

**Ein Beitrag zu den Felsspannungsmessungen im Druckschacht
und Krafthausschacht Häusling des Zillerkraftwerkes
der Tauernkraftwerke AG**

von

Helmut HALBMAYER

mit 4 Abb. und 1 Beil.

Anschrift des Verfassers:

Dr. Helmut Halbmayr
Österr. Elektrizitätswirtschafts-AG
Am Hof 6A
A-1010 Wien

Mitt. Ges. Geol. Bergbaustud. Österr.	33	S. 133–143	Wien 1986
---------------------------------------	----	------------	-----------

Inhalt

Zusammenfassung, Summary	134
1. Einleitung	134
2. Geologische Beschreibung	135
2.1. Meßergebnisse	136
2.1.1. Konvergenzmessungen	136
2.1.2. Stempeldruckversuche	136
2.1.3. Felsoberflächenspannungsmessungen	136
3. Geologische Beschreibung des Krafthauschachtes Häusling	137
3.1. Meßergebnisse	141
3.1.1. Felsoberflächenentensionmessungen	141
4. Schlußfolgerungen	143

Zusammenfassung

Während des Baues des Zillerkraftwerkes wurden Felsoberflächenspannungsmessungen für die Bemessung der Stollenauskleidung und der Injektionsdrücke ausgeführt. Im Bereich des Druckschachtes Häusling und des Krafthauschachtes Häusling scheint die Richtung der größten Hauptnormalspannungen, einerseits von der regional vorgegebenen Einspannung (s. LIEGLER) zum Zeitpunkt der Messungen vom Ausbruch des Hohlraumes andererseits von der Topographie und durch den Ausbruch entstandenen Hohlraum sehr stark beeinflußt zu sein. Ein wesentlicher Faktor, der bei der Deutung der erhaltenen Meßergebnisse berücksichtigt werden muß, ist die Lage und Entfernung des Hohlraumes zur Oberfläche und der Vortriebsart.

Summary

In the course of the construction of the Ziller power plant stress measurements were carried out at the tunnel surface to allow for adequate dimensioning of the tunnel lining and selection of the appropriate grouting pressures. In the area of the Häusling pressure shaft and the Häusling power house shaft the orientation of the maximum principal stresses seems strongly determined by the regional restraints (cf. LIEGLER) and the existing cavity on the one hand and by the topographical conditions and the cavity on the other hand. A main factor to be taken into account in the interpretation of the results obtained from measuring is the cavity location in respect to and its distance from the ground surface and the method of tunneling applied.

1. Einleitung

Im Rahmen dieses Zillerkraftwerksbaues wurden auch im weiteren Triebwasserweg, dem Druckstollen des Bauloses Ofenwald, dem Druckschacht Häusling und im Schacht des Krafthauses während des Vortriebes Felsspannungsmessungen ausgeführt.

Diese Messungen dienten auch hier für die Bemessung der Stollen- und Schachtaus-

kleidung sowie der Injektionsdrücke. Nähere Informationen über die regionale geographische und geologische Lage der Kraftwerksgruppe, sowie eine genaue Beschreibung der Versuchsdurchführung sind aus der Arbeit „Gefügegeometrie und Felsspannungsmessungen im Triebwasserstollen des Zillerkraftwerkes der Tauernkraftwerke AG im NW-Bereich des zentralen Tauernfensters“ von K. LIEGLER zu entnehmen.

2. Geologische Beschreibung

Der Triebwasserweg des Bauloses Ofenwald und der Druckstollen des Bauloses Häusling hat wie erwartet zwei geologische Zonen aufgefahren. (Beilage 12). Im nördlichen Teil wurden Gesteine des *Ahornkerns*, die unter dem Sammelbegriff Zentralgneis bekannt sind, angetroffen. Im speziellen waren dies folgende Gesteine: Migmatite, Schollenmigmatite, feinkörnige Biotitgneise, Bändergneise, Augengneise und Zweiglimmergranitgneise. Stellenweise wurden diese Gesteine von Aplit- und Quarzgängen durchschlagen. Abgesehen von einzelnen cm-dicken Mylonitzonen, die teilweise konkordant aber auch diskordant verlaufen und vor allem in den Stollenabschnitten nördlich der Schieberkammer auftreten, zeichnet sich das Gebirge durch Kluftrmut aus. Die Lagerungsverhältnisse der aufgefahrenen Gesteine weisen ebenfalls ein regelmäßiges mehr oder weniger W–E Streichen auf, wobei das Einfallen um die Vertikale pendelt. Es konnte also N- oder S-Fallen gemessen werden. Parallel zu den verstärkt auftretenden Mylonitzonen im nördlichsten Teil dieses Bauabschnittes konnten auch deutliche Wasserzutritte beobachtet werden. Die Größenordnung dieser Wasserzutritte reichte von Tropfwasser bis Wasserfäden, die gemessenen Wasserdrücke im schon ausgekleideten Stollen erreichten Werte bis 12 bar.

