österr. Geol. Ges., 78 (1985), Wien.
- LOACKER, H. (1988): Karst und Wasserkraftbau in Vorarlberg. – Karst und Höhlen in Vorarlberg, Hrsg. Vorarlberger Landesmuseumsverein, Karst- und Höhlenkundlicher Ausschuß, Dornbirn.
- ZÖTL, J. (1974): Karsthydrogeologie. – Springer.

Anschrift des Autors

Dipl.-Ing. Reinhold Gerstner
Vorarlberger Illwerke AG
Batloggstraße 36
A-6780 Schruns

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Vorarlberger Naturschau - Forschen und Entdecken](#)

Jahr/Year: 2004

Band/Volume: [15](#)

Autor(en)/Author(s): Gerstner Reinhold

Artikel/Article: [Karst und Wasserkraft in Vorarlberg. 157-168](#)