

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

Artikel: Ingenieurprobleme vor und während des Baus: Grundlagenbeschaffung für die Projektierung
Autor: Graber, Urs
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-76664>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. 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. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

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. [Voir Informations légales.](#)

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. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 14.05.2025

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

Ingenieurprobleme vor und während des Baus

Grundlagenbeschaffung für die Projektierung

Von Urs Graber, Bern

Unabdingbare Voraussetzung für die technische Realisation der Neubauten auf dem Jungfrauoch war das Beschaffen sämtlicher Grundlagen, d. h. die präzise Ermittlung der notwendigen Extrem-, Mittel- und Dauerwerte aller das Bauvorhaben beeinflussenden Faktoren. Dank Meteorologen und anderen Wissenschaftlern wurden diese Werte über längere Zeit (mehrere Jahre bis Jahrzehnte) zuverlässig erfasst und ausgewertet. Dabei galt es, die massgebenden, einflusssträchtigen Faktoren zu erkennen und auszuwählen.

Klimatologische Einwirkungen

Schnee- und Eislasten

Balzari & Schudel AG beauftragte die Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie (VAW) der ETH Zürich, in Zusammenarbeit mit dem Eidgenössischen Institut für Schnee- und Lawinenforschung Weissfluhjoch Davos, mit der Abklärung, welche Belastungen infolge Schnee- und Eisablagerungen auf das Gebäude – insbesondere das Dach des Berghauses – einwirken können.

Sorgfältiges Abwägen der Risiken sowie wirtschaftliche Überlegungen führten zum Entscheid, das Dach auf maximale Vertikallasten von 35 kN/m² und 10 kN/m² mittlere Tangentialkräfte (Schneekriechen) zu dimensionieren. Belastungen aus Lawinen vom Sphinxgrat her sind in diesen Grenzlaster bereits enthalten. Bei höheren Lastannahmen wäre die Sichtbeeinträchtigung durch eine noch schwerere Tragkonstruktion zu gross geworden.

Wissenschaftliche Untersuchungen, unterstützt durch Berechnungen mit finiten Elementen, sowie die Erkenntnisse aus einem spezifisch ausgeführten

Dachversuch auf dem Dach des Gletscherrestaurants zeigten jedoch, dass ohne bauliche Vorkehrungen diese festgelegte Grenzlast von 35 kN/m² in Extremfällen überschritten würde. Folgende flankierenden Massnahmen wurden deshalb realisiert:

- Begünstigung eines kontrollierten Abgleitens der Schneedecke auf dem Dach durch Anordnung einer Sollbruchstelle (2 m hohe Dachstufe bei der Übergangskonstruktion Dachfels) sowie einer dunkel eingefärbten Leichtmetalldachbeschichtung.
- Anordnung einer Dachrinnen- und Dachrandheizung.
- Überwachung und Messung der effektiven Schneeablagerungen auf dem Dach (siehe Sicherheits- und Überwachungskonzept).
- Die Messwerte der Dachüberwachung ermöglichen dem Betriebspersonal bei extremen Witterungsverhältnissen ein frühzeitiges Erkennen von zu grossen Schneeablagerungen auf dem Dach. Dies bietet Gewähr, rechtzeitig eine Räumungssequipe zu rekrutieren und einzusetzen.

Windlasten

In Zusammenarbeit mit der ETH Lausanne wurden die Windkräfte, die auf

das Gebäude wirken können, unter Berücksichtigung der stark strukturierten Fassade des Berghauses untersucht.

Sowohl umfangreiche statistische Daten als auch Erkenntnisse aus verschiedensten Windkanalversuchen an vergleichbar gestalteten Gebäudekörpern führten zu folgenden Lastannahmen:

- Windgeschwindigkeit $v = 250 \text{ km/h}$ (Böen)
- Raumgewicht der Luft $\gamma = 900 \text{ g/m}^3$
- Staudruck $q = 2,25 \text{ kN/m}^2$

Für die Dimensionierung von exponierten Kanten der Fassade musste ein Windbeiwert von 2,0 eingesetzt werden.

