

Geologischer Aufbau und Wasserwegigkeit einer Kar-Schwelle in der Sonnblickgruppe (Kärnten)

DIE MASSNAHMEN DER UNTERGRUNDDICHTUNG FÜR DEN GROSS-SEE-DAMM (KW-ZIRKNITZ)

Von Heinz LITSCHER

(Mit 5 Abbildungen im Text)

Einleitung und geologische Übersicht:

Bereits in den Jahren 1949 bis 1959 hat EXNER geologische Kartierungen im mittleren Abschnitt der Hohen Tauern durchgeführt, deren Ergebnisse in der 1964 erschienenen „Geologischen Karte der Sonnblickgruppe“ (mit Erläuterungen) veröffentlicht wurden. In dieser Arbeit werden die geologischen Großformationen mit ihren tektonischen Eigenheiten eingehendst erläutert.

Der Kern der Sonnblickmasse, der im Norden durch die Kalk-Phyllit-Einheiten der Mallnitzer Mulde und im Süden durch die Gesteine der Schieferhülle und der Matreier Schuppenzone sowie den Altkristallin des Kreuzeckzuges begrenzt wird, erstreckt sich in NW—SE-Richtung vom Gipfel des Sonnblicks bis südlich des Danielsberges bei Kolbnitz. Seine Länge beträgt etwa 40 km. Diese geologische Einheit wird durch Störungsbahnen sowohl in ihren Randbereichen als auch im zentralen Teil in drei Geländestufen gliedert (KIESSLING 1969). Den Geländestufen in 2600 bis 2200 m folgen tiefere Verebnungen in 1900 bis 1700 m. Die tiefstliegende Flur liegt bei 1200 m und bildet zugleich das Netz der Entwässerung aus diesem Gebiet.

Die verschiedenartigen Gesteine in Verbindung mit ihrer tektonischen Zerlegung und Umformung ermöglichen eine Gliederung des Sonnblickkernes in petrographischer und tektonischer Hinsicht (FRASL 1958 b, EXNER 1964 a). Schon vor diesen Autoren hat HOLZER (1958) auf Grund von fotogeologischen Bearbeitungen des erwähnten Bereiches wertvolle Unterlagen für nachfolgende Untersuchungen im Gelände geliefert.

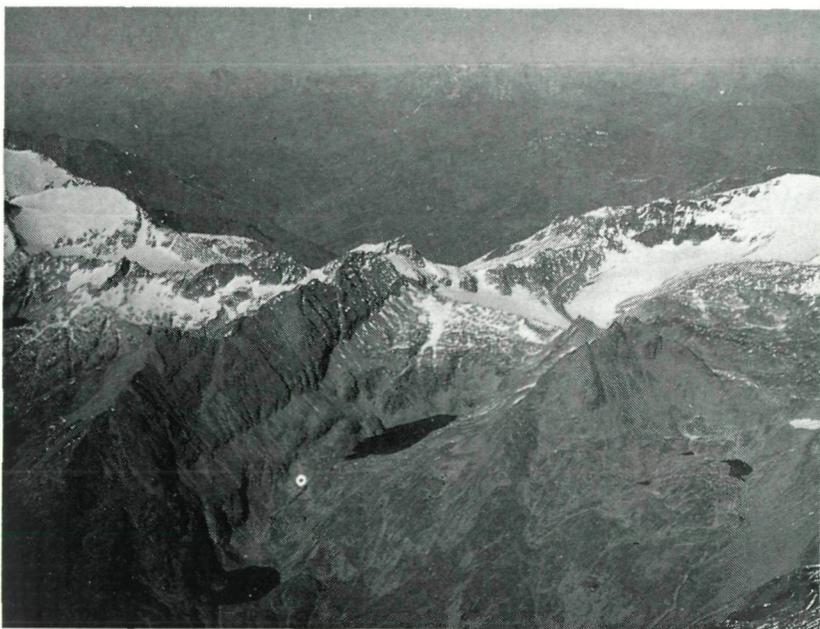


Abb. 1: Großsee. Links im Hintergrund der Sonnblick (3105 m). Rechts das Schareck (3122 m) mit dem oberen Teil des Wurtenkeeses.

In den Jahren 1969 bis 1971 begann die Kärntner Elektrizitäts-AG. (KELAG) mit geologischen Erkundungen im Großsee-Gebiet, das im Talschluß der Großen Zirknitz liegt (Abb. 1).

