

Die Schilthornbahn: eine Luftseilbahn im Berner Oberland. 2. Teil: Bauprobleme bei der Ausführung

Autor(en): **Gruner, Georg / Stöcklin, Fritz**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizerische Bauzeitung**

Band (Jahr): **85 (1967)**

Heft 26

PDF erstellt am: **25.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-69486>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

3. Durch Handauslösung vom Steuerpult aus
4. Wenn das Motorfeld wegfällt und die Betriebsbremsen aus irgend einem Grunde nicht einfallen sollten

Bei Stromausfall können die einzelnen Sektionen durch einen Benzinmotor mit verringerter Geschwindigkeit angetrieben werden.

4. Lieferanten der seilbahntechnischen Ausrüstung für die Schilthornbahn:

1. Gesamtprojektierung der Anlage sowie Lieferung und Montage der gesamten mechanischen Ausrüstung, einschl. Einziehen der Seile
von Roll AG, Bern
2. Unterlieferanten:
 - a) Elektrische Ausrüstung einschl. Trafo, Lieferung und Montage
Maschinenfabrik Oerlikon
 - b) Telefon-, Sicherheits- und Signalanlage, Lieferung und Montage
Chr. Gfeller AG, Bern-Bümpliz
 - c) Stützen:
 - Lieferung und Montage der Stützen Nr. 1, 2, 3 und 6
Alpha AG, Nidau
 - Lieferung und Montage der Stützen Nr. 4 und 5
Vohland & Bär, Riehen

- d) Einsteigepodest und Zugangsrampe bei Stütze 5, Lieferung und Montage
Sägesser Worb AG, Worb
- e) Seile:
 - Lieferung der Tragseile 1./2. Sektion
Kabelwerke Brugg AG, Brugg
 - Lieferung der Spannseile 1. u. 3. Sektion
E. Fatzer AG, Romanshorn
 - Lieferung der Tragseile 4. Sektion
 - Lieferung der Spannseile 2. u. 4. Sektion
 - Lieferung der Tragseile 3. Sektion
 - Lieferung der Zugseile 1./2. Sektion und 3. u. 4. Sektion
Schweiz. Seilindustrie AG, Schaffhausen
 - Lieferung der Hilfsseile 3. u. 4. Sektion
 - Lieferung der Telefonseile 1./2. und 3. Sektion
- f) Kabinen und Wassertank:
 - Lieferung von 2 Kabinen zu je 80 Personen und 3 Kabinen zu je 100 Personen sowie 2 Wassertanks 3000 l
Flug- und Fahrzeugwerke Altenrhein
- g) Benzinmotoren:
 - Lieferung von 3 Chrysler-Industriemotoren
AMAG, Bern
- h) Hilfsseilwinde 1. Sektion
R. Jost + Co., Obermatt-Langnau

II. Teil: Bauprobleme bei der Ausführung der Schilthornbahn

Von **Georg Gruner**, dipl. Ing. ETH, Basel, und **Fritz Stöcklin**, Ingenieur, Bottmingen

1. Befestigung und Verankerung der Trag- und Zugseile

Die Tragseile erhalten in jeder Bahnsektion eine feste und eine bewegliche Verankerung. Bei der festen Verankerung wird das Seilende um den Ankerpoller, einem trommelförmigen Ankerklotz aus Beton, gewickelt, der zur Schonung des Seiles mit Holz aufgefüttert wird (Bild 9). Am andern Ende bei der beweglichen Verankerung wird das Seilende über Rollen an einem frei hängenden Spannunggewicht befestigt, das sich entsprechend den meteorologischen Verhältnissen und dem Belastungszustand des Seiles in einem Schacht vertikal bewegen kann. Dadurch kann im Tragseil eine konstante Spannung eingehalten werden. Die Länge des Ausschlages eines Spannunggewichtes und damit die Tiefe des Spannunggewichtsschachtes ist hauptsächlich von der Länge des grössten Spannungsfeldes zwischen zwei Tragseilauflegern und vom Verhältnis zwischen wandernder Last der vollbeladenen Kabine und den Tragseilzügen abhängig. Aus diesem Grunde erforderte die dritte Sektion mit einem Spannungsfeld von 1941 m den tiefsten Spannunggewichtsschacht, der in der Station Müren untergebracht ist. Die Zugseile werden in ähnlicher Weise unter konstanter Spannung gehalten.

Die Spannunggewichtsschächte in den vier Sektionen der Schilthornbahn verteilen sich auf die einzelnen Stationen wie folgt:

Sektion	Spannunggewichtsschacht in Station	Tiefe in m	Ankerpoller in Station
1	Stechelberg	7,2	Gimmelwald
2	Müren	25,0	Gimmelwald
3	Müren	25,0	Birg
4	Birg	21,4	Gipfelstation

Die Spannungsgewichte wurden aus armiertem Beton direkt in den Spannunggewichtsschächten betoniert und nach beendetem Spannen der Seile an diesen befestigt.