Weitere Randbedingungen

Touristenverkehr

Die Bauherrschaft verlangte, dass alle Sehenswürdigkeiten auf dem Joch – auch während der Ausführungsphase – für die Touristen zugänglich sein mussten. Diese Forderung hatte zusätzliche Sicherheitsvorkehrungen zur Folge: Entflechten des Touristen- und Baustellenverkehrs, aufwendige Absperrungen usw.

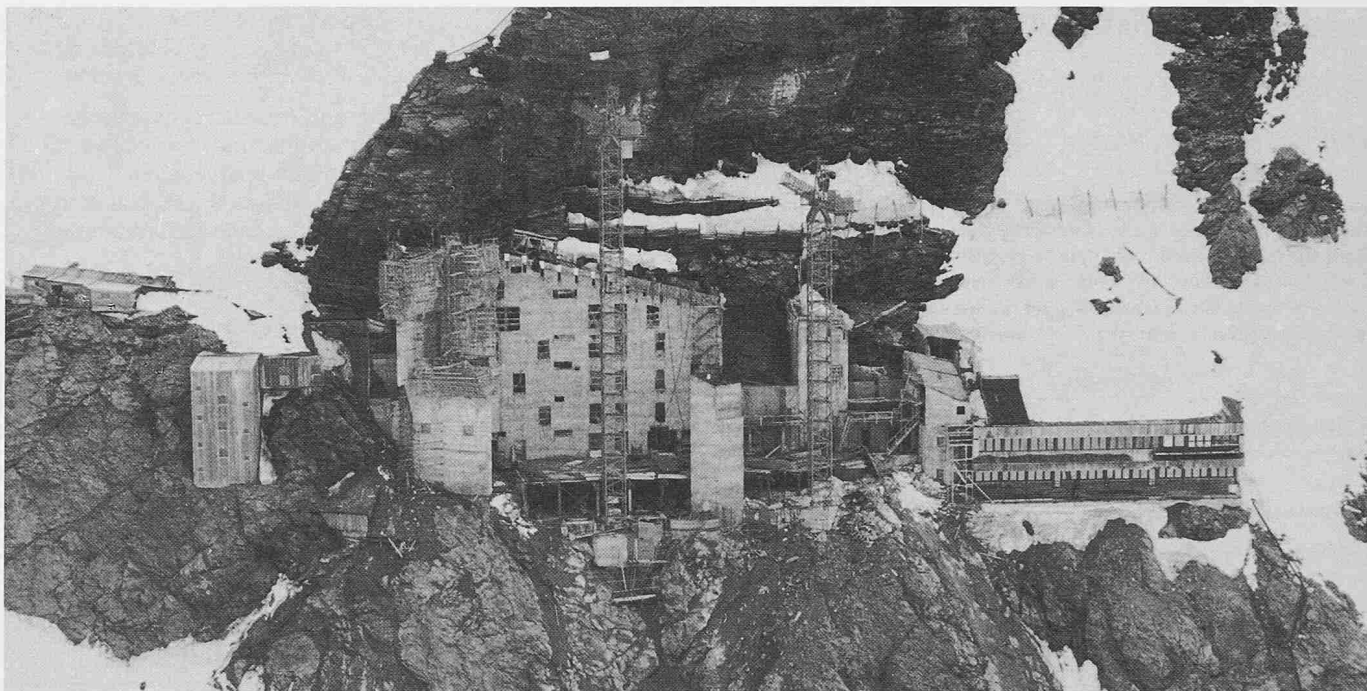
Transporte

Beschränkungen bei Abmessungen und Gewichten der zu transportierenden Materialien, lange Transportwege, zusätzlicher Umschlag auf der Kleinen Scheidegg sowie zeitlich in den Rand- und Nachtstunden auszuführende Transporte beeinträchtigten den Bauablauf und bestimmten die Wahl der Konstruktionen mit.