Bei diesen Untersuchungen wurden vor allem die Kar-Schwelle des Großsees und der zwischen dem Großsee und der Hochwurten liegende Gebirgszug (Weißseekopf 2910 m) im Detail kartiert. Diese geologischen Aufnahmen hatten den Zweck, die Beschaffenheit des südwestlichen Ufers des Sees an der Oberfläche und im Untergrund sowie die Umrahmung des Sees und die tektonischen Strukturen im trennenden Gebirgsrücken (Weißsee—Großsee) zu klären. Nach diesen geologischen Aufnahmen und der Auswertung der Daten sollte dann bei positiven Aspekten ein Aufstau des Großsees (2373 m auf 2405 m) bzw. die Anlage eines Verbindungsstollens (Kote 2356 m) Großsee—Hochwurten geplant und ausgeführt werden.

Im Anschluß an die Oberflächenkartierungen, die günstige Gebirgsverhältnisse ergeben haben, hat die KELAG nach einem den bereits bekannten Strukturen angepaßten Bohrschema das südwestliche Ufer (Kar-Schwelle) bis zu einer maximalen Tiefe von 52,5 m durch 15 Kernbohrungen aufgeschlossen (Abb. 2).

Auswertung der aus Rotationsbohrungen gewonnenen Gesteinsaufschlüsse:

Die vorher erwähnten 15 Kernbohrungen bildeten die Unterlagen für die Erstellung eines geologischen Schnittes in W—E-Richtung durch die voraussichtliche Dammaufstandsfläche (Abb. 3). Gleichlaufend mit den Rotationsbohrungen erfolgte auch eine Untersuchung der Wasserdurchlässigkeit der Kar-Schwelle. Durch Wasserabpressungen in 5-m-Passen im Bohrloch, mitlaufend mit dem Vortrieb, konnte die Wasseraufnahmefähigkeit des Gebirges in Lugeonwerten ermittelt werden*.



Abb. 2: Rotationsbohrung in der tiefsten Einkerbung der Großsee-Schwelle.

* Der für die Lugeonwerte benötigte Anpreßdruck von 10 atü setzt sich, wenn kein Bergwasserspiegel vorhanden ist, aus dem hydrostatischen Druck der Wassersäule im Bohrloch und dem mechanisch erzielten Restdruck zusammen. Bei vorhandenem Bergwasserspiegel wird nur die Differenz Bergwasserspiegel—Felsoberkante zum mechanischen Druck dazugezählt. Diese Angaben zur Errechnung der Lugeonwerte dienen im gegebenen Fall zur Erläuterung, da aus der einschlägigen Literatur keine Definition zu entnehmen ist.

Der geologische Schnitt durch die Sperrnachse (Abb. 3):

Der durch die Bohraufschlüsse gewonnene Einblick in den Aufbau der Seeschwelle ermöglichte die Beurteilung ihrer geologischen Beschaffenheit.

Neben den schon aus der Oberflächenkartierung bekannten tektonischen Hauptstrukturen konnte auch der Gesteinsaufbau untersucht werden. Bei gleichbleibendem Einfallen der s-Flächen um 10° bis 20° nach SW liegen Gneispartien in Wechsellagerung mit aplitischen Graniten. Die geologisch tiefste Einheit, ein mächtiges Gneispaket (durch die Bohrung G 11 bis G 15 erschlossen), liegt in der orographisch rechten Sperrflanke. Darüber befindet sich eine Feinkorn-Granitlage mit aplitischen Gängen, die durch die Bohrungen G 6, G 7, G 8 und G 9 abgegrenzt werden konnte. In der orographisch linken Talflanke steht wieder Gneis an. Er wird von EXNER (1964) als Kalifeldspat-Augengneis beschrieben, der den Hauptkomplex des Sonnblickkernes aufbaut. Amphibolite und dunkle basische Lagen und Gänge, EXNER (1964) bezeichnet sie als Gangfloitite, konnten in den Bohrungen wiederholt angetroffen werden. Die Verwitterung des Gesteins folgt hauptsächlich offenen s-parallelen Klüften bis zu einer Tiefe von 10 m ab Geländeoberkante.

