Zeitschrift: Schweizer Ingenieur und Architekt
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 105 (1987)
Heft: 30-31: Die Neubauten auf dem Jungfraujoch: 75 Jahre Jungfraubahn

Artikel: Geologie, Felseigenschaften, Permafrost
Autor: Keusen, Hans-Rudolf / Amiguet, Jean-Louis
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-76663

Nutzungsbedingungen
Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation
L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use
The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 09.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Glastisch, entwickelt mit Robert Niederer

besonders wichtig, eine Ambiance zu schaffen, in der sich sowohl 100 wie auch 1000 Personen wohlfühlen.

Aufgrund dieser Vorgaben setzten wir die Massstäblichkeit wie auch die Grosszügigkeit des äusseren Bauvolumens im Innern fort und verfeinerten diese.

Die Grundriss- und Schnittgestaltung mit niedrigen und weiten, hohen und aufsteigenden Räumen bieten eine grosse räumliche Vielfalt. Offene Galerien und transparente Abschlüsse ermöglichen reiche Durchblicke und das Durchdringen der verschiedenen Räume. Dieser Wechsel und erlebbare Rhythmus ist besonders spürbar auf dem inneren Weg durch das Gebäude.

Materialien

Im Gegensatz zur bewegten räumlichen Gestaltung verwendeten wir die Materialien sparsam:

- Verkleidungen in Cresciano-Granit, Keramikplatten, gedämpfte Buche und Massivholzparkett, Gipsglattstrich und speziell entworfene Teppichböden.
- Ausbauelemente in einbrennlackiertem Metall, Holz und Glas.

Die Farbgebung ist gleich der blendenden Schneelandschaft überwiegend in Weiss gehalten, einige wenige Elemente als Kontrast in Rot und Blau. Die Gestaltung der Orientierungs- und Informationstafeln ist in das farbliche Konzept integriert. Ebenso zurückhaltend wie auch eigenständig in Form und Farbgebung wurde die Möblierung gewählt.

Als dekorative Elemente wurden in Zusammenarbeit mit *Roberto Niederer*, Glasi Hergiswil, spezielle Tische für das Restaurant «Top of Europe» und Beleuchtungskörper entwickelt.

Die Realisierung dieser anspruchsvollen Bauaufgabe vom Projekt über unzählige Studien, Modelle und Konzepte bis zur endgültigen Ausführungszeichnung und zur Begleitung auf der 3500 m hoch gelegenen Baustelle war dem ganzen Planungsteam eine echte, sechs Jahre dauernde Herausforderung, die dank der stets positiven Einstellung des ganzen Büros bewältigt werden konnte.

Adresse des Verfassers: *Urs Gysin*, Architekt HTL, Architekturbüro Ernst E. Anderegg, Hauptstrasse, 3860 Meiringen.

Geologie, Felseigenschaften, Permafrost

Von Hans-Rudolf Keusen und Jean-Louis Amiguet, Zollikofen

Die Eingriffe in die Permafrostzone des Felsens und umfangreiche Verankerungsarbeiten erforderten eine besonders aufmerksame Überwachung aller Deformationen

Geologische Verhältnisse

Gesteine

Der geologische Aufbau des Jungfraujochs ist einfach. Es können folgende drei Gesteinsarten beobachtet werden:

- «Jungfraugranit» (Chlorit - Serizit - Gneise),
- Hochgebirgskalk (Kalke des Jura),
- Gasterngranit (massige Granite).

Die Kalke liegen zwischen dem nach alter Schule als autochthon angesehenen Gasterngranit und dem parautochthonen, überschobenen Jungfraugranit der Morcles-Doldenhorn-Decke.

Felseigenschaften

Die Schieferung bzw. Schichtung der Gesteine fällt flach unter 10 bis 15° Neigung gegen Süden ein. Abgesehen von diesen dominanten Diskontinuitätsflächen ist der Fels stellenweise stark zerklüftet. Ein ausgeprägtes Kluftsystem streicht Nord-Süd und steht praktisch senkrecht. Im Kalkkomplex sind die Klüfte oft durch Verkarstung aufgeweitet.