Bei sonst guter Witterung kam immer wieder Wind auf, der mit über 250 km/h über die Baustelle fegte und alles, was nicht hundertprozentig gesichert war, fortblies oder unter meterhohen Schneemassen begrub. Feine Eiskristalle peinigten die Gesichter der Bauarbeiter oft wie Nadeln

Rund 6000 m³ Fels mussten abgetragen werden, um Platz für das neue Berghaus zu schaffen. Auch im Sommer lagerten Schneeverwehungen über Nacht oft 5 bis 6 m Schnee ab. Fortlaufend mit dem Aushub überzogen Arbeiter unter Anleitung und Mithilfe von Bergführern die bis 28 m hohe, senkrechte Felswand mit einem verankerten, engmaschigen Diagonalgeflecht



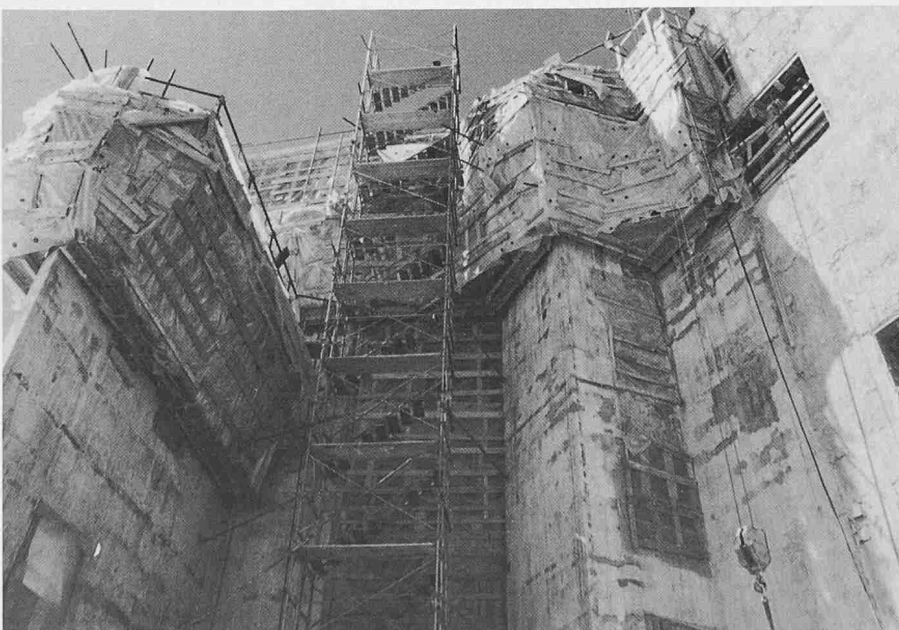


Gesamtübersicht über die Baustelle etwa 2½ Jahre nach Baubeginn. Gut sichtbar ist die wegen der Lawinengefahr nach Westen abgewinkelte Rückwand des Berghauses. Rechts das bestehende Gletscherrestaurant, ursprünglich ein Provisorium für etwa 10 Jahre, das umgebaut, in den Neubau integriert und damit zum «Providurium» wurde

Mit dem höchsten Baukran, Auslegerhöhe rund 40 m, einem «Selbstaufsteller», wurde der kleinere Baukran aufgerichtet. Um Windkräften bis 250 km/h standzuhalten, waren Kranfundamente mit etwa 110 m³ Beton erforderlich. Das Haus wurde «um die Krane» gebaut; die Demontage erfolgte spektakulär mit Hilfe eines Grosshelikopters



Die Rückwand des Berghauses ist etwa 25 m hoch und 35 cm dick, in armiertem Beton im Gleitschalverfahren erstellt. Um das Betonieren bei Temperaturen bis -20°C zu ermöglichen, wurde die ganze Konstruktion eingepackt. Verschiedenemale zerfetzten Sturmböen die Verschalung



Sicherheitsprobleme

Ständig drohende Gefahren von Fels- und Eisstürzen, Lawinnenniedergängen und starken Windböen mit grossen örtlichen Schneeverwehungen (bis 6 m pro Nacht), Gewittern mit Blitzeinschlägen etc. beeinflussten den Bauablauf, insbesondere die Etappierungen, stark.

