

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: Sicherheits- und Überwachungskonzept
Autor: Balzari, Mario
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-76666>

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: 13.01.2026

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

tung, die zum Erreichen der erforderlichen Luftwechsel nötig ist, übernimmt auch die Raumheizung.

Eine Enthalpierückgewinnungsanlage entzieht der Abluft einen grossen Teil der Wärme und Feuchtigkeit und überträgt sie auf die Zuluft. Nachts funktioniert die Gebäudelüftung im Umluftbetrieb als Heizung.

Die aussergewöhnlichen Bedingungen für Transport und Lagerung von Brennstoffen und das Bestreben, die Luftqualität in der Nähe der Forschungsstation möglichst nicht zu beeinträchtigen, führten zum Entscheid für eine elektrische Direktheizung.

Energiebilanz

Der Wärmeaushalt des Gebäudes sei veranschaulicht anhand der Bilanz eines sonnigen Betriebstages mit einer mittleren Aussentemperatur von -10°C .

Während der Betriebszeit von 9 bis 17 Uhr werden folgende Wärmemengen umgesetzt:

Transmissionswärmeverlust
320 kWh

Verlust wegen Undichtigkeit	305 kWh
Wärmebedarf für Lüftung	550 kWh
Total Wärmebedarf	1175 kWh

Abwärme von Personen, Ventilatoren, Licht	720 kWh
Sonneneinstrahlung	380 kWh
Heizung	75 kWh (6%)
Total Wärmeangebot	1175 kWh (100%)

Während der Betriebsstunden wird also praktisch kein Strom zum Heizen verbraucht.

Während der Nichtbetriebszeit von 17 bis 9 Uhr werden folgende Wärmemengen umgesetzt:

Transmissionswärmeverlust	710 kWh
Verlust wegen Undichtigkeit	440 kWh
Total Wärmebedarf	1150 kWh

Abwärme der Ventilatoren	330 kWh
Heizung	820 kWh (71%)
Total Wärmeangebot	1150 kWh (100%)

Es wird vor allem nachts geheizt, so dass der Strom tagsüber für die Bahn und für den Betrieb des Gebäudes zur Verfügung steht.

Der *Jahreswärmeverbrauch* für Heizung und Lüftung wird wie folgt gedeckt:

Sonne	140 000 kWh
Abwärme Personen	120 000 kWh
Abwärme Motoren	120 000 kWh
Heizung	340 000 kWh
Total Jahreswärmeverbrauch	720 000 kWh

Die Zusammenstellung zeigt, dass mehr als die Hälfte der erforderlichen Heizenergie durch die Sonne und die innere Abwärme gedeckt wird. Damit ergibt sich eine Energiekennzahl für Heizung und Lüftung einschliesslich Ventilatoren von $500 \text{ MJ/m}^2 \text{ a}$.

Der Heizleistungsbedarf liegt bei 150 kW ; das sind weniger als 50 W/m^2 beheizte Geschossfläche. Der Leistungs- und Energiebedarf für Heizung und Lüftung liegen also trotz der extremen Klimabedingungen auf dem Jungfraujoch tiefer als bei vergleichbaren Neubauten im Mittelland.

Dank der guten Zusammenarbeit mit der Projektleitung und den Spezialingenieuren gelang es, das Konzept in die Praxis umzusetzen, so dass heute das Berghaus Jungfraujoch als bauphysikalisch und haustechnisch hervorragendes Beispiel gelten darf.

Adresse der Verfasser: Dr. sc. techn. A. Wyss, R. Huber und H. Weber, Institut Bau und Energie IBE AG, Höhenweg 17, 3006 Bern.

Arbeiter wurde zu deren Sicherung benötigt. Während der Bauarbeiten wurden Erschütterungsmessungen und felsmechanische Messungen durchgeführt, um allfällige Felsbewegungen permanent überwachen zu können.

Um die erschütterungsempfindlichen Anlagen der PTT und der Forschungsstation zu schützen, wurden mittels Sprengversuchen und Erschütterungsmessungen die maximal zulässigen Sprengladungen für den Felsabbruch bestimmt. An fünf ausgewählten Stellen gelangten «Vibroguard»-Geräte mit automatischem Vektorrechner und Spitzenwert-Speicher zum Einsatz.