Beim Stollenbau in den Kalken über der Bahnhofhalle wurde ein weitverzweigtes Karsthöhlensystem (Länge über 100 m, Hohlraum grösser als 400 m³) angetroffen. Das Alter der Entstehung dieser Verkarstung ist unbekannt; Pollenuntersuchungen lieferten keine eindeutigen Hinweise.

Felstemperaturen

Im ungestörten Zustande liegt der gesamte Felsgrat des Jungfraujochs (Bild 1) mit Ausnahme einer oberflächennahen Zone an den Südflanken im Permafrost (dauernd unter 0 °C).

Die erstellten Bauten, vor allem die Bahnhofhalle, führten zu einer langsamen Erwärmung des Gebirges. Heute liegen die Felstemperaturen in unmittelbarer Nähe der Bahnhofhalle und südlich davon während des ganzen Jahres leicht über der Frostgrenze. Sie nehmen gegen Norden sukzessive bis auf −8 °C ab. Die mittleren Lufttemperaturen auf dem Jungfraujoch (1938–1960) schwanken zwischen einem Jahresminimum von −15 °C und einem Jahresmaximum von −3 °C.

Bergwasser

Bergwasser tritt im Permafrostbereich als Eis in Klüften und Poren des Gebirges auf. Ausserhalb des Permafrostes, d. h. um die Bahnhofhalle und an der Südflanke, sind die Klüfte offen und führen besonders während Zeiten hoher Aussentemperaturen im Sommer und bei starker Einstrahlung sehr viel Wasser.

Spezielle bauliche Massnahmen

Diese geologischen Verhältnisse bedingten eine Reihe vorbeugender baulicher Massnahmen.

Steinschlagschutz

Die südexponierte Felswand über dem Berghaus ist starker Verwitterung ausgesetzt. Die Folge ist häufiger Steinschlag, der schon am alten Berghaus immer wieder Schäden anrichtete.

Für die grosse, wesentlich exponiertere Dachfläche des neuen Berghauses musste ein Schutz gegen Steinschlag geschaf-

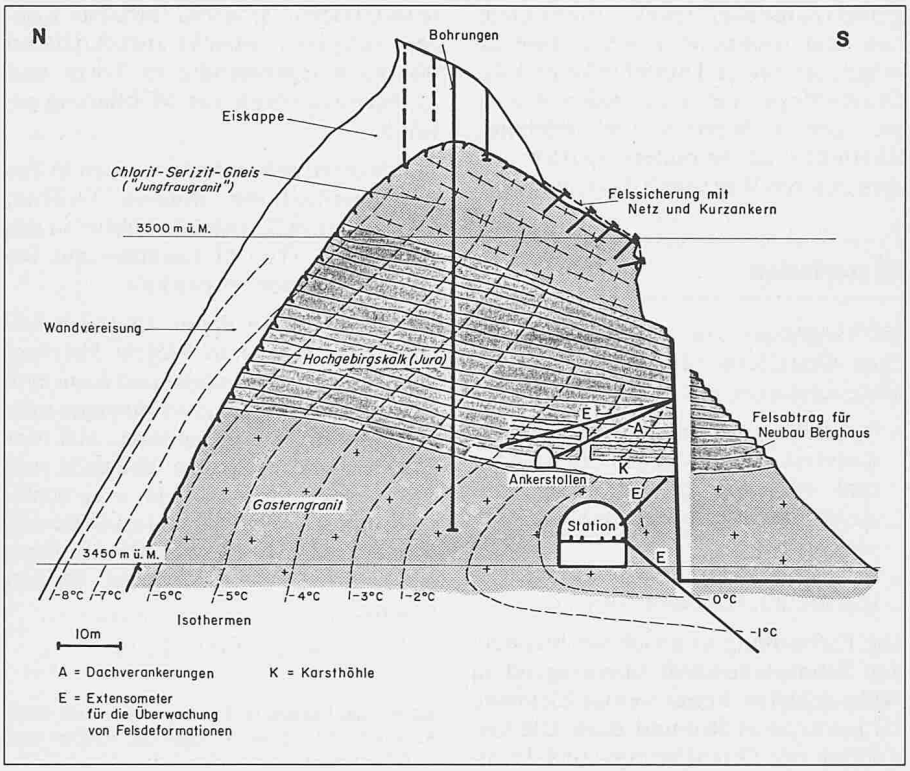

Bild 1. Schnitt durch den geologischen Aufbau des Jungfraujochs mit Felstemperaturen

