

Der Bau der Bergstation der Seilbahn Klein Matterhorn

Autor(en): **Bloetzer, Peter**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **IABSE congress report = Rapport du congrès AIPC = IVBH
Kongressbericht**

Band (Jahr): **11 (1980)**

PDF erstellt am: **15.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-11293>

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.

**V****Der Bau der Bergstation der Seilbahn Klein Matterhorn**

The Construction of the Upper Cable Car Station Klein Matterhorn

L'exécution de la station supérieure du téléphérique du Petit Cervin

PETER BLOETZER

Dipl. Bauingenieur ETH/SIA

Ingenieurbüro Bloetzer + Pfammatter

Visp, Schweiz

ZUSAMMENFASSUNG

Dieser Artikel zeigt am Beispiel der bisher am höchsten gelegenen Baustelle Europas die besonderen Schwierigkeiten beim Bauen unter derart extremen klimatischen Bedingungen, wobei das Hauptgewicht auf den Einfluss der Höhenlage und der Temperatur- und Windverhältnisse auf die Projektierung und Ausführung gelegt wird.

SUMMARY

This contribution demonstrates through the example of the highest site in Europe so far the specific problems of construction in high altitudes. Special emphasis is laid on the influence that the height above sea level and the extreme wind and temperature conditions have on the design and the execution of the civil works.

RESUME

Cet article présente les problèmes typiques de la construction en haute altitude, en citant l'exemple du chantier le plus haut d'Europe à ce jour. Une attention spéciale est accordée aux aspects de l'altitude élevée et aux conditions de vent et de température, dont les influences sont manifestes sur le projet et l'exécution.

1. ALLGEMEINES

1.1 Konzession und Baubeschluss

Am 5. Dezember 1965 beschloss die Burgerschaft Zermatt, die Mehrheitsaktionärin der Luftseilbahn Zermatt – Schwarzsee – Klein Matterhorn AG ist, den Bau der Pendelseilbahn Trockener Steg – Klein Matterhorn.

Im Jahr 1969 wurde ein entsprechendes Konzessionsgesuch eingereicht und im darauffolgenden Jahr erteilten die eidgenössischen Behörden die Konzession.

Infolge einer Beschwerde der Stiftung für Landschaftspflege musste die Konzession vorerst sistiert werden und am 17. Dezember 1973 hat sie dann der Bundesrat endgültig in Kraft gesetzt.

1.2 Seilbahngebiet

Die Seilbahn Trockener Steg – Klein Matterhorn bildet die Krönung des Seilbahnsystems, das mit dem Plateau Rosa und dem Theodulgletscher eines der welt schönsten Skigebiete von ca. 5.5 km² erschliesst. Sie führt von der Station Trockener Steg, die am Fusse des Theodulgletscher auf einer Höhe von 2'945 m gelegen ist, hinauf bis unmittelbar unter den Gipfel des Klein Matterhorn; die Plattform der Bergstation liegt 60 m unter dem Gipfel auf einer Höhe von 3'820 m.ü.M.

1.3 Technische Daten

Fahrbahnlänge	: 3'835 m
Höhendifferenz	: 891 m
Mittlere Neigung	: 25 %
Stützen	: 3
Grösstes Spannfeld	: 2'885 m
Kleinste Spannfeld	: 175 m
Fahrzeuge	: 2 Kabinen mit Fassungsvermögen mit je 100 Personen
Fahrbahngeschwindigkeit	: in den Spannfeldern 10 m/Sek bei Stützenüberfahrt 7 m/Sek
Fahrzeit	: 500 Sek
Förderleistung	: 600 Personen / h
Fahrbahnen	: 2
Tragseile	: je 2

