

als eine kleine Ergänzung zur petrographischen Beschreibung einiger kristalliner Gesteine und somit gleichzeitig ein Hilfsmittel der Kristallingeologie sein.

Die Aufbereitung und Bearbeitung der Proben erfolgte im Mineralogisch-petrographischen Institut der Universität Wien. Ich möchte es nicht versäumen, dem Vorstand dieses Institutes, meinem verehrten Lehrer Herrn Prof. DDr. H. WIESENER für das stete Interesse und die ständige Hilfe mit Rat und Tat weitgehendst zu danken, daß es zu dieser Bearbeitung kommen konnte.

Literatur

- ANGEL, F.: Mineralfazien in den Ostalpen. *Wiss. Jb. d. Univ. Graz* 1940, S. 251—304.
CLAUS, G.: Schwermineralien aus kristallinen Gesteinen des Gebietes zwischen Passau und Cham. *N. Jb. f. Min. Geol. Pal. Beil.* Bd. 71, Abt. A. 1936, S. 1—59
SCHNEIDER, H. E.: Geologisch-sedimentologische Untersuchungen im Bereich der Karbon-Perm Grenze des Saargebietes. *Annales Univ. Saraviensis Nat. wiss. Scientia VII.* 1958, S. 350—402.
WIESENER, H.: Über die Veränderungen des Schwermineralbestandes der Sedimente durch Verwitterung und Diagenese. *Erdöl und Kohle*, 6. Jahrg. 1953, S. 369—373.

Über die geologischen Erfahrungen beim Bau des Alfenzkraftwerkes Braz der Österreichischen Bundesbahnen

Von OTTO REITHOFER

Die Grenze zwischen dem Kristallin und den nördlichen Kalkalpen verläuft im Klostertal von Stuben an annähernd dem Laufe der Alfenz entlang bis etwas über 1 km östlich von Dalaas. Nur zwischen Klösterle und Inner Wald reicht das Kristallin ca. $\frac{1}{4}$ km über die Alfenz nach N. Östlich von Dalaas an zieht diese tektonische Grenze, zunächst gegen WSW verlaufend, über Poller auf den Kristberg Sattel hinauf und von dort über Innerberg ins Montafon. Südlich dieser Grenze breitet sich die Zone der Phyllitgneise und Glimmerschiefer aus, die noch zur Phyllitzone von Landeck im weiteren Sinne gehört. Zwischen dem Montafon und Außer Wald ist zwischen dem Südrand der Kalkalpen und dem Nordrand des Kristallins eine meist schmale Zone von Grauwackengesteinen eingeschaltet. Nördlich der Grauwackenzzone bzw. des Kristallins breiten sich die Sedimentgesteine der oberostalpinen Lechtaldecke aus. Der ursprüngliche Auflagerungskontakt ist durch eine steilstehende Schubfläche gestört, so daß das Kristallin dort, wo die Grauwackenzzone fehlt, mit verschiedenen mesozoischen Gesteinen in Berührung kommt. Im Raume zwischen Bludenz und dem Flexenpaß besteht die Lechtaldecke aus den zwei auf der Südseite des Klostertales gelegenen Schuppen der Davennagruppe, einer höheren Schuppe auf der Nordseite des Klostertales (= Hauptmasse der Lechtaldecke) und einer weiter nördlich gelegenen tieferen Schuppe. Die zwei großen Schuppen der Davennagruppe werden wahrscheinlich durch eine steilstehende Bewegungsfläche von der Hauptmasse der Lechtaldecke getrennt.

Der östliche Teil des Freispiegelstollens liegt im Kristallin, der westliche Teil, der Schrägschacht, das Kavernenkrafthaus und der Unterwasserstollen verbleiben in den Sedimentgesteinen.

Nach den Erfahrungen beim Bau des Arlbergtunnels und der Freispiegelstollen in der Zone der Phyllitgneise und Glimmerschiefer im Montafon waren die Aussichten für den im Kristallin liegenden Teil des Freispiegelstollens recht wenig

günstig und es wurde daher auf der ganzen Strecke mit der Möglichkeit des Auftretens von \pm starkem Gebirgsdruck gerechnet.