Sicherheits- und Überwachungskonzept

Von Mario Balzari, Bern

Die aussergewöhnliche geographische Lage und die von den täglichen Wetterverhältnissen und der Touristensaison abhängigen, stosszeitenartigen Besucherfrequenzen bedingen ein Überwachungskonzept, das ausreichende Sicherheit für Mensch und Bauwerk gewährleistet. Dazu gehört einerseits die sorgfältige Auswahl der Baumaterialien, die sich durch hohe Verträglichkeit untereinander auszeichnen müssen, und deren Dauerhaftigkeit bei den auf 3500 m über Meer herrschenden extremen Verhältnissen garantiert werden kann. Andererseits soll ein System von Messeinrichtungen das Verhalten des Gebäudes unter wechselnden Belastungen sowie die Interaktion Gebäude-Gebirgsfels permanent registrieren und sichtbar machen. Dabei bleibt die Zugänglichkeit aller Konstruktionselemente zur visuellen Kontrolle ihres Zustandes von grösster Bedeutung.

Überwachung und Massnahmen während der Bauzeit

Bereits während der Bauzeit wurden Massnahmen getroffen, um die Sicherheit auf der Baustelle selber und die Sicherheit der Besucher zu gewährleisten.

Mittels Abschrankungen, speziellen Fussgängerstegen, Hinweis- und Verbotstafeln sowie ständiger viersprachiger Information (Japanisch, Englisch, Französisch, Deutsch) in den Zügen konnten die Besucher von der Baustelle getrennt und damit geschützt werden.

Der Transport der Bauequipen und des Baumaterials erfolgte durchwegs ausserhalb der normalen touristischen Besuchszeiten, d.h. in den Abendstunden, nachts und frühmorgens.

Die Baustelle selbst wurde wie folgt gesichert:

Oberhalb der auszuhebenden Baugrube wurden umfangreiche Felssicherungsarbeiten durchgeführt. Grosse Flächen Fels (etwa 800 m^2) wurden mit einer Kombination von Drahtseil- und Diagonalgeflechtnetzen abgedeckt, um Stein- und Eisschlag auf ein Minimum zu reduzieren. Je ein Bergführer pro

Permanente Überwachungs- und Schutzeinrichtungen

Gefahrenkatalog

Den folgenden Gefahren wird mit aktiven bzw. passiven Massnahmen begegnet, die in der Tabelle 1 wiedergegeben sind.