Durch die orographisch rechte Sperrnflanke schneiden mit Mylonit gefüllte Bruchlinien (N 40 E/80 SE) einer auch regional-geologisch über die Zirknitzscharte bis zum Kamm Alteck (2942 m), Schareck (3122 m) verfolgbarer Verwerfungslinie. Die oft über 1 m starken Mylonit-Streifen sind durch die Bohrungen G 11, G 12 und G 13 belegt. Zerrüttungszonen mit Begleitklüften sind auch in den Bohrungen G 14 und G 15 aufgetreten. In diesen Störungsbereichen konnte in Bohrung G 14 noch in 43 m Tiefe stark verwittertes Gestein angetroffen werden. Eine weitere Störungsbahn zieht s-parallel vom Kamm der Rojacher-Spitze (2988 m) über die Kar-Schwelle des Großsees hinauf zum Weißseekopf (2910 m) und von dort weiter bis zur Einkerbung des mit Kies gefüllten Weißseebeckens. An dieser Linie dürfte es zu Abschiebungen des Gesteinsverbandes gekommen sein. Als Ursache ist die tiefergreifende Erosion in den Talabschnitten anzunehmen (LITSCHER 1974).

Die Überlagerungsdecke, orographisch rechts, setzt sich aus grobem Blockwerk zusammen, das von Bergstürzen aus den Flanken des Eckberges (2686 m)—Zirknitz-Spitz (2935 m)-Zuges stammt. Ihre größte Mächtigkeit mit etwa 4 m wurde im Bohrloch G 15 erschlossen.

Abb. 3: Geologischer Schnitt durch die Großsee-Schwelle (1971).

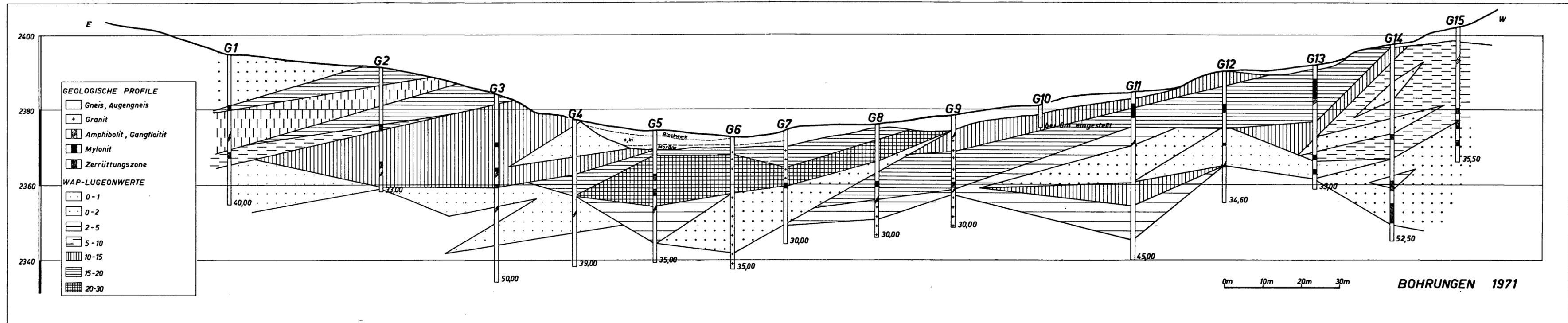


Abb. 3

Im mittleren Sperrenabschnitt, im Bereich der Bohrungen G 4, G 5, G 6, G 7 und G 8, erreicht die Überlagerungsdecke fast 5 m (G 5). In den Bohrungen G 5, G 6 und G 7 ruht unmittelbar über dem anstehenden Fels eine hellgraue dichte Grundmoräne auf. Diese überlagern Mittelsande, Kiese und Grobkies, in welchen Blöcke bis zu einem Meter Kantenlänge eingestreut sind. Aus dieser Zone haben die aus den Flanken eingezogenen Regen- und Schmelzwässer die feineren Kornfraktionen wahrscheinlich wegtransportiert. Das überlagernde Blockwerk ist meist kantengerundet.

Die orographisch linke Flanke besteht vorwiegend aus anstehendem Fels. Nur in kleinen, von Gletschern ausgeschürften Rinnen liegt Blockwerk oder Moräne.