Die Erstellung der Spannunggewichtsschächte hat zum Teil interessante Ausführungsprobleme aufgeworfen. Der tiefste Spannunggewichtsschacht in der Station Müren weist eine Länge von 10,10 m, eine Breite von 4,50 m und eine Tiefe von 25 m auf. Da das Stationsgebäude vollständig in lockerem Moränenmaterial fundiert ist, wurde für die Abteufung des Schachtes auf Vorschlag der Unternehmung ein etappenweises Abteufen und Betonieren nach einer Unterfangungsmethode angewandt (Bild 10). Als erste Etappe wurde mit möglichst senkrechten Seitenwänden der Aushub auf 2 m Tiefe ausgehoben und die Betonumfassungswände des Schachtes dieser Etappe

Bild 9. Ankerpollen auf der Station Birg

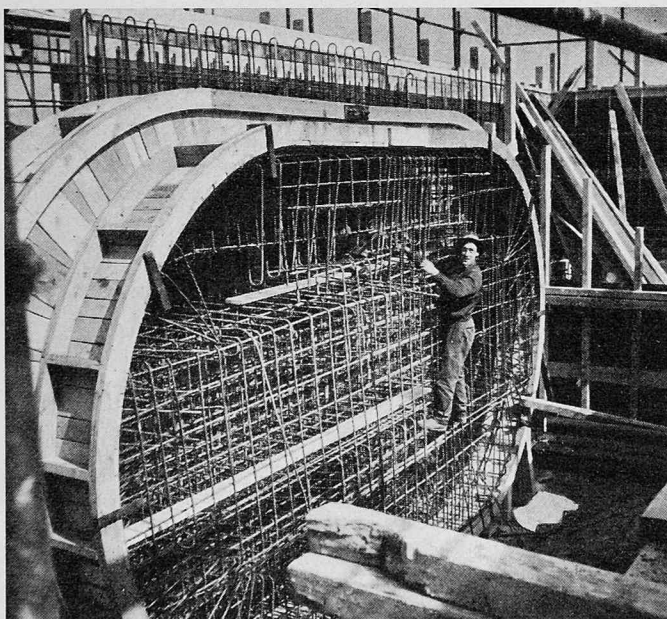
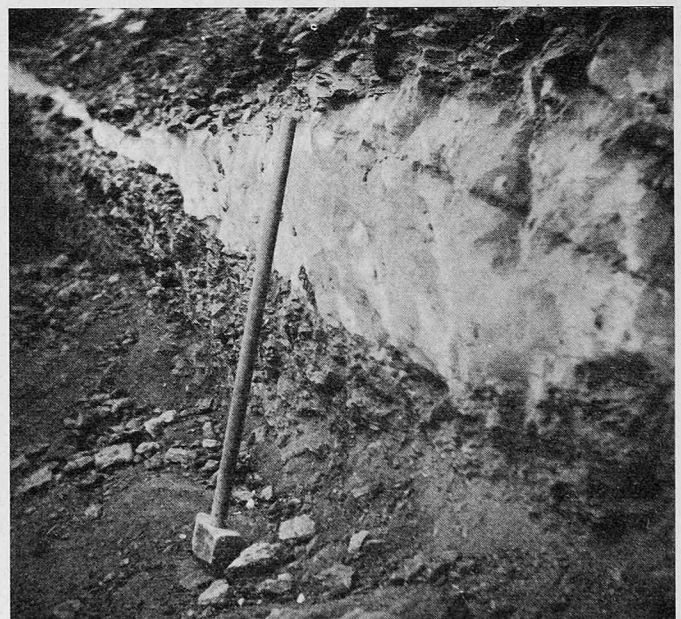


Bild 13. Permafrostlinse im Felsuntergrund der Gipfelstation



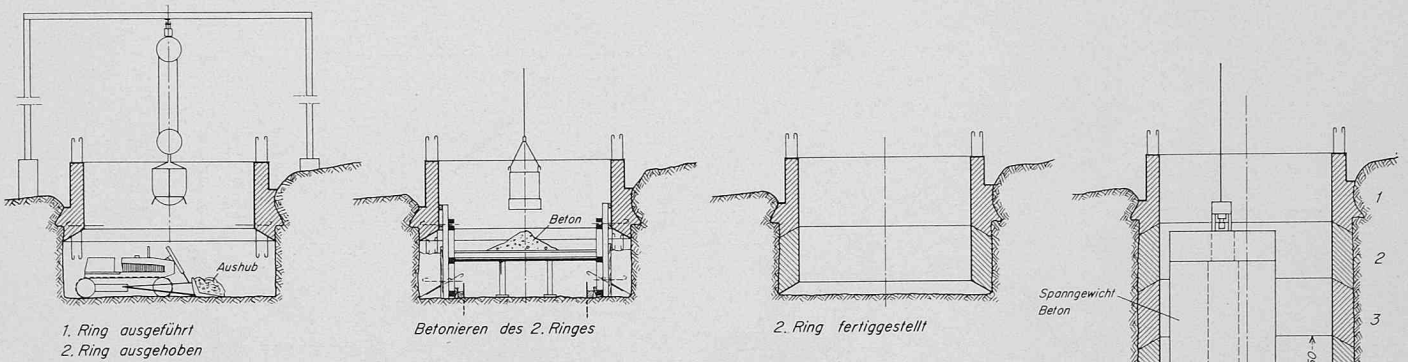


Bild 10a. Abteufen des Spanngewichtsschachtes bei der Station Mürren, Schnitt 1:200