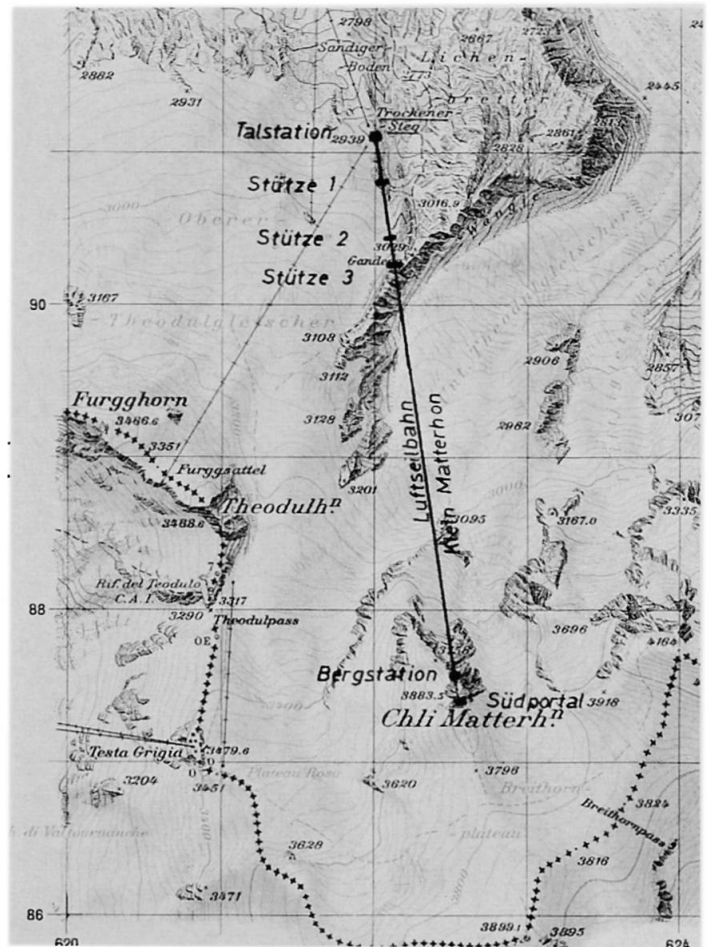


Abbildung 1 : Seilbahngebiet
Ausschnitt LK 1:50'000



- Durchmesser der Tragseile : 45.2 mm
- Zugseile : je 1
- Durchmesser der Zugseile : 40 mm
- Gegenseile : je 1
- Durchmesser der Gegenseile : 44 mm

2. BESCHRIEB DER BERGSTATION

2.1 Aufnahmegebäude

Das Aufnahmegebäude der Bergstation Klein Matterhorn ist eine Massivbaukonstruktion in Stahlbetonbauweise, die ab Perrondecke eine maximale Höhe von 18.62 m und eine grösste Breite von 20.26 m aufweist.