Auswertung der Wasserabpreßversuche in den Bohrlöchern:

Die orographisch rechte Flanke, die — wie bereits erwähnt — durch das Durchreißen zweier Störungssysteme stark in Mitleidenschaft gezogen ist, weist beginnend von der Felsoberkante bis in eine Tiefe von 30 m eine lagenweise Durchlässigkeit bis zu 10 Lugeon auf. In Bohrung G 13, in einer Tiefe von 5 bis 15 m, im Bereich von stark geklüftetem Fels, wird ein Maximalwert von über 15 Lugeon erreicht. Auf Grund der Lage des aufgelockerten s-Flächengefüges kann dieser Wert durchgehend bis zu den s-Flächenausbissen an der Felsoberfläche angenommen werden.

Parallel mit dem Einfallen der Schichtflächen kann eine stark wasserdurchlässige Zone über die Bohrlöcher G 12, G 11, G 9 und G 8 bis zur Sperrenmitte verfolgt werden. Auch hier dürfte sich die Durchlässigkeit entlang s-paralleler Fugen fortsetzen. Für den orographisch rechten Sperrenabschnitt kann auf Grund der Ergebnisse aus den Wasserabpreßversuchen vermutet werden, daß bei höherem Wasserstand im Seebecken eine teilweise Entwässerung durch die Seeschwelle stattgefunden hat. Zu einer ähnlichen Aussage ist auch E. H. WEISS (1969) bei der Interpretation der Ergebnisse von Aufschlußbohrungen im Felsrücken zwischen Kleinem und Großem Oscheniksee gekommen.

Die höchsten Durchlässigkeitswerte von 20 bis 30 Lugeon wurden im zentralen Bereich der Seeschwelle durch die Bohrungen G 5 und G 6 in 7 m bis 20 m Tiefe sowie nach dem s-Gefüge ansteigend in den Bohrungen G 7 und G 8 erzielt.

Der homogene, petrographische und tektonische Aufbau der orographisch linken Talflanke lieferte bei den Wasserabpreßversuchen keine Überraschungen. Durch die Bohrungen G 2 und G 3 sowie in der Bohrung G 1 wurde eine mit etwa 10° nach Osten einfallende

Zone mit 15 bis 20 Lugeon aufgeschlossen; ein weiterer, höher liegender Horizont hat seinen Ausbiß bei Bohrung G 2 und endet in Bohrung G 1 in einer Bohrtiefe von 15 m.

Geologische Aufnahmen im Triebwasserstollen (Druckstollen Großsee):

Der Stollen liegt in der orographisch linken Flanke in einer Seehöhe von 2326 m (luftseitiges Mundloch). Zu den aus den Kernbohrungen gewonnenen Aufschlüssen konnten noch durch den Ausbruch des Triebwasserstollens weitere Daten vom geologischen Aufbau der Kar-Schwelle hinzugeführt werden.

Die vom Stollen durchfahrene Gesteinsabfolge ist einförmig. Gneis, Augengneis und Granitgneis werden vereinzelt von schmalen Aplit- und Gangfloititgängen durchsetzt.

Die Gefügedaten, in einem synoptischen Diagramm (Abb. 4) aufgetragen, geben ein Bild von den Verformungsachsen, wie sie bereits von EXNER (1964) bei einer Beschreibung der Gefügeverhältnisse im Bereich der Zirknitzscharte angeführt werden. Die für den Sonnblickkern dominierende ältere Verformungsachse (B1), die von NW nach SE streicht, wird von einer zweiten Achsenrichtung (B2) überlagert. Da im Stollenaufschluß keine Achsenlagen gemessen werden konnten, wurden die B-Achsen B1 und B2 durch die auftretenden β -Konzentrationen ermittelt.