Die zweite geologische Zone, welche im südlichsten Teil des Bauloses aufgefahren wurde, beinhaltet Gesteine der *Schönachmulde*. Die Grenze zwischen diesen Einheiten wurde in der Flachstrecke des Druckstollens bei Baustation 174 m aufgefahren. Die Grenze selbst wurde durch ein markantes ca. 10 cm dickes konkordantes Mylonitband gebildet. In dem Stollenabschnitt, der die Schönachmulde verquert, war das Gestein ein heller feinkörnig bis mittelkörniger Gneis mit Feldspatleisten sowie Granat und Pyrit. Der teilweise sehr undeutlich geregelte Gneis streicht quer zum Stollen (W–E Streichen) und steht ebenfalls steil. Stellenweise sind in diesem Gneis Schieferbänder, Aplit und Quarzgänge eingeschaltet. In der Nähe der Grenze zum Ahornkern traten dann vereinzelt migmatische Einschaltungen auf.

Die Lagerungsverhältnisse entsprachen auch in diesem Anlagenteil – Druckschacht – den typischen regionalen Verhältnissen. Abgesehen von einzelnen cm-dicken Mylonitzonen, vor allem im Übergangsbereich Schönachmulde – Ahornkern, zeichnete sich dieser Stollen durch Kluftrmut aus. Erst ab Baustation 910 m konnte eine größere Klufthäufigkeit beobachtet werden. Ab Baustation 970 m traten dann Klüfte mit 10 cm dicken durchbewegten Gesteinszonen und Mylonitlagen auf. Schalenförmige Ablösungen (Spaltrisse), die sehr häufig in gefrästen Stollen auftreten, konnten in dem Stollen nicht festgestellt werden.

Als geologische Besonderheit, die eine Umprojektierung des oberen Teiles des Triebwasserweges und des Wasserschlosses notwendig machte, war durch das Anfahren einer Sackungsmasse beim Vortrieb des Druckschachtes gegeben. Die bei den ersten Planungsarbeiten im Prinzip schon früher erkannte und beschriebene Hangbewegung im Bereich des Wasserschlosses wurde beim Auffahren des Druckschachtes Häusling in unerwartet tiefer Hanglage angetroffen.

Wasserzutritte in Form von Wasserfäden traten erst im Bereich der Sackungsmasse auf. Sonst waren über den gesamten Stollen nur vereinzelte Tropfwasserstellen zu beobachten.

2.1. Meßergebnisse

2.1.1. Konvergenzmessungen

Im Druckschacht Häusling wurden nur Konvergenzmessungen im Bereich des Ahornkernes durchgeführt, und zwar bei den Baustationen 267,1 m, 606,7 m, 707,5 m, 1244 m und 1287 m. Die dabei gemessenen Konvergenzen lagen im allgemeinen zwischen 0 und 2 mm.

An einer Stelle wurden noch mittels 3-fach Extensometer (0,5, 1,5 und 5,0 m) jeweils im Bereich zwischen Ulm und Sohle rechts und links Messungen zur Überprüfung der Felsverformung durchgeführt. Die dabei ermittelten Konvergenzen bzw. Divergenzen lagen im Zehntelmillimeterbereich.

Die in diesem Stollenabschnitt ermittelten Felsverformungsmessungen zeigen, daß durch den schonenden Vortrieb und den damit verbundenen langsamen Spannungsumlagerungen auch in einem Zeitraum bis 2 Jahre nach Stollenausbruch kaum registrierbare Konvergenzen auftraten. Diese Aussage wurde noch durch eine Bohrlochseismik erhärtet, mit Hilfe dieser Methode konnte eine stellenweise Auflockerung der Stollenlaibung nur bis 0,5 m Tiefe nachgewiesen werden.