Platzverhältnisse

Äusserst beschränkte Platzverhältnisse für die Installationen und praktisch fehlende Materialdepots erforderten eine hohe Flexibilität aller am Bau Beteiligten sowie eine frühzeitige, exakte Planung und Koordination der Materialtransporte.

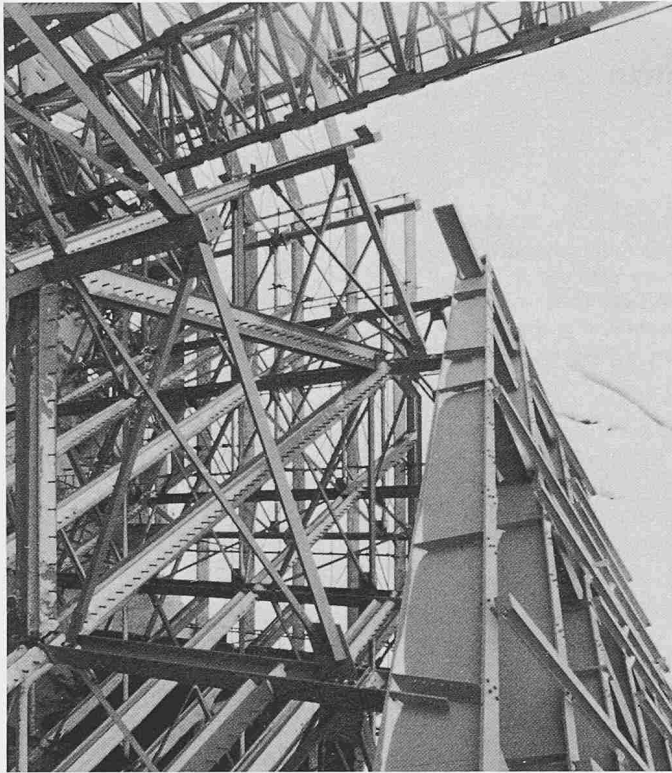
Konstruktion des Berghauses

Als Folge der umfangreichen Randbedingungen, welche grösstenteils spezifisch für Hochgebirgsbaustellen sind, sowie unter Berücksichtigung der speziellen Verhältnisse auf dem Jungfrauojoch wurden folgende Konstruktionen gewählt:

Untergeschoss

Eine Riegelfundation ist direkt auf den Felsen abgestellt, mit Hohlboden und Umfassungswänden in Stahlbeton.

Die Betonrückwand mit Nottreppenhäusern, Lift- und Installationsschächten einschliesslich der Rippen gegen den Felsen wurde vorgängig in 3 Hauptetappen auf volle Gebäudehöhe erstellt, teils im Gleitschalverfahren, teils mit einer Kletterschalung.



Die Montageverbände, das Fachwerk des Baukrans, das Fassadengerüst und die Gebäudetragkonstruktion «verwirren» sich. Über 200 Stahlkonstruktions-Werkstattpläne waren notwendig; obgleich alle Stahlteile verschieden waren, gab es keinen einzigen Plan- oder Ausführungsfehler



Zwei speziell für das Jungfrauojoch konstruierte Baukrane wurden – wie alle andern Bauteile in kleine Elemente zerlegt – mit der Wengernalpbahn und der Jungfraubahn auf 3450 m Höhe transportiert. Für den Kranführer eine verantwortungsvolle Aufgabe hoch über dem Aletschgletscher; die Höhe des Aufstiegs über die vereiste Stahlleiter zur Krankabine unterstrich diese Verantwortung

Tragkonstruktion

Die Tragkonstruktion des Berghauses besteht aus einem 400 t schweren Stahlskelett, das nach Fertigstellung des Untergeschosses ab Niveau 0 (Bahnhofsniveau) auf volle Gebäudehöhe – ohne Zwischendecken – aufgerichtet wurde.