direkt gegen den Boden betoniert. Hierauf erfolgte als Unterfangung der ersten Schicht der Aushub für die zweite Etappe ebenfalls auf 1,50 m Tiefe (Bild 11). Nachdem diese in gleicher Weise betoniert war, wurde die Arbeit nach dieser Unterfangungsmethode schrittweise bis auf die Sohle des Spannschachtes fortgesetzt. Nach Einbringen des sechzehnten, letzten Ummantelungsringes wurde die Sohle betoniert und die Zwischenwände hochgeführt. Diese Methode hat sich ausgezeichnet bewährt. Sie ermöglichte den ganzen Aushub ohne Spriessungen durchzuführen. Mit Ausnahme der eigentlichen Unterfangung der Betonumfassungswände konnte der Aushub im Innern des Schachtes maschinell mittels eines kleinen Traxes ausgeführt werden.

Bei der Station Birg konnte der Spanngewichtsschacht von 21,40 m Tiefe im kompakten Fels ausgesprengt werden (Bild 12). Bei der Abteufung dieses Schachtes, die ebenfalls ohne Spriessung erfolgte, bestand die Kunst des Unternehmers darin, das verlangte Rechteckprofil möglichst genau herauszusprengen, um Überprofile in der Betonummantelung, die zu seinen Lasten fielen, zu vermeiden.

In den Gegenstationen mit Pollern wurden die Spannkraften, die im Maximum bis zu 205 t betragen, durch die Baukonstruktion auf den Untergrund übertragen. In den in gutem Fels fundierten Stationen Gimmelwald und Birg bildete die Ableitung der Kräfte dieser Poller, die in den Rückwänden dieser Stationen befestigt sind, keine Schwierigkeiten.

In der Gipfelstation wurde der Poller in einem stark zerklüfteten und sehr schlechten Schieferfels verankert. Um zu vermeiden, dass der Poller mitsamt der Gipfelpartie durch die Seilzugkräfte von 120 t mit der Zeit in Bewegung gerät, wurde der horizontalalliegende Poller mittels bis 20 m langen vertikalen vorgespannten Felsankern so stark in den tieferliegenden besseren Schichten verankert, dass die Resultierende der Verankerungskräfte steil nach unten umgelenkt wird und im Kern des Fundamentes des Ankerpollers verbleibt.

Bild 11. Abteufen des Spanngewichtsschachtes bei der Station Mürren

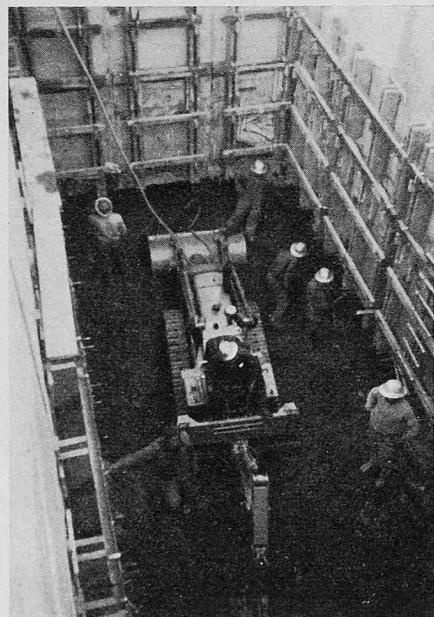
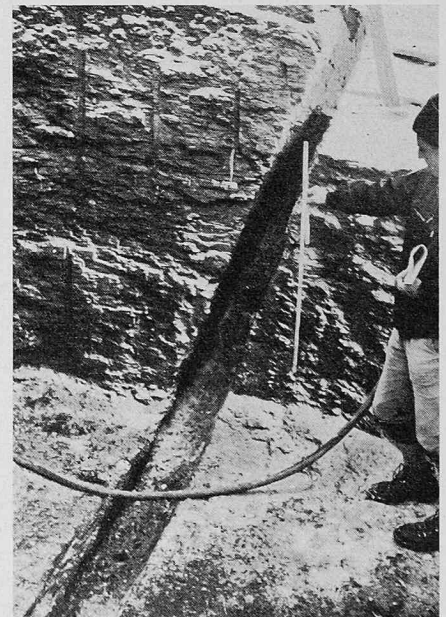


Bild 12. Spanngewichtsschacht im Fels der Station Birg



Bild 14. Felskluft unter den Fundamenten der Gipfelstation



2. Permafrost

Mit Permafrostzone bezeichnet man diejenige Zone im Hochgebirge, in der der Boden bis in grosse Tiefen das ganze Jahr gefroren ist und lediglich während der warmen Jahreszeit in seinen obersten Schichten während einiger Zeit auftaut. Die Gipfelstation und der nahe dabeiliegende Mast 6 mussten in der Permafrostzone fundiert werden. Beim Mast 6 warf dies keine weiteren Probleme auf, nachdem man sich durch Sondierbohrungen davon überzeugt hatte, dass in der massgebenden Tiefenzone unter den Fundamenten keine Eislinsen anzutreffen waren. Die Behandlung des Permafrostproblems bei der Gipfelstation erfolgte aufgrund einer Beratung durch Prof. Dr. Robert Haefeli, Zürich.