2.1.2. Stempeldruckversuche

Um für die Dimensionierung der Panzerung in der unteren Flachstrecke und der Schrägstrecke des Druckschachtes Häusling die notwendigen Kennwerte des Gebirges zu erhalten, wurden an drei Stellen in-situ Versuche mit einer Lastplattenpresse durchgeführt. Diese Ergebnisse sollten auch eine Eichung der mit der Fräse ermittelten Verformungsmessungen, die beim Rücktransport der Fräse aus dem Stollen gewonnen wurden, herangezogen werden. Von geologischer Seite wurden dabei drei Bereiche mit sehr guten, mittleren und schlechten Gebirgseigenschaften ausgewählt. Es war dies bei der Baustation 105 m, 193 m und 302 m. An jeder dieser Stationen wurde zusätzlich noch ein Dauerlastversuch durchgeführt. Die Verformungen wurden über 3-fach Extensometer bis 3 m Tiefe gemessen.

Die im gesunden Zentralgneis gemessenen Werte ergaben im günstigsten Fall, das ist bei Station 105 m einen Verformungsmodul $V = 29\,000\text{ N/mm}^2$ und einen Elastizitätsmodul $E = 32\,000\text{ N/mm}^2$.

Wie erwartet lagen die schlechtesten Werte bei dem Meßquerschnitt 302 m mit einem Verformungsmodul $V = 1800\text{ N/mm}^2$ und einem Elastizitätsmodul $E = 3000\text{ N/mm}^2$.

2.1.3. Felsoberflächenspannungsmessungen

Diese Messungen wurden zur Erfassung des lokalen Felsspannungszustandes durchgeführt und sollten noch zusätzliche Informationen auf die zu wählende Auskleidung des Druckschachtes geben.

Die Messungen erfolgten in der unteren Flachstrecke des Druckschachtes im Bereich der Station 290 m an beiden Ulmen und im Bereich des unteren und oberen Knickpunktes bei der Station 451 m am linken Ulm und bei der Station 1165 m am rechten Ulm und in der Firste (Angabe in Fließrichtung). Die angewendete Meßmethode war die gleiche wie sie schon in dem Aufsatz von K. LIEGLER für den Druckstollen beschrieben wurde. Die graphische Auswertung und Auftragung der ermittelten Spannungen ist in Abb. 1 dargestellt.

Mit Hilfe der so erhaltenen Meßwerte wurden dann die Normalspannungen vertikal und horizontal berechnet. Diese ermittelten Spannungen können dann mit den tatsächlichen gemessenen Werten der Gebirgsüberlagerung (P_V PRIMÄR) verglichen werden. Es zeigt sich im Vergleich von P_V PRIMÄR mit den gerechneten Werten von P_V , daß $\lambda = \frac{P_V^H}{P_V}$ annähernd gleich 1 ist. Es herrscht demnach allseitig gleicher Druck vor, und der Spannungszustand ist drehsymmetrisch. Dieser Wert erscheint aufgrund der geologischen Gegebenheiten, vor allem vom Gefüge her (migmatischer Schollengneis, massiger regellos körniger Schönachmuldengneis), als durchaus glaubwürdig. Es wurde schon während der Projektierungsarbeiten ein Augenmerk darauf verwendet, daß die Lage des Stollens zur Oberfläche einerseits nicht zu seicht (Mittragen des Gebirges zur Aufnahme des Innendruckes während des Betriebes ist erforderlich), andererseits aber nicht zu tief im Berg liegt, sodaß zusätzliche Spannungen durch eine hohe Überlagerung und dadurch Schwierigkeiten beim Vortrieb und bei der Sicherung bzw. Auskleidung des Stollens auftreten. Sowohl die Erfahrung (s. Konvergenzmessungen) als auch die rechnerische und messende Überprüfung zeigen, daß die gewählte Tiefenlage des Druckstollens den gewünschten Vorstellungen Rechnung trägt.

3. Geologische Beschreibung des Krafthauschachtes Häusling (s. Abb. 2 und 3)

Das Krafthaus Häusling liegt zur Gänze in Gesteinen der Schönachmulde. Im vorliegenden Fall handelt es sich um einen hellen, feinkörnigen, kaum biotitführenden und stellenweise gefeldspateten, sehr häufig granatführenden Paragneis. Meist ist das Gestein massig ausgebildet. In einigen kurzen Abschnitten waren deutlich geschieferte Gesteinsbereiche erkennbar, doch laufen diese kurzen Abschnitte entweder im Streichen oder im Fallen aus. Die Schichten streichen generell WSW–ENE und fallen steil um die Vertikale pendelnd entweder nach NNW oder nach SSE ein, und sind von folgenden Klüften durchzogen:

- Mittelsteil nach WSW bis W fallende Klüfte, die teilweise eine schluffig sandige Füllung aufweisen.
- Flach nach SW bis SSW oder SE fallende, ebenfalls mit Schluffsand bis Mittelsand verfüllte Klüfte.
- Mittelsteil bis steil nach SSE fallende Klüfte, die nicht verfüllt sind. Diese gehen oft in NE–SW und E–W streichende meist mittelsteil nach NW bis N einfallende Klüfte über. Dann sind sie verfüllt und angewittert.