Der Freispiegelstollen beginnt auf der Westseite des Vermalentobels etwa südöstlich vom Spullerseewerk bei Inner Wald bei km 0,014. Nach Durchörterung einer kürzeren Gehängeschuttstrecke wurde der anstehende Fels bei km 0,026 erreicht. Der Stollen quert bis km 2,784 Phyllitgneise und Glimmerschiefer (abgekürzt Phyllitgneise), die nur auf ca. 29 m Länge keinen Holzeinbau (einschließlich Kopfschutz) erforderten. An die östlichste Phyllitgneisstrecke anschließend wurden folgende Gesteinszonen durchörtert: bis km 3,180 Muskowitgranitgneis, bis km 3,572 Phyllitgneis, bis km 3,688 Muskowitgranitgneis, bis km 4,264 Phyllitgneis, bis km 4,402 Muskowitgranitgneis, bis km 4,532 Phyllitgneis und bis km 5,110 Muskowitgranitgneis. Von 2,326 km erforderten insgesamt nur 200 m keinen Holzeinbau.

Die vom Freispiegelstollen durchörterten Phyllitgneise waren meist nicht standfest und machten einen fast lückenlosen Holzeinbau notwendig. Nur 0,75% der Phyllitgneisstrecken waren ohne Holzeinbau. Ungünstig wirkte sich auch die Tatsache aus, daß die Stollentrasse \pm parallel oder spitzwinkelig zum allgemeinen Streichen verläuft, was sich aber nicht vermeiden ließ. Außer einigen meist kürzeren, etwas druckhaften Strecken war der Phyllitgneis zwischen km 3,913 und 4,075 (= 4,2% der Gesamtlänge) äußerst druckhaft. Das Gestein war stellenweise völlig vertont. Etwa SSW von Außer Wald wurde im Stollen der im östlichen Teil schmale Muskowitgranitgneiszug erreicht, der sich nach SSW bis nördlich von Kristberg verfolgen läßt. In diesem nicht völlig konkordant dem Phyllitgneis zwischengeschalteten Gesteinszug verbleibt der Stollen, mehrmals durch Phyllitgneisstrecken unterbrochen, bis zur Grenze gegen die Grauwackenzone ober Poller.

Auch der Muskowitgranitgneis war nur zum Teil standfest. Nur für 16,2% der Gesamtlänge war kein Holzeinbau erforderlich. Diese für einen Granitgneis recht ungünstige Beschaffenheit ist auf die außerordentlich starke Durchbewegung der Phyllitgneiszone und der in ihr auftretenden Granitgneise zurückzuführen. Durch den Freispiegelstollen wurde auch ein Einblick in die Untergrundverhältnisse unter der großen jungen Moräne südlich und südöstlich ober Dalaas und ihre zum Teil recht beträchtliche Mächtigkeit gewonnen, da im First dieses Stollens an zwei Stellen Moränenschutt angefahren wurde.

Zwischen km 5,110 und 5,185 wurde die Grauwackenzone durchörtert. Die dem Silur (?) bis Karbon angehörenden grauen bis schwarzen Schiefer und Mergel und die grauen, feinen bis groben Sandsteine mit Konglomeratlagen waren, wie nach den Erfahrungen im Rellstal zu erwarten war, nicht standfest. Über diesen Grauwackengesteinen folgen weinrote Mergel und graue Sandsteine mit Schmierlassen, rote Quarzsandsteine, Quarzite und auch einzelne Konglomeratlagen. Auch im Klostertal ist ebenso wie im Montafon eine Trennung von Verrukano und Buntsandstein nicht durchführbar, da hier die Konglomeratlagen nicht an der Basis auftreten, sondern an höhere Horizonte gebunden sind. Die zahlreichen Klüfte und Schmierlassen hatten zur Folge, daß der Verrukano-Buntsandstein innerhalb der 965 m langen Strecke nur auf 187 m Länge ganz standfest (= 19,3% ohne Holzeinbau) war. Die Länge der Verrukano-Buntsandsteinstrecke stimmt recht gut mit der Voraussage überein. Ihre Beschaffenheit war aber weniger gut als im Rellsstollen (Montafon), obwohl es sich dort um eine tektonische Einschaltung innerhalb der Phyllitgneise gehandelt hat.

Bei km 6,150 beginnt der Muschelkalk, der bis km 6,212 völlig zerrüttet und zum Teil vertont war und eine gewisse Ähnlichkeit mit Moränenschutt hatte.

Diese Zerrüttungsstrecke war nicht vorherzusehen. Sie bereitete aber dem Stollenbau keine größeren Schwierigkeiten. Das Auftreten dieser Ruschelzone, in der wohl auch die über dem Buntsandstein folgenden Reichenhaller Rauchwacken mit verquetscht worden sind, wurde erst später verständlich, als die Grenze zwischen Buntsandstein und Muschelkalk in der Davennagruppe als eine tektonische erkannt wurde. Westlich dieser Zerrüttungszone wurde noch bis km 6,273 dünngebankter Muschelkalk aufgeföhren, der von km 6,224 an ganz standfest war (= 39,8% der Muschelkalkstrecke ohne Holzeinbau).

