

**Zeitschrift:** Schweizer Ingenieur und Architekt  
**Band:** 105 (1987)  
**Heft:** 30-31: Die Neubauten auf dem Jungfrauoch: 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. 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:** 19.11.2024

**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 Bauherrschafft 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 ausnützt. 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  $-8^{\circ}\text{C}$ ;  
max.  $7^{\circ}\text{C}$ , min.  $-30^{\circ}\text{C}$ ;
- Sonnenschein 1770 Std./Jahr, max. Sonneneinstrahlung  $1200\text{ W/m}^2$ ;
- Windgeschwindigkeit bis max.  $250\text{ km/Std.}$ ;
- Praktisch alle Fenster sind gegen Süden gerichtet;
- Die gesamte Nordfassade ist an den Fels gebaut.

### Raumklimatisches Pflichtenheft

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

Damit die Sonneneinstrahlung optimal aufgenommen und gespeichert werden kann, sind Raumtemperaturen in den Restaurants zwischen  $18^{\circ}\text{C}$  (morgens um 9 Uhr) und  $24^{\circ}\text{C}$  (abends vor Sonnenuntergang) zugelassen.

Die Frischluftzufuhr wurde auf  $40\text{ m}^3/\text{h}$  pro Person und die relative Feuchtigkeit auf 40% festgelegt.

### Bauphysikalisches Konzept

Wegen der tiefen Aussentemperaturen ist auf dem Jungfrauoch eine gute Wärmedämmung der Gebäudehülle besonders wichtig, und die hohe Windgeschwindigkeit 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. Rollläden denkbar sind, würde das Gebäude aber nachts durch konventionelle Fenster stark auskühlen. Darum wurden mit Unterstützung der Fassadenbauunternehmen Geilinger AG, Ernst Schweizer AG, H. Schmidlin AG und in Zusammenarbeit mit der EMPA während zwei Jahren auf dem Jungfrauoch Versuche mit neuartigen Fenstern durchgeführt.

Das Resultat ist ein Fenster mit einer Vierfach-Verglasung und einem k-Wert von  $0,7\text{ W/m}^2\text{ }^{\circ}\text{C}$  (Rahmen  $1,4\text{ W/m}^2\text{ }^{\circ}\text{C}$ ). Ein Sonnenschutzglas vermindert 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

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:

Der optimale Wärmedämmwert konnte mit einer Kreuzbalkenkonstruktion und 30 cm Isolationsmaterial erreicht werden.

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 Berührungspunkte 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  $24^{\circ}\text{C}$  und die überschüssige Wärme wird in den Wänden und Decken des Berghauses gespeichert. Nachts kühlt das Gebäude langsam aus. Die gespeicherte Sonnenwärme und die Umluftheizung sorgen dafür, dass die Innentemperatur nicht unter  $18^{\circ}\text{C}$  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-

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

Eine Enthalprierückgewinnungsanlage 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 zur Entscheidung für eine elektrische Direktheizung.

### Energiebilanz

Der Wärmehaushalt des Gebäudes sei veranschaulicht anhand der Bilanz eines sonnigen Betriebstages mit einer mittleren Aussentemperatur von  $-10^{\circ}\text{C}$ .

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 Jahreswärmebedarf 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 Jahreswärmebedarf 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  $150 \text{ kW}$ ; das sind weniger als  $50 \text{ W/m}^2$  beheizte Geschossfläche. Der Leistungs- und Energiebedarf für Heizung und Lüftung liegen also trotz der extremen Klimabedingungen auf dem Jungfrauoch 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 Jungfrauoch 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  $3500 \text{ m}$  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 Abschränkungen, 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  $800 \text{ m}^2$ ) wurden mit einer Kombination von Drahtseil- und Diagonalflechtnetzen 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 «Vibroguard»-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.