Aufwendige und fürs Auge verwirrende Montageverbände (insgesamt rund 45 t) waren für die Stabilität während der Bauphase (Gebäude geschlossen – keine Zwischendecken) erforderlich.

Fassade und Dach

Soweit nicht montagebehindernd, wurde die definitive Fassadenkonstruktion bereits parallel zu den Stahlbauarbeiten angeschlagen. Nach Einbau der verschiedenen Dachaufbauschichten war ein wettergeschütztes, nachträgliches Einziehen der Blechverbundzwischendecken im Winter möglich.

Nebst den bereits beschriebenen Randbedingungen bildete die spezielle Gebäudegeometrie mit einem nach 2 Richtungen geneigten Pultdach sowohl für die Planung als auch für die Ausführung viele zusätzliche technische Probleme:

Im ganzen Berghaus gibt es keine zwei Stützen oder Dachträger, die gleich sind. Dies führte zu einem enormen planerischen Aufwand, welcher in der Zahl von über 200 Werkstattplänen deutlich zum Ausdruck kommt.

Um die grossen, auf das Dach in der Falllinie einwirkenden Schneekriechkräfte aufzunehmen, wurden 23 Spannkabel mit insgesamt 2450 t Gebrauchslast eingebaut. Die Spannkabellängen variieren von 18 bis 24 m. Die Kabel sind berghausseitig durch einen Ankerangriff wie auch stollenseitig (Verankerungsstollen) jederzeit zugänglich und kontrollierbar und, sofern erforderlich, auswechselbar. Bei der Ausführung der Bohrarbeiten traten, u. a. wegen vieler grosser Klüfte, Schwierigkeiten mit der Zielgenauigkeit und Termineinhaltung auf. Verrohrte Bohrungen brachten schlussendlich den Erfolg.

Die Gebäudestabilität wird durch verschiedene Wandscheiben, Rippen und Schächte in Stahlbeton, andererseits durch das in Massivbauweise erstellte UG und die Dachverankerung gewährleistet.

Tunnelbauten

Für die Erschliessung des neuen Berghauses, des Eispalastes und Hotelfelsens wie auch für die Dachverankerung wurden verschiedene Stollenbauten nötig. Diese dienten während der Bauarbeiten als Installations- und Lagerplätze, Touristenumleitungen etc. Ihre Ausführung konnte meistens als Schlechtwetterarbeit vorgenommen werden, so-

fern dies dem Gesamtablauf der Arbeiten entsprach. Die sehr schlechten geologischen Verhältnisse erforderten nach erfolgtem Abschlag ein sofortiges Sichern mittels Stahlbögen, Verzugsblechen, Spritzbeton und Kurzankern. Der konventionelle Vortrieb musste bei allen Stollen wegen der geringen Überdeckung bzw. der Nähe bereits bestehender Stollen oder Kavernen sehr sorgfältig (mit reduzierten Sprengladungen) ausgeführt werden (Teilausbruch).

Ausgeführte Tunnelarbeiten

Bahnhallenverlängerung

Ausbruchquerschnitt etwa 51,5 m², Länge 15 m.

Zweck: während des Baus: Betonaufbereitungsanlage, Lagerflächen; spätere Nutzung: Werkstatt, Lager.

Verankerungs- und Stichstollen

Ausbruchquerschnitt ca. 8,5 m², Länge ca. 100 m.

Zweck: Widerlager für Dachverankerung, Verkehrsweg zu Eispalast/Hotelfelsen, später evtl. zum Aussichtsturm.

Servicestollen

Ausbruchquerschnitt etwa 8,5 m², Länge 20 m.

Zweck: Erschliessung der Baustelle; spätere Nutzung: Nebeneingang für Personal und Material.

Adresse des Verfassers: Urs Graber, Ing. HTL, Balzari & Schudel AG, Ingenieure und Planer, Postfach 47, 3000 Bern 16.