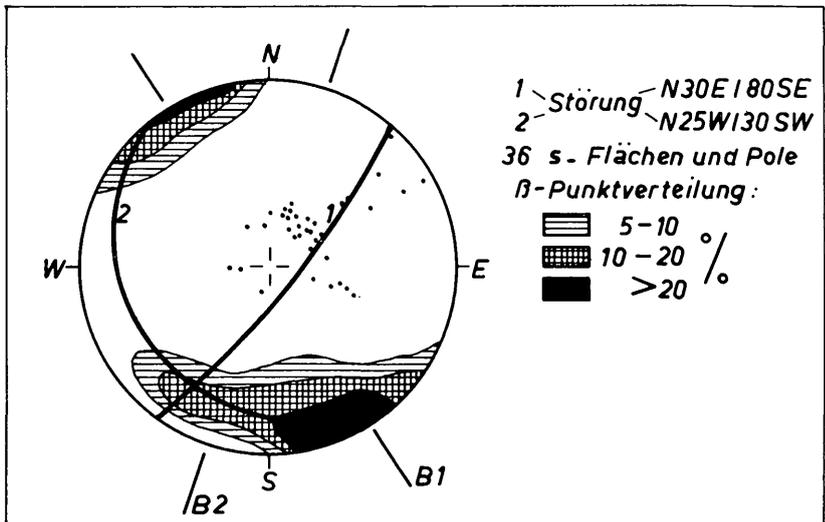


Abb. 4: Synoptisches Diagramm.

Die Störungsbahnen liegen in h01 und hkl in bezug auf B1

Das Kluffgefüge entspricht den bereits durch die Oberflächenkartierung und die Bohraufschlüsse bekannten Richtungen. Spuren von Abschiebungstendenzen nach SW sind an Harnischflächen deutlich zu erkennen. Die bereits erwähnte Annahme von der Auflösung des Gesteinsverbandes in den hoch gelegenen Anteilen (2300 m Sh) des Sonnblickkernes wird dadurch erhärtet (LITSCHER 1974).

Ergebnisse aus den Voruntersuchungen und deren Anwendung:

Die aus den Voruntersuchungen gewonnenen baugeologisch günstigen Ergebnissen bildeten die Unterlage für die Planung des Dammes und die Gestalt und Größe des Injektionsschleiers (Dichtungsschleier) im Felsuntergrund.

Im weiteren ein Bericht von der Anlage des Injektionsschleiers:

Da sich die Tiefe der Dichtungsfront jeweils nach der Höhe des darüberliegenden Sperrbauwerkes (Aufstau), im gegebenen Fall des Dammes (2373 bis 2405 m), richten muß, wurde eine Schleiertiefe von durchschnittlich 25 m festgelegt. Die Bohrungen im Abstand von 6 m sollten mehrere s-Flächenscharen bei senkrechter Bohrlochneigung durchstoßen. Den Injektionslöchern (Hammerschlagbohrungen) wurde vorausgehend im Abstand von jeweils 36 m eine Rotationsbohrung bis zu einer Tiefe von 30 m zugeordnet. Wasserabpreßversuche in 5-m-Passen sollten das aus der Voruntersuchung gewonnene Bild vom Durchtrennungsgrad des Felsuntergrundes genauer erfassen.

Die Felsinjektion erfolgte in Passen von je 5 m von unten nach oben, wobei der maximale Injektionsdruck mit 25 atü in der 20-m- bis 25-m-Passe begrenzt wurde (siehe dazu CAMBEFORT 1969). Ebenso wurde die Injektionsmenge mit einer Tonne Zement/lfm festgelegt. Offen blieb jedoch immer die mögliche Verdichtung des Injektionsschleiers in Zonen höherer Zementaufnahme. Diese Maßnahmen mußten deshalb getroffen werden, da ein zu hoher Druck oder eine zu lang anhaltende Injektion entweder das Aufbrechen des teilweise geschlossenen Gefügeverbandes oder aber das Abheben von Schichtstößen verursacht hätte (CAMBEFORT 1969).

Die Ausführung des Injektionsschleiers:

Im Frühjahr des Jahres 1973 begann die KELAG mit den Injektionsarbeiten am tiefsten Punkt der Sperre. Der Arbeitsbeginn stand in Abhängigkeit zu den Betonierungsarbeiten der Herdmauer, dem Anschlußbauwerk zwischen Damm und Felsuntergrund. Die Bohrgeräte mußten zum Teil wegen des steilen Geländes auf der

Herdmauer verankert werden. Dazu ist noch zu bemerken, daß die Aufstandsfläche der Herdmauer, die durchwegs auf Fels gegründet ist, generell geologisch aufgenommen wurde. Die Gefügedaten aus diesen Aufnahmen entsprechen den bereits bei der Oberflächenkartierung erarbeiteten Werten. Eine zusätzliche Erweiterung der Aufnahmedaten konnte durch die Kluftziffer (Klüfte/lfm) erzielt werden. Diese auch bei den geologischen Aufnahmen des Triebwasserstollens ermittelte Ziffer diente als Hinweis für eine sofort an Ort und Stelle festzulegende Erweiterung des Injektionsschleiers. Pro Laufmeter legte die Bauleitung eine Anzahl von 7 deutlich ausscheidbaren Klüften als unterste Grenze für die Verdichtung der Injektionsreihe fest.