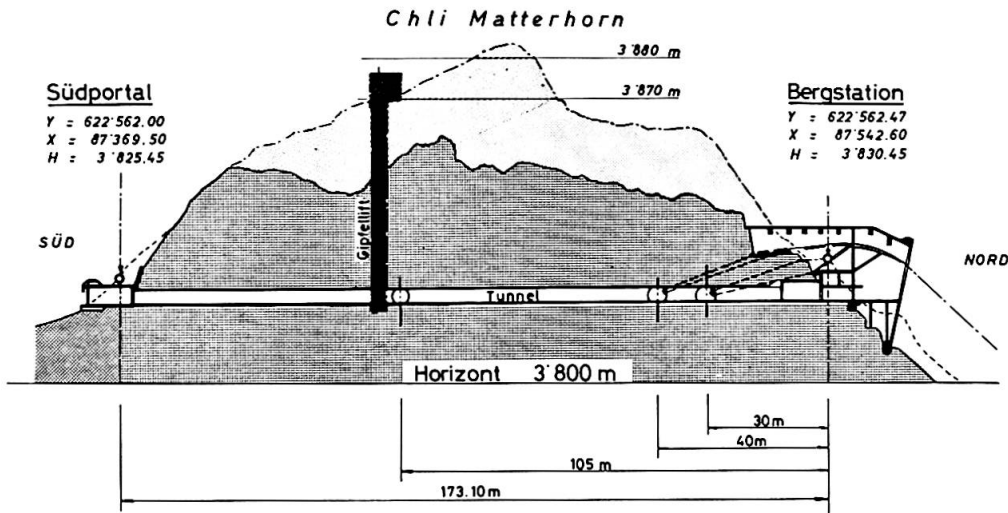


Abbildung 2 : Situation der Bergstation

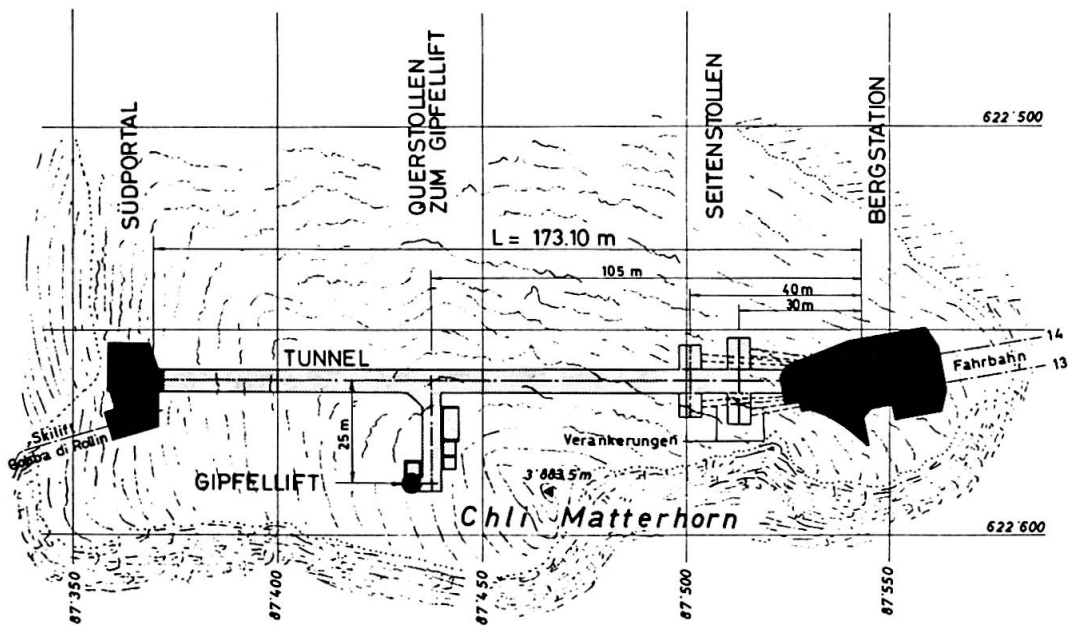


Abbildung 3 : Längsschnitt der Bergstation



2.2 Zugangstunnel und Gipfelloift

Vom Aufnahmegebäude führt ein 173.10 m langer Zugangstunnel mit einem Querschnitt von 11.50 m² auf das Breithornplateau.

Vom Zugangstunnel zweigt ein Seitenstollen ab mit einem Steigschacht in den ein 10-Personenlift von 52 m Höhe eingebaut ist.

Mit diesem Lift können die Touristen auf eine kleine Aussichtsterrasse gelangen, die in unmittelbarer Nähe des Gipfels angelegt ist.

2.3 Seilverankerung

Um eine einwandfreie Seilverankerung sicherzustellen, wurden vom Zugangstunnel ausgehend beidseitig zwei Querstollen ausgebrochen, in denen die Ankerplatten der Trag-, Zug-, und Hilfsseilverankerungen angebracht sind.

Dies ermöglicht eine dauernde einwandfreie Kontrolle der Verankerung sowie dank einer entsprechenden Dimensionierung ein Auswechseln der Spannkabel ohne Betriebseinstellung.

3. UMWELTBEDINGUNGEN

3.1 Höhenlage

Die Baustelle der Bergstation Klein Matterhorn wurde von der Tagespresse als "Baustelle der Superlative" bezeichnet. Sicher ist, dass es sich um eine Baustelle mit extremen Verhältnissen handelte. Aufgrund der Höhenlage liegt die 0-Grad-Grenze praktisch ganzjährig unterhalb der Bergstation, so dass sich diese in der Permafrostzone befindet.

Die extreme Höhenlage der Baustelle hat an alle Beteiligten besondere Anforderungen gestellt. Das Arbeiten auf dieser Höhe fordert infolge des geringen Sauerstoffgehaltes der Luft vom Herz- und Kreislaufsystem viel grössere Leistungen als dies im Flachland der Fall ist. Dazu kommen die extremen Temperaturschwankungen, je nach Witterungsverhältnissen und ausserdem die psychische Belastung infolge von Abgeschiedenheit und Angst vor Gesundheitsschäden sowie dem Fehlen der gewohnten Freizeitgestaltung. Kopfschmerzen und Schlaflosigkeit sind die normalen Begleiterscheinungen des Arbeitens in dieser Höhenlage.

3.2 Temperaturen und Windverhältnisse

Neben der Höhenlage waren es insbesondere die Temperaturverhältnisse, die sämtliche Bauarbeiten, insbesondere aber das Betonieren erheblich erschwerten.

In Abb. 4 sind vergleichsweise Ausschnitte aus den Temperaturdiagrammen der Monate Mai, Juli und November des Jahres 1979 angegeben.