Bei den Aushubarbeiten wurden zum Teil Eislinsen bis 60 cm Dicke und mehreren Metern Länge im Untergrund angetroffen (Bild 13). Daneben waren die einzelnen Zwischenräume zwischen den Schieferpartien häufig mit Eis ausgefüllt (Bild 14). Da sich während der Aushubarbeiten zeigte, dass durch das Auftauen der Eischichten der Gipfel des Schilthorns zum Teil in ein sehr labiles Gleichge-

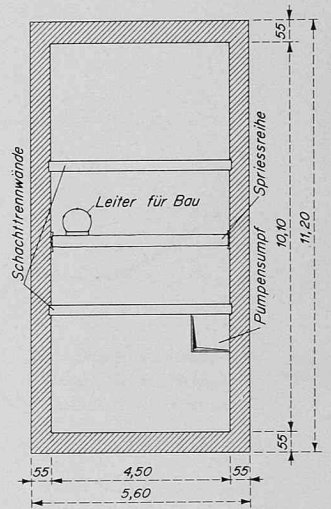
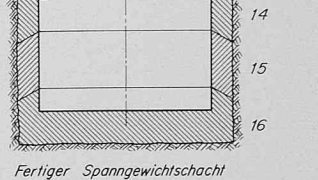


Bild 10b. Grundriss des Spanngewichtsschachtes bei der Station Mürren 1:200

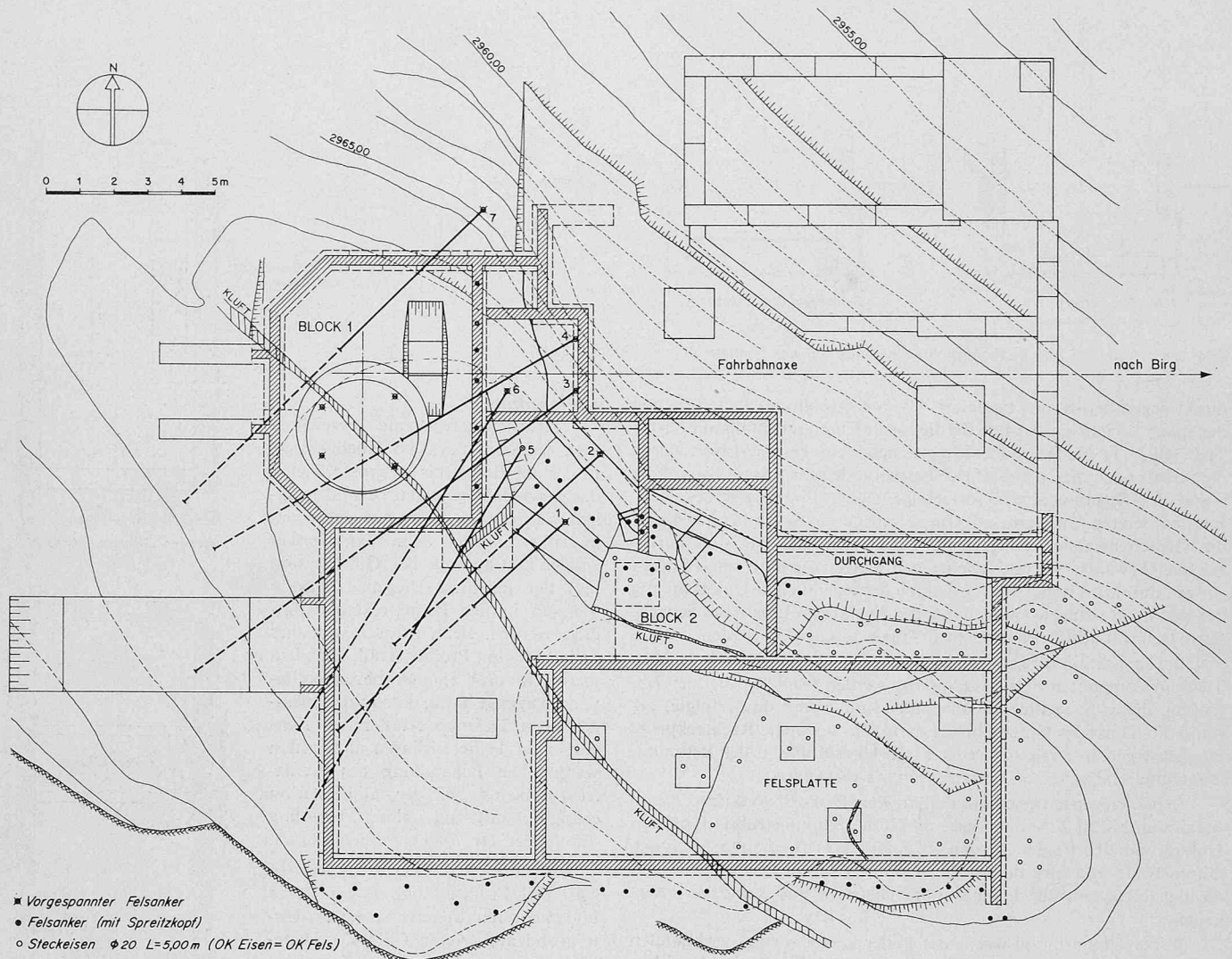


Bild 15. Sanierung des Gipfels des Schilthorns und Befestigung der Ankerpollen mit Felsankern. Grundriss 1:200