Über dem Muschelkalk reichen die auf der Geologischen Spezialkarte — Blatt Stuben — von O. AMPFERER nicht ausgeschiedenen Partnach Schichten bis km 6,483. Den dunkelgrauen bis schwarzen Schieferen sind vier Zonen von dünngebankten grauen Kalken mit einer Gesamtstärke von 67 m zwischengelagert.

Zwischen km 6,483 und 6,628 steht grauer Arlbergkalk mit einzelnen Mergelzwischenlagen an, der im westlichsten Teil mäßig gestört ist. Von km 6,628 bis 6,688 erfolgt im Stollen ein allmählicher Übergang vom Arlbergkalk in die Raibler Schichten. Zwischen der Westgrenze (= Hangendgrenze) des Muschelkalkes und der Ostgrenze (= Liegendgrenze) der Raibler Schichten waren die Gesteine größtenteils standfest. Innerhalb dieser Strecke war nur auf einer Gesamtlänge von 83 m (= 20%) ein Holzeinbau, meist nur Kopfschutz, notwendig. Die Raibler Schichten der südlichen Davennaschuppe reichen bis km 6,871. Es handelt sich um hellgraue bis graue, seltener dunkelgraue Dolomite mit einzelnen \pm mächtigen hellen bis gelblichbraunen Rauchwacken und dunkelgrauen bis schwärzlichen Schieferlagen. Die Raibler Schichten sind zum Teil stark gestört, die Dolomitlagen stellenweise grob bis fein zertrümmert. Trotzdem war nur auf 22,9% der Länge der Raibler Strecke ein Einbau erforderlich.

Da der Freispiegelstollen den Rothrüfitobel zu nahe unter der Geländeoberfläche unterfährt, mußte eine bis 8 m breite Schlucht gequert werden, die im Niveau des Stollens mit feuchtem, zähem, etwas grünlichgrauem Ton mit einzelnen kleinen, eckigen Dolomitstücken bis großen ebensolchen Blöcken erfüllt ist. Dieser im trockenen Zustande hellgraue Ton dürfte durch die Verwitterung der höher oben zutage tretenden Raibler Rauchwacken entstanden sein. Diese stark druckhafte Tonstrecke bereitete sowohl beim Vortrieb des Richtstollens als auch bei der Sanierung des im Jahre 1944 erfolgten „Lehmeinbruches“ und ganz besonders beim Vollausschub größte Schwierigkeiten. Ober Tag ist die schmale Sohle des Rothrüfitobels mit Dolomitschutt mit einzelnen zum Teil sehr großen Blöcken bedeckt. Auf der Nordseite dieses Tobels erreicht der Freispiegelstollen wieder den anstehenden Fels, den er auf der Südseite verlassen hat und verbleibt bis km 7,041 in den Raibler Schichten der nördlichen Davennaschuppe. Die Dolomite, Rauchwacken und Schiefer auf der Nordseite des Rothrüfitobels sind noch stärker gestört als die auf seiner Südseite. Sie sind stellenweise mylonitisch oder mit Lettenklüften durchsetzt. Nur 24,8% der nördlichen Raiblerstrecke waren standfest (ohne Holzeinbau). Diese Störungen sind auf das Durchziehen der langen, steilstehenden Schubfläche zurückzuführen, welche die Davennaschuppe in zwei tektonisch tiefgetrennte Teile scheidet. Die Raibler Gipse reichen weder auf der Nord- noch auf der Südseite des Rothrüfitobels bis auf das Stollenniveau hinab, was erst durch den Vortrieb des Freispiegelstollens einwandfrei festgestellt werden konnte. Wohl aber wurde das Auftreten gipshaltiger Wässer im Stollen im Bereiche der Raibler Schichten festgestellt, womit von Anfang an zu rechnen war.