Die Temperaturverhältnisse entsprechen etwa dem, was vorausgesehen werden konnte auf Grund der Klimadaten der Wetterstation Plateau Rosa, 3'488 m.ü.M. Die Extremwerte der Lufttemperatur in den Jahren 1966 bis 1975 wurden wie folgt angegeben:

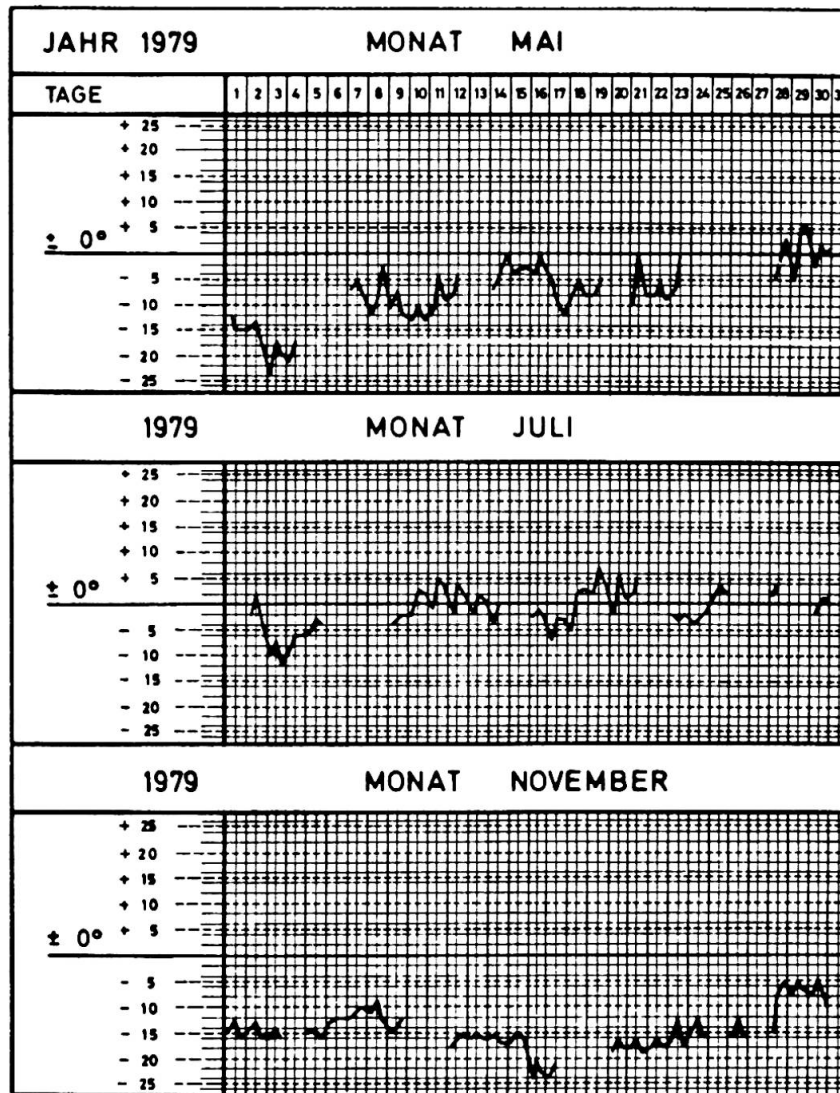


Abbildung 4 : Ausschnitte aus den Diagrammen der Tagestemperaturen der Monate Mai, Juli und November 1979

Monatsmittel der Lufttemperaturen: (Wetterstation Plateau Rosa)

	<u>Höchstes</u>	<u>Mittleres</u>	<u>Tiefstes</u>
Mai	- 2.3°	- 4.72°	- 6.6°
Juni	0.3°	- 1.76°	- 3.3°
Juli	3.5°	+ 0.84°	- 1.0°
August	2.0°	+ 0.69°	- 1.1°
September	0.1°	- 1.35°	- 5.7°

Maximale und minimale Temperaturen:

	<u>Maximum</u>	<u>Minimum</u>
Mai	9.9°	- 14.8°
Juni	9.0°	- 13.8°
Juli	11.5°	- 10.0°
August	10.0°	- 12.4°
September	6.4°	- 14.6°

Die höchsten Temperaturen wurden meistens nachmittags um 15.00 Uhr, die tiefsten um 03.00 Uhr bis 06.00 Uhr gemessen.

Eine weitere erhebliche Belastung der Bauarbeiten bedeuteten die extremen Windverhältnisse. Windgeschwindigkeiten von über 80 Std/km konnten beinahe jede Woche registriert werden.

Vergleichsweise seien die Tage angegeben, während der infolge hoher Windgeschwindigkeiten (über 80 Std/km) oder schlechter Witterung keine Heli-Transporte durchgeführt werden konnten, oder diese unterbrochen werden mussten.