Die Injektionsbohrungen (Abb. 5):

Von PR 0 bis P 8 konnte nur eine geringe Zementmenge eingepreßt werden. Im Abschnitt zwischen P 9 und PR 2 — dies ist ein Abschnitt in der Seeschwelle, wo schon aus der Voruntersuchung hohe Lugeonwerte vorlagen — stieg die Zementaufnahme bis auf ein Maximum von 780 kg/lfm in einer Bohrlochtiefe von 15 m. Nach erfolgter Injektion im vorgeschriebenen Rahmen wurden die Kontrollbohrungen KPR 2 und KPR 3 abgeteuft. Wasserabpreßversuche bestätigten trotz begrenzter Einpreßmengen die bereits eingetretene Dichtung dieses Schleierabschnittes. P 13 hatte in einer Tiefe von 5 bis 10 m eine Zementaufnahme von 820 kg/lfm. Diese hohe Aufnahme weist auf das Ansteigen der durchlässigen Zone, beginnend bei P 9, zur orographisch rechten Flanke hin; in PR 3 ist diese Zone in einer Bohrlochtiefe von 5 bis 10 m anzutreffen. Die Zementaufnahme liegt hier bei 800 kg/lfm. Das Bohrloch PR 3 hat auch eine zweite, tieferliegende Zone mit erhöhter Durchlässigkeit aufgeschlossen. Sie streicht s-parallel bis zum Bohrloch PR 9. Im Abschnitt zwischen P 51 und PR 9 schneidet die bereits erwähnte Störungsbahn Großsee—Zirknitzscharte die Sperrenstelle. Der hohe Durchtrennungsgrad des Gebirges wurde durch hohe Aufnahme von Injektionsgut bestätigt. In Bohrung PR 9 kommt dies deutlich zum Ausdruck. Die Zementaufnahme im anschließenden Fächer (P 56 bis P 59 und P 1 II bis P 5 II) richtet sich nach dem Flächengefüge.

In der orographisch linken Sperrenflanke entsprechen die durch die Wasserabpreßversuche erzielten Lugeonwerte nicht immer der Injektionsgutaufnahmefähigkeit. In der Bohrung PR 5 in der Passe von 5 bis 10 m, wo ein Wert von 15,1 Lugeon aus den Voruntersuchungen vorlag, konnten nur 120 kg Zement/lfm eingepreßt werden. Hier dürfte es sich vermutlich um ein nach oben offenes, räumlich isoliertes Kluftsystem handeln. In den Bohrungen P 40 und P 42

Abb. 5: Injektionsschleier im Felsuntergrund des Großseedammes (1973—74).