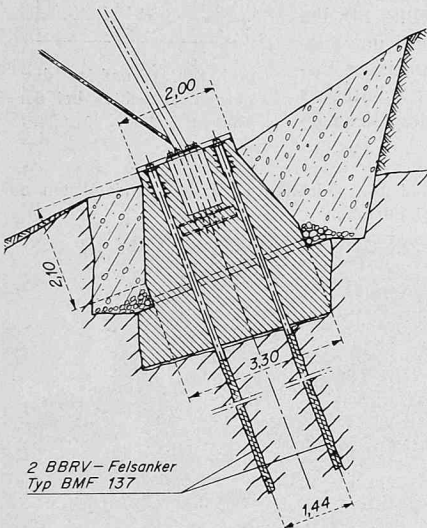


Bild 16. Foundation des Mastes 4 im felsigen Untergrund mit Felsankern, Schnitt 1:150

wicht geraten war, war es notwendig, mittels umfangreichen Felsankern den Felsen unter den Fundamenten des Gebäudes zusammenzubinden und die Verankerungen in die unteren, geologisch besseren Schichten zu verlegen, wie dies in Bild 15 dargestellt ist.

Um zu verhindern, dass durch die Wärme im Gebäudeinnern allfällige Eisschichten und -linsen im Untergrund aufgetaut werden und die Fundamente des Gebäudes ihre Stabilität verlieren, wurde das Gebäude durch einen offenen Luftraum vom umliegenden Fels so getrennt, dass möglichst geringe Wärmebrücken zwischen Gebäude

und Untergrund vorhanden sind und nur die Fundamente den unvermeidlichen Kontakt mit dem Untergrund herstellen. Die Zwischenräume zwischen Fels und den gegen den Fels gelegenen Umfassungswänden sind gegen aussen offen und gestatten eine ungehinderte Umspülung des Gebäudes mit Aussenluft.

Für die Wasserversorgung der Gipfelstation soll später eine Quelle oberhalb des Grausees gefasst werden, von der Wasser auf den Gipfel und nach der Station Birg gepumpt wird. Vorerst wird es in speziellen Wasserbehältern unter dem Kabinenboden mit der Personenseilbahn hinaufgeführt. Das Wasserreservoir im Untergeschoss des Gebäudes muss elektrisch geheizt werden, um zu vermeiden, dass der Permafrost seinen Inhalt zum Gefrieren bringt.

3. Tragkonstruktionen der Stationsgebäude

Die Tragkonstruktionen der Stationsgebäude Stechelberg, Gimmelwald, Mürren und Birg sind in Eisenbeton ausgeführt. Auf dem Gipfel des Schilthorns wurde infolge der kurzen Bausaison eine Stahlkonstruktion mit Decken aus Holorib ausgeführt, wodurch die Betonarbeiten auf ein Minimum beschränkt werden konnten. Die Fassaden sind mit Durisolplatten verkleidet.

4. Witterungseinflüsse

Die Stationsgebäude auf den Gipfeln des Birg und des Schilthorns, die aus dem Gebirgsprofil herausragen, waren gegen die rauen Witterungseinflüsse besonders zu sichern. Die Windbelastungen infolge Windgeschwindigkeiten bis 180 km/h wurden für die einzelnen Baustadien und das fertige Gebäude sorgfältig untersucht. Die Einfahrt in die Gipfelstation wurde derart frei gelegt, dass zwischen dem Kabinenboden und dem Untergrund genügend freier Raum für die hohen zu erwartenden Schneemengen vorhanden ist.

Der Mast 6 wurde für den Schneekriechdruck in der Falllinie des Geländes auf die Mastfüsse dimensioniert und vorläufig mit Holz verschalt. Durch das Anbringen dieser Verschalung konnte der Schnee-

druck reduziert werden, weil durch die Wirbelbildung des Windes um den Mast herum der Schnee in der direkten Umgebung des Mastes teilweise weggeblasen wird.

Ganz spezielle Sorgfalt erforderte der Blitzschutz für diese grösstenteils im trockenen Fels fundierten, exponierten Gebäude auf Birg und auf dem Schilthorngipfel. Auf Vorschlag des als Experten zugezogenen Prof. K. Berger vom Schweizerischen Elektrotechnischen Verein hat man sich entschlossen, bei den Eisenbetonkonstruktionen sämtliche Armierungseisen der Umfassungswände miteinander so zu verbinden, dass sie um das Gebäude herum einen Faraday-Käfig bilden, der mit einem ausgedehnten Netz von im Boden vergrabenen Metallbändern als Erdung verbunden ist. Wie notwendig diese Blitzschutzmassnahmen sind, zeigt ein Blitzunfall, der trotz eines in der Nähe aufgestellten hohen Blitzableiters während der Ausführung der Sondierbohrungen auf der Gipfelstation einem Arbeiter der Bohrfirma das Leben kostete.