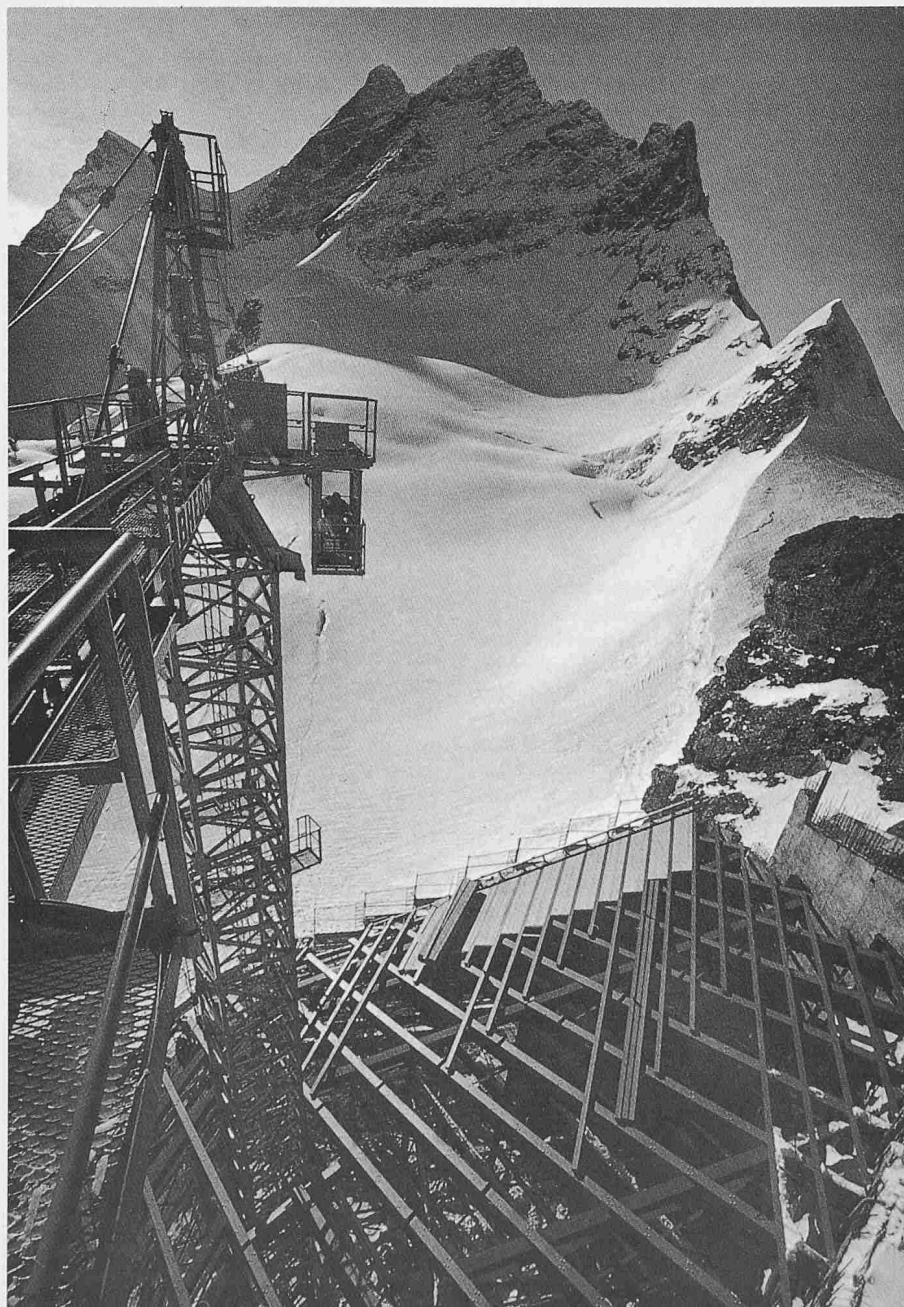
Tabelle 1. Gefährdungskatalog

Gefährdung	
Niederschlag	Schnee, Schneerutsche, Lawinen, Vereisung, Eisabbrüche, Eisrutsche
Wind	Winddruck- und Sog, Windböen, Stürme
Gesteinsbewegungen	Steinschlag, Felsabbrüche, Erdbeben, Verformungen
Gewitter	Blitz einschlag
Feuer	Brandausbrüche

Tabelle 2. Messstellen

Standort	Messeinrichtung	Anzahl
Bahnhof- und Ausgangshalle	Extensometer	4
	Konvergenzprofile	4
	Temperaturfühler	5
Ankersstollen	Extensometer	1
	Konvergenzprofile	6
	Kraftmessdosen	6
	Temperaturfühler	3

Die Jungfrau aus der Perspektive des Kranführers. Der Grat bildet die Kantongrenze zwischen den Kantonen Wallis (links) und Bern (rechts). Hauptfetten und Sekundärträger zeichnen eine moderne Vernetzung. Die ersten drei von 16 Dachschichten sind erkennbar



Schnee, Verfirnung, Eis

Damit der auf dem Dach abgelagerte Schnee nicht verfirnen und schliesslich zu Eis werden kann, und mit der Zeit zu einer Überbelastung der Dachkonstruktion führt (Ewigschneezone), ist aufgrund der Resultate eines Versuches an Ort und Stelle in Zusammenarbeit mit dem Eidgen. Institut für Schneeforschung und Lawinenforschung Weissfluhjoch Davos und dem Institut für Glaziologie an der ETHZ das Dach mit einer Neigung von 25° gebaut worden. Diese Neigung und die dunkle Einfärbung der Dachhaut sollen ein Abrutschen des Schnees im Sommer begünstigen.

Zur periodischen Kontrolle und Überwachung der Schneebelastung wurden folgende Einrichtungen eingebaut:

- Auf dem Dach selber sind drei Pegelstangen montiert, die als Grobüberwachung die Dicke der Schneedecke in Metern angeben.
- An der tragenden Stahlkonstruktion des Daches sind zwei Druckmessdosen und acht Dehnmessstreifen eingebaut.

Mit den Messresultaten kann auf das effektive Gewicht der vorhandenen Schneedecke geschlossen werden.

- Die auf das geneigte Dach wirkenden Reibungskräfte infolge Schneelast, Schneekriechen und Schneerutschen werden über Spannkabel in den Felsen übertragen und verankert (Verankerrungsstollen). Die Kräfte in den Spannkabeln werden mittels elektrischen Kraftmessdosen gemessen und periodisch überwacht.