Tabelle 1. Felsmechanische Eigenschaften der Gesteine

Gesteinsart	*Dichte* [t/m³]	*Wärme-Ausdehnungskoeffizient/* 1 °C	*Druckfestigkeit* [MPa]	*Reibungswinkel* [°]
Hochgebirgskalk	2,72	$13{,}2 \cdot 10^{-6}$	130–220	38
Gasterngranit	2,78	$9{,}5 \cdot 10^{-6}$	65–80	38

fen werden. Die ergriffenen Schutzmassnahmen umfassen:

□ Abdeckung der besonders anfälligen Felspartien (rund 4000 m²) mit Drahtseilnetzen, Maschenweite 200 mm, und Diagonalgeflecht, Maschenweite 50 mm, sowie eine systematische Verankerung;

□ massive Betonschürze im Bereich des Dachanschlusses an den Fels.

Felsmechanische Überwachung

Zielsetzung

Der Bau des neuen Berghauses bedingte grössere Eingriffe in das Gebirge, die sich auf die Sicherheit der bestehenden Anlagen und des Touristenverkehrs hätten auswirken können.

Zu den wichtigsten Eingriffen gehörte der grosse Felsanschnitt für den Neubau des Berghauses, der seitlich bis etwa 2,5 m an die bestehende unterirdische Bahnhofhalle ausgehoben wurde, die Verlängerung dieser Bahnhofhalle sowie die Einleitung grosser Kräfte ins Gebirge über 23 vorgespannte Felsanker zur Befestigung der Dachkonstruktion.

Die felsmechanischen Messungen hatten zum Ziel, die durch Spannungsumlagerungen im Gebirge hervorgerufenen Deformationen zu überwachen, um im Falle aussergewöhnlicher Ereignisse rechtzeitig die notwendigen Baumassnahmen anordnen zu können.

Speziell berücksichtigt wurden das im Kämpferbereich abgestützte und wahrscheinlich mit Lockergestein hinterfüllte Bahnhofgewölbe sowie der Felsbereich zwischen Baugrube und Bahnhofhalle.

Anordnung der Messinstallationen

Die Verschiebung der Felswände in der Bahnhofhalle wurde mit insgesamt neun Konvergenz-Messstrecken überwacht. Weitere Strecken wurden vorwiegend im Stollen angeordnet, der für die rückseitige Verankerung der Dachkonstruktion dient.

Im Gebirgsbereich zwischen Baugrube und Bahnhofhalle wurden vier Ein- bis Dreifach-Extensometer versetzt. Ein fünftes Extensometer wurde parallel zu den Gebirgsankern eingerichtet. Temperaturfühler, die in den Bohrungen installiert wurden, hatten die Aufgabe, die temperaturbedingten Deformationen des Gebirges und der Extensometerstangen zu erfassen.

Von den 23 Gebirgsankern wurden sechs mit elektrischen Messdosen bestückt. Neben der Kontrolle der Funktionstüchtigkeit der Anker hatten sie die Aufgabe, die Ankerkräfte in Zusammenhang mit allfälligen Gebirgsdeformationen zu interpretieren.

Erschütterungsmessungen

Während des Felsaushubes wurden an kritischen Stellen der Bahnhofhalle die Erschütterungen gemessen.

Messresultate und Folgerungen

Die seit Sommer 1983 während dreier Jahre durchgeführten Konvergenz- und Extensometermessungen zeigten für die zwischen 5 und 30 m langen Messstrecken Deformationen bis max. 2 mm.

Aussergewöhnliche Massnahmen für die Gewährleistung der Sicherheit im Bahnhofareal mussten aufgrund der Messresultate keine vorgenommen werden.

Adresse der Verfasser: Dr. *H. R. Keusen* und *J.-L. Amiguet*, Geotest AG, 3052 Zollikofen.