

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: Bauphysik und Haustechnik
Autor: Wyss, Andreas / Huber, Ruedi / Weber, Heinz
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-76665>

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>

Bauphysik und Haustechnik

Von Andreas Wyss, Ruedi Huber und Heinz Weber, Bern

Energiekonzept

Nicht alle Tage darf man eine derartige Aufgabe bearbeiten wie das Energiekonzept für ein Grossrestaurant auf 3500 m! Schon in einem frühen Projektstadium erkannten Bauherrschaft und Projektleitung, dass unter solch extremen Klimaverhältnissen der rationellen Energieverwendung ausserordentliche Bedeutung zukommt. Deshalb wurde das Institut Bau und Energie beauftragt, ein Gesamtkonzept für Energie und Bauphysik auszuarbeiten, mit Richtlinien für die Ausbildung der Gebäudehülle und die Projektierung der Haustechnik.

Energierückgewinn

Als oberste Zielsetzung setzten wir uns die Nutzung der natürlichen Gegebenheiten und den möglichst angepassten Einsatz der technischen Mittel. Daher wurde ein neuartiges Fenster mit ausserordentlich hohem Wärmedämmwert entwickelt, das die intensive Sonneneinstrahlung ausnutzt. Das Konstruktionsmaterial für das Gebäude wurde so gewählt, dass die tagsüber anfallende Sonnenwärme für die kalte Nachtzeit gespeichert werden kann. Die haustechnische Anlage ist in solcher Weise konzipiert, dass aus der Abluft die Wärme und die Feuchtigkeit rückgewonnen werden, so dass im Gebäude ausser einer zeitweisen Nachwärmung der Zuluft keinerlei Heizung notwendig ist.

Dank dieser Massnahmen konnten der Energieverbrauch wie auch die Betriebskosten gegenüber einer konventionellen Bauweise wesentlich reduziert werden.

Ausserordentliche Randbedingungen

Das Energiekonzept basiert auf folgenden Gegebenheiten der Klimaverhältnisse:

- Mittlere Jahrestemperatur -8°C ; max. 7°C , min. -30°C ;
- Sonnenschein 1770 Std./Jahr, max. Sonneneinstrahlung 1200 W/m^2 ;
- Windgeschwindigkeit bis max. 250 km/Std. ;
- Praktisch alle Fenster sind gegen Süden gerichtet;
- Die gesamte Nordfassade ist an den Fels gebaut.

Raumklimatisches Pflichtenheft

Im Interesse einer optimalen Energienutzung war die Bauherrschaft bereit, in den Restaurants auf übertriebenen Komfort zu verzichten:

möglich montiert wurden, damit im Innern die Betonier- und Montagearbeiten für die Zwischendecken vor der Witterung geschützt auch im Winter vorangetrieben werden konnten. Deshalb musste vorab eine Fassadenkonstruktion entwickelt werden, die unter schwierigsten Verhältnissen montiert werden konnte.

Dachkonstruktion

Auch die Dachkonstruktion musste von Grund auf neu entwickelt werden:

- Damit die Sonneneinstrahlung optimal aufgenommen und gespeichert werden kann, sind Raumtemperaturen in den Restaurants zwischen 18°C (morgens um 9 Uhr) und 24°C (abends vor Sonnenuntergang) zugelassen.
- Die Frischluftzufuhr wurde auf $40 \text{ m}^3/\text{h}$ pro Person und die relative Feuchtigkeit auf 40% festgelegt.
- Das Unterdach ist voll verschweisst, gegen unten entwässert und gegen oben entlüftet.
- Die darüberliegende Dachhaut aus Aluminium-Rippenplatten ist genügend schlagfest gegenüber Lawinen und Steinschlag.
- Der Schnee muss vom Dach abrutschen, damit die Maximallast nicht überschritten wird.
- Weil das Schmelzwasser als Trinkwasser verwendet wird, darf die Dachhaut aber nicht mit toxischen Gleitbelägen versehen sein.

Alle Berührungsstellen und Zwischenräume zum Fels müssen überwacht werden, damit Vergletscherungen frühzeitig erkannt und abgetaut werden können.

Haustechnisches Konzept

Die hohe Qualität der Gebäudehülle verringert die Wärmeverluste durch Transmission und ungewollten Luftwechsel soweit, dass tagsüber auch bei bedecktem Himmel und tiefster Außentemperatur fast keine Heizung erforderlich ist; die inneren Wärmequellen (Personen, Apparate und Beleuchtung) sowie die diffuse Sonneneinstrahlung liefern genug Wärme. An sonnigen Tagen steigt die Innentemperatur durch die Einstrahlung auf 24°C und die überschüssige Wärme wird in den Wänden und Decken des Berghauses gespeichert. Nachts kühlst das Gebäude langsam aus. Die gespeicherte Sonnenwärme und die Umluftheizung sorgen dafür, dass die Innentemperatur nicht unter 18°C sinkt, bis am nächsten Morgen die Sonne und die innere Wärme das Gebäude wieder aufheizen. Dank der hohen Luftdichtigkeit und der guten Wärmedämmung der Fenster konnte auf den Einbau von Heizkörpern gänzlich verzichtet werden. Die Lüf-

Bauphysikalisches Konzept

Wegen der tiefen Außentemperaturen ist auf dem Jungfraujoch eine gute Wärmedämmung der Gebäudehülle besonders wichtig, und die hohe Windschwindigkeit und der Flugschnee verlangen eine hohe Luftdichtigkeit.

Fenster

Die nach Süden orientierten Fensterflächen sind entscheidend für den Energiehaushalt des Gebäudes: Tagsüber fällt unter der intensiven Sonneneinstrahlung eine Wärmemenge an, welche meist genügt, um das ganze Gebäude zu heizen. Weil auf dieser Höhe keinerlei äussere Abschlüsse wie z. B. Rolladen denkbar sind, würde das Gebäude aber nachts durch konventionelle Fenster stark auskühlen. Darum wurden mit Unterstützung der Fassadenbaufirmen Geilinger AG, Ernst Schweizer AG, H. Schmidlin AG und in Zusammenarbeit mit der EMPA während zwei Jahren auf dem Jungfraujoch Versuche mit neuartigen Fenstern durchgeführt.

Das Resultat ist ein Fenster mit einer Vierfach-Verglasung und einem k-Wert von $0,7 \text{ W/m}^2\text{ °C}$ (Rahmen $1,4 \text{ W/m}^2\text{ °C}$). Ein Sonnenschutzglas verhindert die Blendung und eine zu hohe Sonneneinstrahlung. Als innere Verglasung wurde ein Wärmeschutzglas verwendet, damit nachts keine grossen Wärmeverluste entstehen.

Fassade

Das gedrängte Bauprogramm verlangte, dass Fassade und Dach so rasch wie

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 Wärmeaufwand 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

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.

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 Baugruben 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

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 «Vibrogard»-Geräte mit automatischem Vektorrechner und Spitzenwert-Speicher zum Einsatz.

Permanente Überwachungs- und Schutzeinrichtungen

Gefahrenkatalog

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