Von km 7,041 an verbleibt der Stollen bis zu seinem Westende in dem meist dickgebankten, vielfach nur wenig gestörten, sehr standfesten Hauptdolomit. Nur

im östlichsten Teil war der Hauptdolomit stärker mit Lettenklüften durchsetzt. Hier war auf einer Strecke von 8 m Länge (= 0,4% der Hauptdolomitstrecke) ein Kopfschutz notwendig. Im westlichsten Teil ist der Hauptdolomit so standfest, daß selbst die großen Wasserschloßkammern keinen Holzeinbau erforderten. Das Streichen und Fallen des Hauptdolomits ist nicht so gleichmäßig, wie es den Anschein erweckt. So pendelt das Streichen im westlichen Teil des Freispiegelstollens und im Bereich der Wasserschloßkammern zwischen N 60 und 130° O, wobei das Einfallen zwischen 20 und 60° S schwankt.

Von allen Fensterstollen war nur der südöstlich ober Außer Wald gelegene Fensterstollen 1 von Interesse. Hier kam es gleich beim Baubeginn zu einem Verbruch des Mundloches, das in jungem Moränenschutt lag, der eine kleine Steilstufe bildete, an der schon vorher geringfügige Rutschungen stattgefunden hatten. Um den Stollen im anstehenden Fels anschlagen zu können, wurde der Anschlagpunkt um rund 40 m gegen O verschoben. Dort baut der Verrukano-Buntsandstein ein kleines Felsköpfel auf, das etwa 8 m über die Stollensohle emporreicht. Die eisüberschliffene Felsoberfläche fällt hier aber deutlich bergewärts ab. Nachdem der Fensterstollen diese Gesteine auf über 50 m Länge durchörtert hatte, war anzunehmen, daß die Felsüberlagerung schon genügend groß sei. Da erfolgte am 26. Mai 1948 bei ca. 55 m ein starker Wasser- und Schutteinbruch. Die Felsoberfläche sinkt bei 55 m bis auf die Firsthöhe herab, um von dort steil gegen S abzufallen und bei 56 m bereits die Stollensohle zu erreichen. Mäßig ansteigend liegt die Felsoberfläche bei 61 m wieder in Firsthöhe, in der sie bis zum Stollenmeter 64 verbleibt. Ober Tag war hier ein deutlicher kleiner Einsturztrichter zu beobachten.

Am 26. August 1948 erfolgte bei ca. 76 m ein neuerlicher Wasser- und Schutteinbruch, der noch weniger als der erste vorauszusehen war. Die Felsoberfläche senkt sich hier nochmals von 76 m (in Firsthöhe) steil herab, verbleibt zwischen 77 und 78 m im Niveau der Stollensohle und erreicht bei Stollenmeter 80 wieder den First. Südlich der zweiten Schuttstrecke steht stark gestörter Phyllitgneis an. Die Grenzen der nördlich davon durchziehenden Grauwackenzone waren wegen des Holzeinbaues nicht mehr genau festzustellen. So tief unter der Geländeoberfläche war ein derart eigenartiges Relief der Felsoberfläche nicht zu erwarten, das wohl nur auf selektive Erosion zurückgeführt werden kann. Es scheint sich hier um zwei vom Eis ausgeschliffene schmale Rinnen in verhältnismäßig weichen Gesteinspartien zu handeln, die mehr oder weniger parallel zur Talrichtung und zum Streichen verlaufen. Die Durchörterung dieser mit nassem jungem Moränenschutt erfüllten Rinnen bereitete außerordentliche Schwierigkeiten und eine große Verzögerung der Vortriebsarbeiten. Die Geschiebe waren meist eckig bis kantengerundet, seltener gut gerollt. Vorherrschend war Phyllitgneis- und Glimmerschiefermaterial. Daneben fanden sich Blöcke von Muskowitgranitgneis, während solche von Amphibolit ganz vereinzelt waren. Bei der Lage dieser beiden Rinnen so weit bergewärts und so tief unter der Geländeoberfläche ist es völlig ausgeschlossen, daß bei der 40 m weiter westlich gelegenen Stollentrasse viel günstigere Verhältnisse geherrscht hätten und daß der Stollen schon nach einer kurzen Schuttstrecke endgültig im anstehenden Fels verblieben wäre.

Bei der inversen Lage der nördlichen Davennaschuppe durchquert der Druckschacht größtenteils Hauptdolomit, der sehr standfest ist. Darunter wurde ebensolcher Plattenkalk (in der Geologischen Spezialkarte nicht ausgeschieden) durchfahren. Nur der unterste Teil des Druckschachtes kommt in die Kössener Schichten zu liegen, die hier ziemlich standfest sind, aber zu Nachbrüchen neigen.