Alle Messungen werden in einer Messzentrale zusammengefasst registriert.

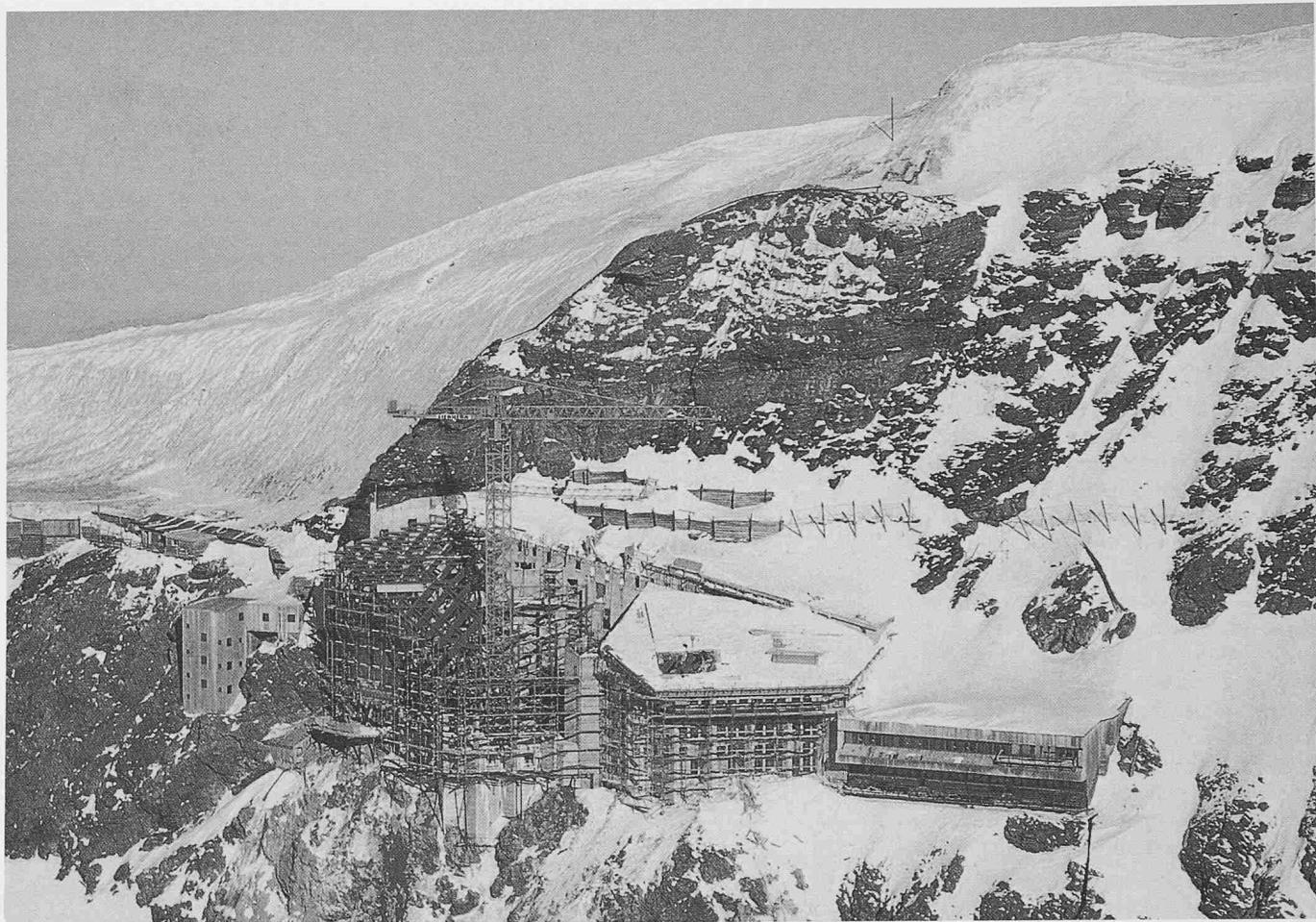
Schliesslich kann das Dach, sofern notwendig, manuell vom Schnee geräumt werden. Die aufklappbare Dachrinnenroste schützen die Schneeräumequipen gegen Sturz.