Im wesentlichen sind diese Gesteinsverhältnisse und Klüfte schon in der Prognose erwartet worden.

Aus geologischer Sicht sei noch darauf hingewiesen, daß der gesamte talseitige (zum Ziller hin) Schachtbereich einen höheren Zerlegungsgrad sowie Auswirkungen eines deutlichen Oberflächeneinflusses (angewitterte Klüfte, Verfüllung derselben, blockige Zerlegung des Gebirges) – bedingt durch den unmittelbar daran anschließenden Steil-

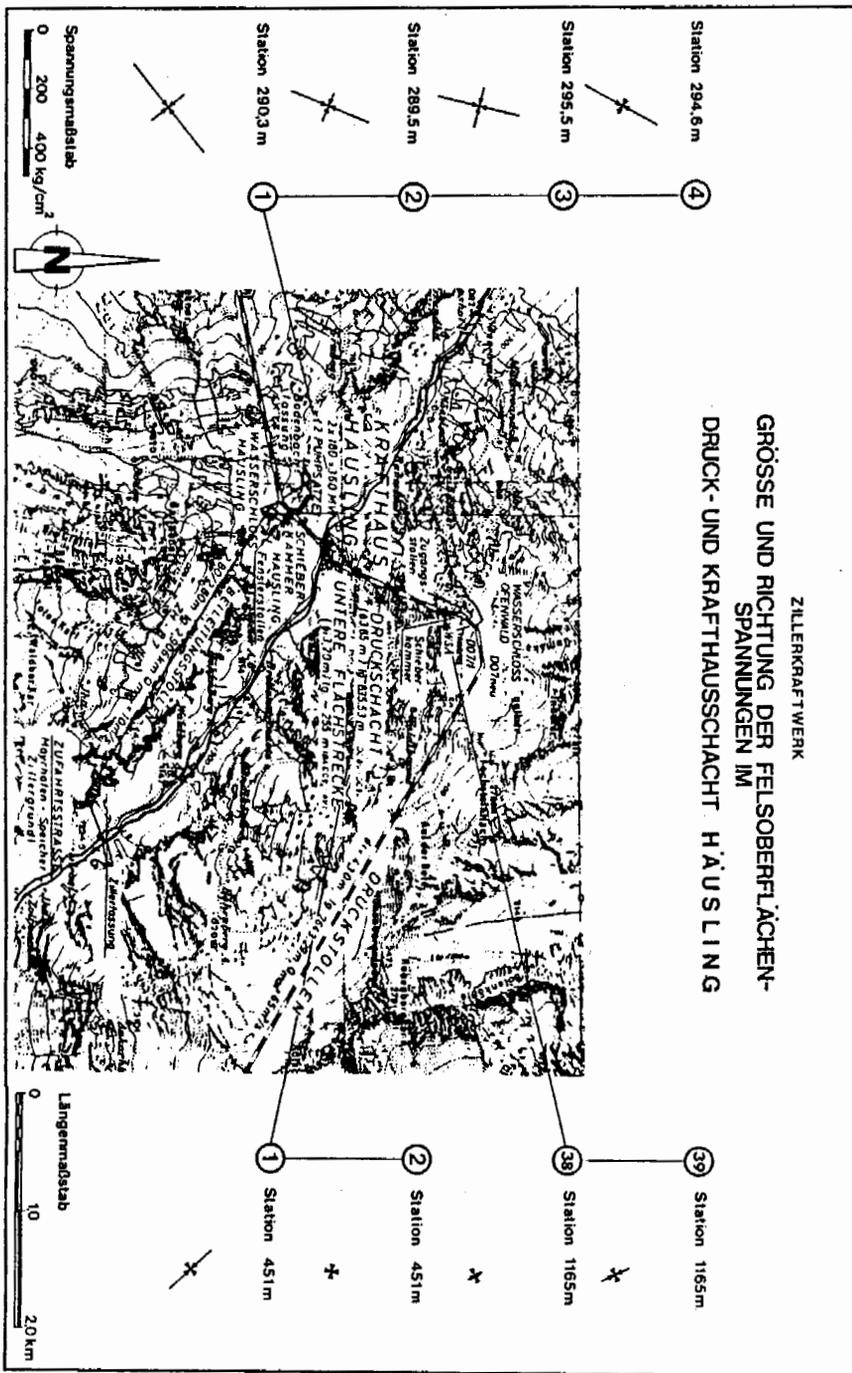


Abbildung 1

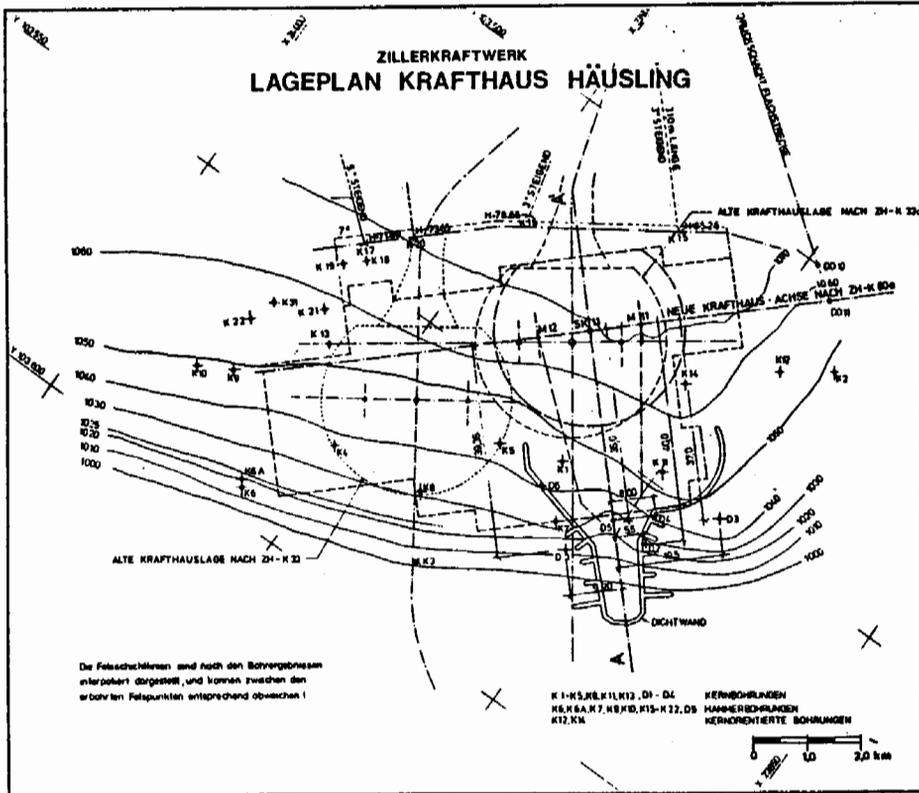


Abbildung 2

abfall zur Talmitte hin – ausweitet. In diesem Abschnitt waren und sind noch teilweise Wasserzutritte zu beobachten. Im Bereich des Krafthauschachtes waren hier, vor allem in dem zur Ziller nahe gelegenen Abschnitt, zahlreiche Wasserzutritte entlang von Klüften vorhanden. In Summe lagen diese Wassermengen während der Ausbruchsarbeiten knapp unter 10 l/s, wobei deutliche jahreszeitliche Schwankungen registriert werden konnten. Teilweise wurden die Wasserzutritte durch Zementinjektionen unterbunden. Um noch bessere Verhältnisse zu schaffen, wurden dann noch Hochdruckinjektionen aus einem Gemisch von modifiziertem Wasserglas und Kunstharz mit Bohrlochtiefen bis 2,5 m entlang der Schachtlaufring, bei noch sichtbaren Wasserzutritten bzw. Tropfstellen ausgeführt.

Die vorangestellte geologische Beschreibung zeigt, daß aus baugelogischer und felsmechanischer Sicht durchaus befriedigende Verhältnisse für die Situierung des Krafthauses Häusling an der gewählten Stelle vorliegen.

Ergänzend zu der vorher beschriebenen und sehr kurz gehaltenen Darstellung der geologischen Verhältnisse im Krafthauschacht werden im folgenden zwei Beobachtungen etwas näher erläutert.