5. Mastfundamente

Die Masten wurden an lawinsensicheren Orten wenn irgend möglich im Fels fundiert. Zur Aufnahme der zum Teil grossen Kräfte wurden die Fundamente mit Felsankern im Untergrund verankert (Bild 16).

Beim Mast 5 war es nicht zu umgehen, dass die Fundamente in eine über den Grossteil des Hanges ausgedehnte Rutschung zu liegen kamen. Beobachtungen haben gezeigt, dass der ganze Hang unterhalb des Schilthorngrates in einer langsamen Kriechbewegung mit einer Geschwindigkeit von ungefähr 1 cm pro Jahr zu Tale kriecht. Bis über 20 m tiefe Sondierbohrungen ergaben, dass bis in grosse Tiefe hinunter kein stabiler Untergrund vorhanden ist. Da es unmöglich ist, die Kriechbewegung aufzuhalten, wurde eine Lösung gesucht, die während langer Zeit einen ungestörten Bahnbetrieb ermöglicht.

Nachdem es seilbahntechnisch möglich ist, den Mast ohne Beeinträchtigung des Betriebes seitlich um 25 cm aus der Bahnachse zu verschieben, wurde der Mast 25 cm oberhalb derselben aufgestellt, so dass ihm eine seitliche Abwärtsbewegung von 50 cm ermöglicht wird und dadurch ein ungestörter Bahnbetrieb während mindestens einem halben Jahrhundert garantiert werden kann.

Damit der Mast die Kriechbewegung des Hanges schadlos mitmachen kann, wurde er in einer Betonwanne fundiert, die ähnlich wie ein Ponton im Rutschhang schwimmt (Bild 17). Die Betonwanne wurde so dimensioniert, dass das ausgehobene Material dem Gewicht des Betontroges, Stahlmastes und des auf dem Maste ruhenden Seilgewichtes entspricht (Bild 18). Da der Schwerpunkt der neuen Konstruktion nur wenige cm vom Orte des Schwerpunktes des ausgehobenen Bodenmaterials entfernt ist, konnte erreicht werden, dass die Gleichgewichtsverhältnisse in diesem Rutschhang nicht verändert worden sind. Vermessungstechnisch sind die Grundlagen geschaffen worden, um die genaue Lage des Mastes dauernd zu kontrollieren.

6. Erschliessung der Baustellen

Die Baustellen der Schilthornbahn wurden mittels Bauseilbahnen direkt an die Strasse Lauterbrunnen-Stecheberg angeschlossen. Dadurch war es möglich, den grössten Teil der für den Bau notwendigen Materialien, Maschinen und Apparate per Camion zuzuführen. Im einzelnen wurden folgende Bauseilbahnen von der Schilthornbahn AG selbst erstellt und betrieben:

Strecke:	Maximale Belastung in t	Herstellerfirma
Stecheberg-Mürren einspurig	2,7	L. & H. Küpfer & Co., Steffisburg
Mürren-Birg zweispurig	1,5	Willy Bühler AG, Bern
Birg-Schilthorn zweispurig	1,5	Willy Bühler AG, Bern
Stecheberg-Gimmelwald (erstellt und betrieben von der Firma Kästli & Spycher AG, Bern)	3,0	Albert Schättin-Kessler, Siebnen

Die Masten 2 und 3 waren an die Strasse Mürren-Gimmelwald von Mürren her angeschlossen.

7. Zusammenfassung

Bei der Erstellung der Schilthornbahn wurde in enger Zusammenarbeit mit der mit den örtlichen Verhältnissen bestens vertrauten Bauherrschaft, den projektierenden Ingenieuren, den Architekten

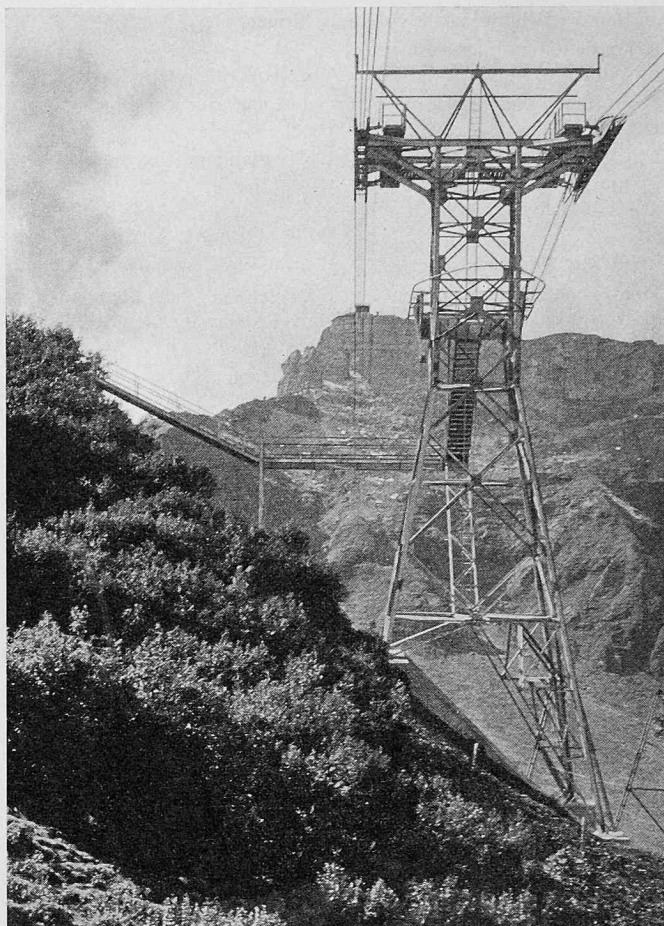


Bild 18. Mast 5: Gesamtansicht mit Blick auf die freie Seilspannung von 1941,05 m gegen die Station Birg