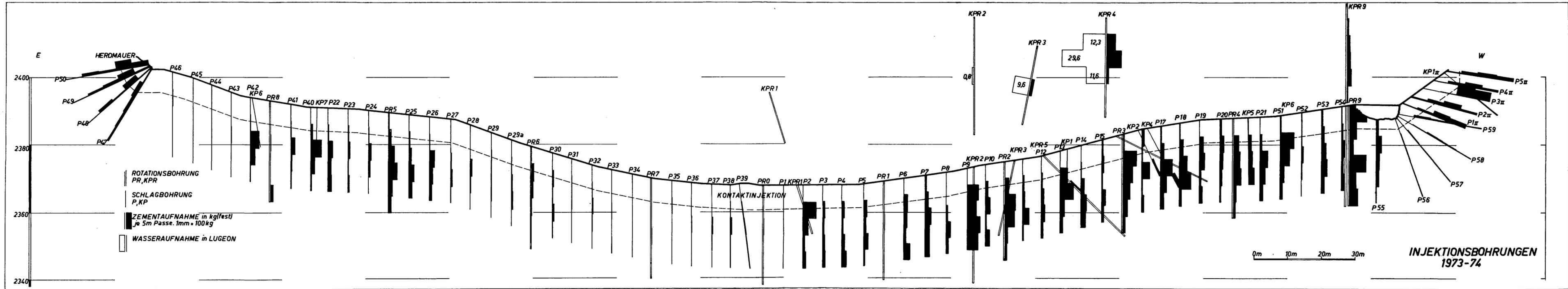


Abb. 5

beträgt die Einpreßmenge in einer Tiefe von 10 bis 15 m 640 kg bzw. 530 kg Zement/lfm. Auch hier kommen die Ergebnisse der Wasserabpreßversuche in der dazwischenliegenden Rotationsbohrung PR 8 nicht zur Geltung. Der Fächer, bestehend aus den Bohrungen P 47 bis P 50, weist ebenso wie der Fächer auf der orographisch rechten Seite nur eine geringe Zementaufnahme auf.

ZUSAMMENFASSUNG

Durch die Aufzeichnung der zeitlichen Abfolge der Aufschließungs- und Injektionsarbeiten sollte in dieser Arbeit aufgezeigt werden, wie wichtig die Anwendung aller gewonnenen Detailergebnisse aus den vorangegangenen geologischen Untersuchungen beim Einbringen eines Felsinjektionsschleiers sind. Die bekannte Tatsache beim Injizieren von Alluvionen, daß die durch Wasserabpreßversuche erzielten Kennwerte nicht immer mit den Injektionsgutaufnahmen übereinstimmen, bestätigte sich auch bei der Felsinjektion am Großsee. Nur in kleineren, überschaubaren Bereichen, deren geologische Daten in allen Einzelheiten erfaßt wurden, konnte eine annähernde Verbindung zwischen den Ergebnissen aus den Voruntersuchungen und der Ausführung hergestellt werden.

Die Funktionstüchtigkeit der Injektionsfront unterhalb des Großseedammes wurde während der Bauphase und vor dem ersten Aufstau durch 12 Kontrollbohrungen mit Wasserabpreßversuchen überprüft. Die Lugeonwerte blieben in allen Bohrungen unter dem behördlich geforderten Wert von 1 Lugeon.

Zusätzlich zu dieser Kontrolle hat die KELAG luftseitig des Dammes im tiefsten Taleinschnitt zwei weitere 20 m tiefe Bohrungen zur Beobachtung des Bergwasserspiegels ausführen lassen. Die Bohrungen reichten etwa 5 m unter die Injektionsschleier-Unterkante. Der erste Einstau im Sommer 1974 zeigte kein Ansteigen des Normalwasserstandes in diesen Pegelbohrungen; es ist daher anzunehmen, daß der Injektionsschleier seine Aufgabe voll erfüllt.

LITERATUR

- CAMBEFORT, H. (1969): Bodeninjektionstechnik. — Deutsche Bearbeitung: K. BACK, Bauverlag GmbH., Wiesbaden, Berlin.
- EXNER, Ch. (1964): Erläuterungen zur geologischen Karte der Sonnblickgruppe, 1:50.000. Die Matreier Zone in der Sadnig-Gruppe von S. PREY. — Geol. B. A., Wien.
- (1964 a): Sonnblickgruppe (östl. Hohe Tauern). Petrographie und Tektonik im Tauernfenster. — Mitt. Geol. Ges., Wien, 57.
- FRASL, G. (1958 b): Zur Seriengliederung der Schieferhülle in den mittleren Hohen Tauern. — Jahrb. Geol. B. A., Wien, 101.

- HOLZER, H. (1958): Photogeologische Karte eines Teiles der Goldberggruppe (Hohe Tauern). Geologische Luftbildinterpretation I und II. — Jahrb. Geol. B. A., Wien, 101.
- KISSLING, H. (1969): Die Kraftwerksgruppe Fragant. Planung und Ausführung der Kraftwerksgruppe Fragant. — Österr. Zeitschrift für Elektrizitätswerke (ÖZE). — H. 10, 22:449—461.
- LITSCHER, H. (1974): Ein geologisches Profil durch die Südwestabdachung des Sonnblickkernes. — Carinthia II, 164:161—173.
- WEISS, E. H. (1969): Die Kraftwerksgruppe Fragant. Geologische Übersicht. — Österr. Zeitschrift für Elektrizitätswerke (ÖZE). H. 10, 22:464—472.

Anschrift des Verfassers: Dr. Heinz LITSCHER, Kärntner Elektrizitäts-AG., Arnulfplatz 2, A-9020 Klagenfurt.