Die im untersten Teil des Krafthauschachtes auftretenden flach SW bis SSW oder SE fallenden Klüfte sind stellenweise bis 5 cm mit schluffigem Feinsand bis Mittel-

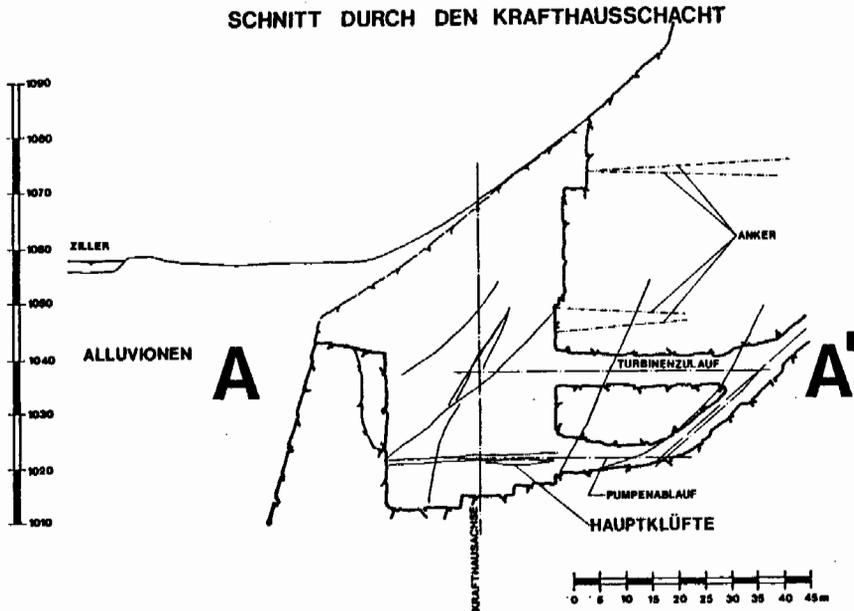


Abbildung 3

sand verfüllt und stark angewittert. Steilstehende, westfallende, kurze und glatte Klüfte zeigen an diesen flachen Großklüften eine Versetzung im Dezimeterbereich.

Besonders auffallend ist bei diesen flachen, den ganzen Schacht querenden Klüften, ihr regelmäßiges Fallen und Streichen sowie ihre glatte Ausbildung über längere Strecken, um dann auf kleinstem Raum eine starke Verbiegung mitzumachen. An einigen mehrere Meter langen Abschnitten konnten noch spitzwinkelig dazu stehende Kleinklüfte beobachtet werden. In Gemeinschaft dazu ist eine sehr starke tektonische Beanspruchung eines 20–50 cm breiten Gesteinspaketes, randlich der flachen Klüfte zu beobachten, wobei diese messerscharfen Großklüfte in Zerrüttungszonen, die auch Mylonite beinhalten, übergehen. Diese flachen Klüfte mit Zerrüttungstreifen wurden schon seinerzeit bei den Sondierbohrungen, jedoch in talmtittiger Lage und mit höchstens 1 cm starker Feinsandfüllung, beobachtet.

Von der Genese her handelt es sich bei diesen Klüften um Entspannungsklüfte (Rückzug des Gletschers und daher Wegfallen einer zusätzlichen Auflast), die möglicherweise bei einem neuerlichen Vorstoß des Eises geöffnet (der Kraftausschacht liegt inmitten einer zum Tal vorstoßenden Felsrippe, die eine Verengungsstelle bildet und daher Angriffspunkt für das vorstoßende Eis ist) und gleichzeitig mit schluffigen Feinsand bis Mittelsand verfüllt wurden.

Während der Ausbruchsarbeiten wurden Proben von dem Verfüllungsmaterial entnommen. Diese wurden an der Geologischen Bundesanstalt in Wien auf Pollen untersucht um eine altersmäßige Einstufung des Verfüllungsvorganges zu ermöglichen. Leider waren die entnommenen Proben steril. Trotzdem sollte der Zeitpunkt der Verfüllung, zumindest nach der dargelegten Hypothese, während der letzten Vereisung in diesem Gebiet liegen.

Zu Beginn der Ausbruchsarbeiten des Kraftausschachtes im Bereich des Randbal-

kens wurden schalenförmige Gesteins-Ablösungen an der Rückwand des Schachtes (ca. Kote 1049 m) beobachtet, die quer zur hier recht unausgeprägten und undeutlichen Schieferung im kluftlosen Fels verlaufen. Die Neigung dieser Bruchflächen lag bei 50 bis 60 Grad zum geschaffenen Hohlraum hin. Es handelt sich dabei um Entspannungs- und Umlagerungserscheinungen. Die darauf unmittelbar durchgeführten Spannungsmessungen in noch relativ ungestörten Bereichen ergaben relativ hohe Spannungswerte.