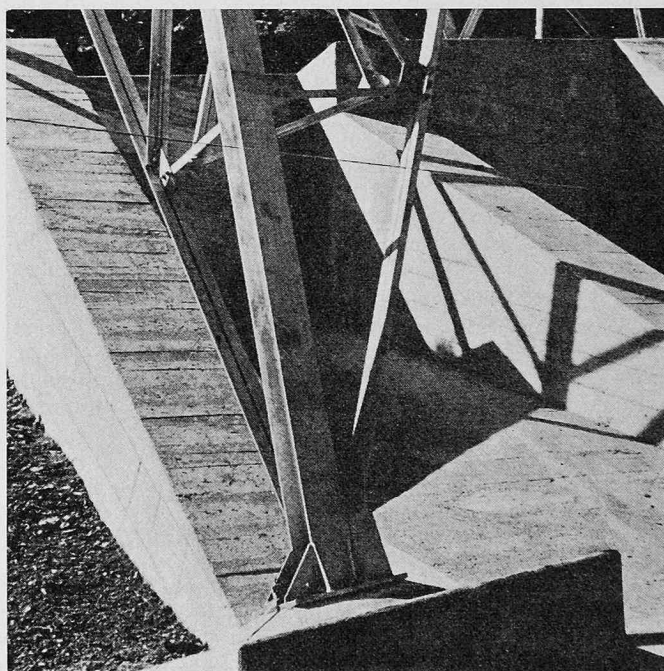


Bild 17. Mast 5: Betonwanne für das Fundament

und ausführenden Firmen ein Werk geschaffen, bei dem in bestmöglicher Weise die Konstruktionen und die Ausführungsprogramme den schwierigen Verhältnissen des Hochgebirges angepasst worden sind. Es war dadurch möglich, trotz der ungünstigen Witterungsverhältnisse in den Sommermonaten des Jahres 1965 und 1966 das Bauprogramm weitgehend einzuhalten. Dabei musste allerdings in Kauf genommen werden, dass relativ grosse Beträge für die Entfernung der ständig neu gefallenen Schneemengen aufgewendet werden mussten.

Am Bau der Schilthornbahn beteiligte Firmen

Gesamtplanung und Ausführung des seilbahntechnischen Teiles	Von Roll AG, Werk Bern
Projektierung und Bauleitung des baulichen Teiles	Gebrüder Gruner, Ingenieurbüro, Basel
Örtlicher Bauleiter	E. Schellenberg, Ingenieur SIA
Architektur der Stationen Stechelberg, Gimmelwald, Mürren und Birg	Willy M. Bürgin, Architekt, Zürich
Architektur Gipfelstation	Konrad Wolf, Architekt FSAI, Bern
Geologische Untersuchungen	Dr. Peter Kellerhals, Geologe, Bern Hans R. Schwarz, Geologe, Rüfenacht.

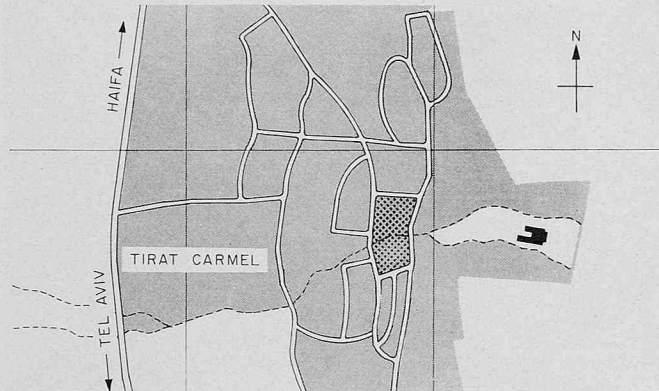
Ausführung

Stationen Stechelberg und Gimmelwald, Fundamente Mast 1	Kästli & Spycher AG, Bauunternehmung, Bern
Stationen Mürren und Schilthorn- gipfel, Fundamente Masten 2 bis 6	Arbeitsgemeinschaft Frutiger Söhne AG, Thun, und P. Grossmann & Co., Brienz
Station Birg	Hans Maurer & Co., Bauunternehmung, Innertkirchen
Sondierbohrungen und Felsanker	Swissboring, Schweiz. Tiefbohr- und Bodenforschungs AG, Zürich Stump Bohr AG, Bern

Tirat Hacarmel Comprehensive School

Architekten: D. und I. Alrod, Tel Aviv, Israel

DK 727.113



Lageplan 1:2500 (Küste rund 1 km westlich)

Zum Schulprojekt Tirat Hacarmel schreibt das Architektenepaar Alrod, dass dem Erziehungswesen für das Gedeihen und die Stärke Israels grosse Bedeutung zukomme. Der junge Staat förderte von allem Anfang an eine den verschiedenen Fähigkeiten entsprechende Schulung. Diese soll der gesamten Jugend in gleichwertiger Weise zuteil werden.