Der im Jahre 1948 200 m weit vorgetriebene Sondierstollen, der etwa südöstlich

von Innerbraz liegt, wurde im darauf folgenden Jahr um weitere 130 m vorgetrieben, um die Durchführbarkeit der Anlage eines Kavernenkrafthauses untersuchen zu können. Obwohl dieser Stollen an der günstigsten Stelle am Fuße der Steilwand angeschlagen worden ist, war eine rund 45 m lange Blockschuttstrecke zu durchhörtern. Bis 58 m stehen dünn- bis dickgebankte, dunkelgraue, fast schwarze Kalke mit weißen Kalzitadern und einzelnen Hornsteinknollen und auch bis 10 cm starken Hornsteinlagen an. Diese hornsteinreichen Liaskalke bilden den Übergang zu den hier nicht mehr vorhandenen Fleckenmergeln. Sie kommen in dieser Ausbildung mehrfach in den Lechtaler Alpen vor. Nach S schließt hier über 40 m mächtiger, massiger, hellgrauer bis grauer Kalk mit einzelnen kleinen bis größeren, unregelmäßigen, rötlichen bis roten Partien an. Zwischen Stollenmeter 100 und 106 steht hellgrauer bis grauer Kalk mit dunkelgrauen Mergelzwischenlagen an, der an seiner Südgrenze (= Liegendgrenze) von 2 m starkem, ganz hellem bis hellgrauem, dünngeschichtetem Kalk mit dünnen hellgrauen Mergellagen und gegen 7 m mächtigem, ganz hellem bis rötlichem Kalk mit dünnen roten Mergelzwischenlagen begleitet wird. Zwischen 115 und 170 m tritt massiger, hellgrauer bis grauer oder gelblich-rötlicher Kalk mit einzelnen unregelmäßigen Partien von rotem Liaskalk auf. Nach S schließen bis über 3 m mächtige dunkelrote Schiefer und Kalke und bis über 30 m mächtige hellgraue bis graue Kalke mit verschiedenen unregelmäßigen rötlichen bis weinroten Partien und ebensolchen gelblichgrauen bis rötlichgrauen Einschlüssen an. Die Liegendgrenze der Liaskalke liegt bei ca. 204 m.

Zwischen Stollenmeter 204 und 278 steht fester, größtenteils ungeschichteter, grauer Oberrhätkalk an, der von dunkelgrauen bis schwärzlichen, meist dünngeschichteten Kalken und Mergelkalken der Kössener Schichten überlagert wird (inverse Schichtfolge!). Innerhalb der meist stark gestörten Kössener Schichten tritt zwischen 298 und 306 m ein massiger, grauer Kalk auf, bei dem nicht mit Sicherheit entschieden werden kann, ob es sich um eine tektonische Einschaltung von Oberrhätkalk oder um eine normale stratigraphische Zwischenlagerung handelt.

Unter Berücksichtigung der Verhältnisse im Sondierstollen wurde die Maschinenkaverne in die sehr festen Oberrät- und Liaskalke verlegt, die sich trotz der starken tektonischen Beanspruchung und der zahlreichen Bewegungsflächen als sehr standfest erwiesen haben, wobei die Kavernenachse senkrecht zum Streichen der Gesteine verläuft. Das Südende der Kaverne reicht noch etwas in die Kössener Schichten hinein. Im Zugangsstollen zur Maschinenkaverne herrschen dieselben geologischen Verhältnisse wie in dem betreffenden Teil des nahe östlich davon liegenden Sondierstollens.

Der Unterwasserstollen verläuft vom Kavernenkrafthaus bis Stollenmeter 403 durch die Kössener Schichten. Obwohl diese großenteils mehr oder weniger parallel zum Streichen durchhörtert worden sind, waren sie meist ziemlich standfest und erforderten nur wenig Holzeinbau. Im äußeren (unteren) Teil quert der Unterwasserstollen die schon bei Beschreibung des Sondierstollens angeführten Oberrät- und Liaskalke, durchfährt auf einer längeren Strecke Bergsturzblockwerk mit einigen sehr großen Blöcken, das zum Teil mit den Schottern der Alfenz verzahnt ist und verbleibt in den letzteren bis zum Stollenportal. Das Ausgleichbecken liegt ebenfalls in den rezenten Alfenzschottern.

Literatur

- AMPFERER, O., E. KRAUS und O. REITHOFER: Geologische Spezialkarte, Blatt Stuben, Wien, 1937.
WEIGL, H.: Das Kavernenkraftwerk Braz der Österreichischen Bundesbahnen. Österreichische Bauzeitschrift, 9, H. 5, S. 89—94, Wien, 1954.