Das Dach ist mit auswechselbaren, 25 cm breiten Aluminiumprofilen gegen mechanische Beschädigungen geschützt.

Wind

Die enorm unterschiedlichen Windbelastungen verlangten bei Fenster und Türen folgende Massnahmen:

- Der Ausgang ins Freie auf die Aussichtsterrasse wird durch eine Drehtür abgeschlossen.
- Alle Fenster können für die Reinigung nach innen geöffnet werden, jedoch nur mittels eines Vierkantschlüssels, um ein unkontrolliertes Öffnen durch Besucher zu verhindern.



Gesamtübersicht. Auf dem rechten Teil des Berghauses ist das Unterdach in Holz bereits angebracht und die Fassade montiert, die Dachaußsparung zeigt den Ort, wo der zweite Baukran demonstriert wurde. Im linken, westlichen Teil ist die Stahlbaumontage im Gang. Auf dem Joch fallen 10 bis 15 m Schnee pro Jahr.

Felsverformungen, Erdbeben

Das Gebäude selbst ist mit den Gesteinsmassen fest verbunden (zerklüfteter, z.T. unter Permafrost zusammengehaltener Fels).

Die Gebäuderückwand ist über rund 200 kurze Felsanker im Gestein verankert. Das Dach – und damit auch das Gebäude – ist mit 23 Spannkabeln (Spannkraft: 68 bis 135 t) von 18 bis 34 m Länge mit dem Fels verspannt.

Um Felsbewegungen infolge Veränderung des Permafrostes, Schnee und Eislasten, möglichen Erdbeben und Veränderung der Felstemperaturen permanent überwachen zu können, wurden die in der Tabelle 2 angegebenen Messstellen eingebaut.

Während der Bauarbeiten, namentlich zur Zeit des Felsabtrages, wurden die Messresultate monatlich aufgenommen. Als permanente Überwachung ist eine jährliche Messung vorgesehen.

Brandschutz und Blitzschutz

Dem passiven Brandschutz wurde besondere Aufmerksamkeit geschenkt.

Die primäre Tragkonstruktion aus Stahl ist vollständig eingepackt und erreicht einen Schutzgrad von F 90. Die

Beschichtung erfolgte am Bau nach der Montage von Fassade und Dach. Zur Verwendung gelangte eine für Offshore-Bohrtürme verwendete und bewährte Schutzschicht «Pyrocrete 102». Sie besteht im Prinzip aus Magnesiumoxychlorid, anorganischen Fasern und Brandschutzmaterialien auf Zementbasis, die mit Kristallwasser abgebenden Mineralsalzen ausgerüstet sind.

Die Stahlkonstruktion wurde mit Streckmetall eingepackt und anschließend die Pyrocretemasse bis zu einer Schichtstärke von 16 mm aufgespritzt oder mit dem Spachtel aufgetragen.

Die namentlich auch für die Dekorationen, Auskleidungen und Möblierungen wie auch für die Restaurationsausrüstungen im Ausbau verwendeten Materialien hatten den Anspruch zu erfüllen, «weitgehend schwer brennbar bzw. entflammbar» zu sein und wurden entsprechend ausgewählt. Zudem wurden eine Sprinkleranlage, gespeist aus der 200 m³ fassenden Löschwasserreserve des Trinkwasserreservoirs, sowie eine Reihe von Brandmeldern, Feuerlöschposten und Schaumlöschern installiert.

Der aktive Brandschutz wird vor allem durch die spezielle Situation auf dem Joch bestimmt:

- Kein Zugang zum Gebäude von aussen;
- Keine Hydrantenleitung verfügbar;
- Personen-Evakuierung durch den Bahntunnel (permanent möglich) oder ins Freie durch zwei Stollenausgänge (Helikoptertransporte witterungsabhängig).

Die Brandbekämpfung wird durch den Betriebsschutz der Jungfraubahnen gewährleistet.

Der Blitzschutz ist durch ein sehr umfangreiches und präzise geplantes Erdungssystem gewährleistet. Die möglichst weitgehende Verbindung der Armierungen, der Stahlstützenfüsse, der Schneemesspegel, der Felssicherungsnetze, der Fassade, des Daches, der Führungsschienen der Lifte u.a.m. über ein Netz von Kupferkabeln leitet die elektrischen Ströme mit möglichst geringem Widerstand in das Gesteinsmaterial.