3.1. Meßergebnisse

Zur Überwachung der Krafthausrückwand und des Krafthausschachtes wurden zahlreiche Meßeinrichtungen installiert. Es wurden Reißspione, Extensometer, Distometer, Lotmeßstellen und Konvergenzmeßstrecken installiert. Die dabei gemessenen Konvergenzen lagen im allgemeinen zwischen 0,4 u. 5,7 mm. Die gemessenen Höchstverformungen bei den Extensometern lagen bei 7 mm. Die Lotmessungen im Zusammenhang mit den Extensometermessungen zeigten eine talwärtige Verschiebung des gesamten Schachtes oberhalb des horizontalen Kluftsystemes auf Kote 1021 m. Es dürfte sich dabei um maximale Werte bis 7 mm handeln. Diese talwärtige Verschiebung des gesamten Schachtes brachte eine erhebliche Verminderung der Belastung durch den Primärspannungszustand und macht die merkbare Entspannung am Schachttrand erklärbar. Abgesehen von jahreszeitlichen Schwankungen in der Größenordnung von 1 mm der Verformungen sind im Krafthausschacht zwei Jahre nach dem Ausbruch konstante Verhältnisse eingetreten.

3.1.1. Felsoberflächenspannungsmessungen

Diese Messungen wurden ebenfalls im Krafthausschacht, in den Turbinen- und Pumpenzuleitungsstollen zur Erfassung des lokalen Felsspannungszustandes durchgeführt und sollten zusätzlich zu den laufenden Messungen Auskunft über die zu wählenden Sicherungs- und Ausbaumaßnahmen geben.

Die Messungen erfolgten einerseits unmittelbar nach den Ausbruchsarbeiten, andererseits nach Einbringung der Sicherungs- und Ausbaumaßnahmen und nach den deutlich ausklingenden Deformationen des Gebirges in Schachtnähe. Die graphische Auswertung und Auftragung der ermittelten Spannungen ist in Abb. 4 dargestellt.

Eine Abschätzung des Primärspannungszustandes nach KOHLBECK-SCHIEDERGER-STURGUL ergab je nach Tiefenannahme des Anfanges der plastischen Zone, oberflächenparallele Spannungen in der Größe zwischen 18 und 24 N/mm².

Unter Berücksichtigung der Oberflächeneinflüsse (Verwitterung, Entspannungsklüfte u. a.), erscheint daher ein ungestörter Primärspannungszustand von max. 6 N/mm² in Höhe des Schachttrandes, als durchaus wahrscheinlich.

Im Turbinenzuleitungsstollen wurde eine mittelsteil talwärts einfallende verfüllte Kluft angetroffen. Auf Grund ihrer konstruktiv ermittelten und auch vorgefundenen Lage in der Schachtsohle sowie einer damit in Zusammenhang stehenden steilen Kluft, abgesetzten Bankungsfugen bzw. der Schieferung wurden die Spannungsmessungen im Niveau der Turbinenleitung und im Niveau der Pumpenzuleitung wiederholt. Auch hier konnten höhere Spannungen nachgewiesen werden, ohne jedoch