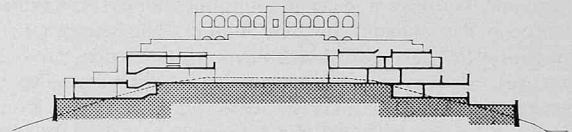
Als mehrstufiger Mittelschultypus erfasst die «Comprehensive School» Schüler zwischen 12 und 18 Jahren. Sie ist in zwei Teile gegliedert: Die *Unterstufe* (12 bis 15 Jahre) lehrt die allgemeinen Fächer und einige Wahlfächer. Auf dieser Stufe entscheidet sich der Schüler mit Hilfe des Lehrers für seine spätere Berufsausbildung. In der *Oberstufe* werden im Wechsel theoretische Kenntnisse und eine berufskundliche Ausbildung vermittelt.

Die Comprehensive School in Tirat Hacarmel will das Erziehungsproblem der Eingliederung von Schülern unterschiedlichen Herkommens lösen. Eine weitere Aufgabe besteht darin, das Lehrprogramm

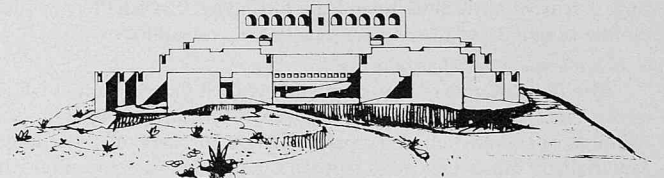
einer Mittelschule auf die Studienziele einer Ausbildung in akademischer Richtung und auf eine Berufsbildung abzustimmen.

Das Schulgelände liegt am Fusse des Berges Carmel mit Aussicht auf das Meer gegen Westen. Den Architekten stellte sich die Aufgabe, das Raumprogramm auf einem verhältnismässig schmalen, nach Norden, Süden und Westen steil abfallenden Geländestreifen zu planen. Ferner war eine bestehende arabische Schule in die neue Anlage einzubeziehen. Dieses Gebäude bildet mit den Neubauten einen zentralen Hof. Die Niveaudifferenz wird durch Sitzstufen längs des Altbaus ausgeglichen. Auf der Gegenseite liegt die Eingangshalle mit getrennten Zugängen zur Unterstufe und zur Oberstufe. Diese beiden Stufen belegen je einen eigenen Gebäudetrakt mit einer Mittenpassage, welche zum Teil einen Laufsteg (über zweigeschossige Räume) bildet. Das Lehrerzimmer liegt jeweils in der Mitte dieses Erschliessungsganges. Die Gebäude enthalten maximal drei Geschosse und sind entsprechend den topographischen Verhältnissen disponiert.

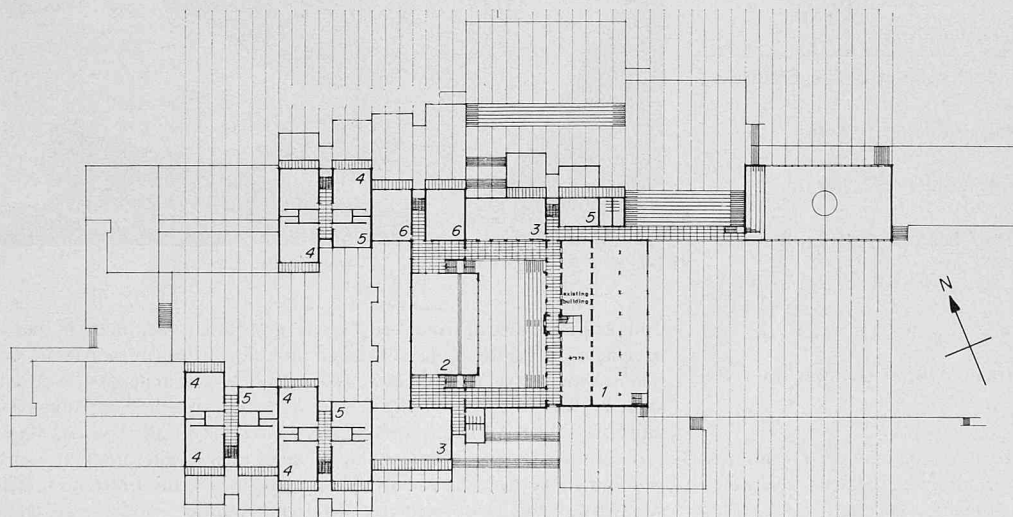
Die Schulanlage wurde flexibel geplant, um ein etappenweises Bauen zu ermöglichen. Das Projekt trägt in seinem architektonischen Aufbau Rücksicht auf die klimatischen Verhältnisse.



Schnitt 1:1500 Nord-Süd



Westseite 1:1500. Der höher ragende Baukörper mit Bogenöffnungen in Bildmitte stellt den bestehenden arabischen Schulbau dar



Obergeschoss 1:1500

Legende:

- 1 Essraum (Altbau)
- 2 Bibliothek
- 3 Zeichenraum
- 4—6 Klassenzimmer