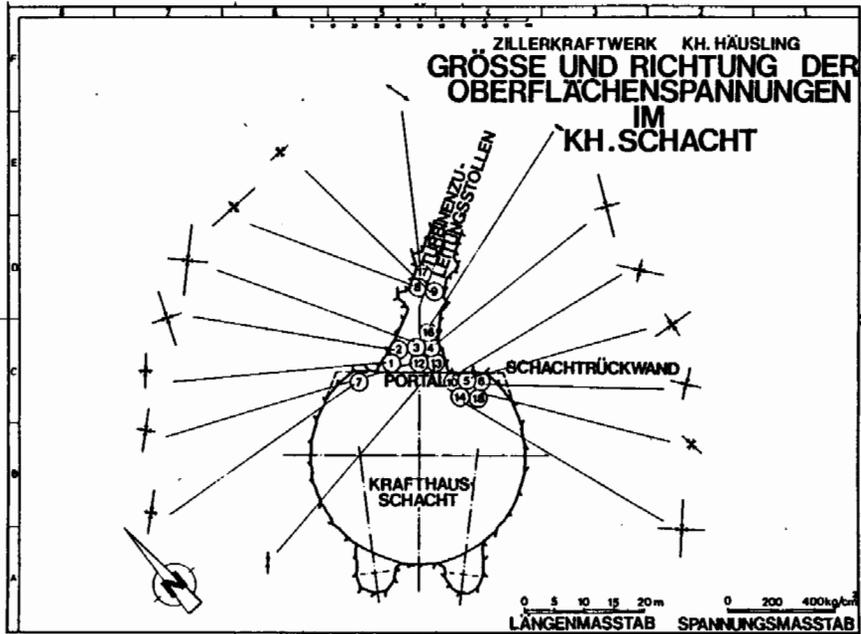


Abbildung 4

sichtbare Veränderungen an dem dort anstehenden Schönachgneis zu bemerken. Mit der Überbohrmethode wurden Spannungen zwischen $7,7$ und $10,9 \text{ N/mm}^2$ ermittelt.

Dieser mittels Seilanker gesicherte Felskeil wurde während der Aushubarbeiten in der talwärts fallenden Kluft in beiden Zuleitungsstollen sowie an der Krafthausrückwand mittels Extensometer, messend überwacht.

4. Schlußfolgerungen

Die in den Abb. 1 und 4 dargestellten Hauptnormalspannungen schwanken sowohl in ihrer Orientierung als auch in ihrer Größe. Während die auf Abb. 1 dargestellten Meßprofile 1–4 in das von K. LIEGLER nachgewiesene regionale Schema der Orientierung der größten Hauptnormalspannungen in NNE–SSW Ausrichtung als Indiz der aktiven tektonischen Einspannung gedeutet werden kann, trifft das bei den anderen Meßstellen nicht zu. Bei genauer Betrachtung und unter Berücksichtigung der verschiedenen Meßzeitpunkte und der verschiedenen topographischen Lage der einzelnen Meßstellen, sowie der Art des Vortriebes des geschaffenen Hohlraumes erscheint das als durchaus glaubwürdig.

- Meßstellen die relativ weit von der Oberfläche und von der Übertiefung des Tales entfernt sind im mechanischen Ausbruchquerschnitt liegen und kurz nach dem Ausbruch gemessen wurden, zeigen noch die regionale Spannungsorientierung und -größe (Abb. 1, Meßstelle 1–4, Stat. 290,3; Stat. 289,5; Stat. 295,5 und Stat. 294,6 m).

- Meßstellen die ebenfalls relativ weit von der Oberfläche und von der Übertiefung des Tales entfernt sind, an denen jedoch zu einem viel späteren Zeitpunkt in bezug auf den maschinellen Stollenvortrieb gemessen wurden, zeigen schon den Einfluß des geschaffenen Hohlraumes. Es ist ein Abklingen der Größe der Spannungen zu beobachten, ebenso ist die Orientierung der Hauptnormalspannung in Abhängigkeit zum Hohlraum ersichtlich (Abb. 1, Meßstelle 1–2; Station 451 m und Meßstelle 38–39).
- Meßstellen, die im Einflußbereich der unteren Abschnitte der steilen Talflanken liegen und unmittelbar nach dem konventionellen Ausbruch gemessen wurden, zeigen schon die Orientierung in Abhängigkeit zum geschaffenen Hohlraum, die gemessene Größe der Hauptnormalspannung ist jedoch annähernd gleich der ermittelten regionalen Spannungswerte (Abb. 4, Meßstelle 1, 3, 4).
- Meßstellen, die im Einflußbereich der unteren Abschnitte der steilen Talflanken liegen und lange nach dem konventionellen Ausbruch gemessen wurden, zeigen ebenfalls eine Orientierung nach dem geschaffenen Hohlraum, ein deutlicher Spannungsabbau (Umlagerung) ist zu registrieren (Abb. 4; Meßstelle 13, 16, 17, 18 . . .)

Die zum Zwecke der Abschätzung der Dimensionierung der Stollenauskleidung und der Injektionsdrucke gemachten Oberflächenspannungsmessungen zeigen, daß die Höhe und Richtung der im Gebirge angetroffenen Spannungen sowohl von dem regionalgeologischen Bauplan als auch von der örtlichen topographischen Lage der Meßstelle, dem Zeitpunkt der Messung und der Art des Stollenausbruches wesentlich abhängig sind, und daher bei der Auswertung berücksichtigt werden müssen.

Literatur

LIEGLER, K.: Siehe LIEGLER, in diesem Band
Diverse Aktenvermerke der Tauernkraftwerke AG von Dipl.-Ing. OBERLEITNER,
Dipl.-Ing. WALLISCH und H. HALBMAYER

Manuskript eingelangt am 21. Juli 1986
angenommen am 23. Juli 1986