Baujahr	Arbeitstage	Kein Flugwetter	Teilweise Flugwetter
1976	112 ab 19.7.	30	19
1977	217	46	26
1978	197	39	37
1979	102 bis 4.6.	27	22

4. BAUPROGRAMM

Das nachfolgende Balkendiagramm zeigt das Bauprogramm der Baustelle Bergstation Klein Matterhorn auf.

Arbeitsbeschreibung	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980
Projektierung	[]		[]				
Ausschreibung	[]		[]				
Installation der Baustelle			[]				
Tunnelausbruch			[]				
Felsausbruch Bergstation				[]			
Fundamente / Stahlkonstruktion					[]		
Seilzug					[]		
Betonarbeiten Bergstation					[]	[]	
Innenausbau						[]	
Fertigstellungsarbeiten							[]
Inbetriebnahme d. prov. Bahn						[]	
Inbetriebnahme							[]

Abbildung 5 : Bauprogramm



5. INSTALLATIONEN UND TRANSPORTE

5.1 Installationen

Als Installationsplatz für die Baustelle kam nur der Uebergangsbereich zwischen Breithornplateau und Südflanke des Klein Matterhorn, in unmittelbarer Nähe des Südportals des Zugangstunnels in Frage.

Hier wurden die Baubaracke mit Schlaf-, Aufenthalts- und Kücheneinrichtungen sowie die Wassertanks, Kompressoren und Notstromgruppen installiert. Für den Transport dieser Anlage wurde ein Helikopter des Typs Puma SA 330 eingesetzt, der auch in dieser Höhenlage noch eine zulässige Nutzlast von über 1 Tonne aufweist.

5.2 Transportkonzept

Das Hauptproblem war die Versorgung der Baustelle mit Baumaterialien, Wasser sowie mit den täglichen Versorgungsgütern für die Belegschaft.

In der Projektierungsphase standen zwei grundlegend verschiedene Versorgungs- und Transportkonzepte in Auswahl. Das erste sah den Bau einer Materialseilbahn vor, von Trockener Steg bis zur Baustelle Klein Matterhorn; und das zweite sah eine Bauausführung in zwei Etappen vor; eine erste Etappe bestehend aus dem Bau des Zugangsstollens zur Nordwand in der die eigentliche Bergstation liegt, sowie dem Bau der Fundamente der Bergstation und der Verankerungspoller; eine Zwischenetappe, in der von der Seilbahn-Baufirma die Trag- und Zugseile gespannt und die Seilbahn mit einer provisorischen Personenkabine sowie mit einem Materialtransportgehänge bestückt wurde, und eine zweite Etappe, in der die Betonarbeiten für die Bergstation und die Fertigstellungsarbeiten des Zugangsstollens in Ausführung kamen.

Bauherrschaft und Bauleitung haben sich für die zweite Variante entschieden. Der Hauptgrund für diese Wahl lag darin, dass auch beim Bau einer Materialseilbahn vorerst ein Zugang zu deren Bergstation hätte ausgesprengt werden müssen, und dass auch so erhebliche Verankerungs- und Fundationsarbeiten erforderlich gewesen wären, die nur mit Heli-Transporten ausgeführt werden konnten.

In der gesamten ersten Bauetappe musste die Baustelle mit Heli-Transporten versorgt werden. Zum Einsatz kamen Helikopter vom Typ Lama der Air-Zermatt. Insgesamt wurden diese bis zur Inbetriebnahme der Seilbahn während total ca. 1900 Flugstunden eingesetzt.

6. AUSFUEHRUNGSPROBLEME

6.1 Belegschaft

Die nachfolgende Tabelle zeigt den Bestand der Belegschaft während der Baujahre 1978 und 1979

6.2 Betonierarbeiten

Um auf dieser Höhe bei teilweise sehr tiefen Temperaturen eine einwandfreie Betonqualität erreichen zu können, wurde ein BH HPC 300 verwendet mit 2 % Frostschutz. Die Zuschlagsstoffe wurden je nach Temperaturverhältnissen aufgewärmt. Der Beton, dessen Aufbereitung im Bereiche der Talstation Trockener Steg erfolgte, wurde mit doppelwandigen, isolierten Behältern per Heli eingeflogen bzw. mit der Seilbahn antransportiert. Der Temperaturabfall bei

Jahr		1978																															
Tage		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	TOTAL
JANUAR																																	
FEBRUAR																																	
MÄRZ																																	
APRIL					7	11	11	11	10			13	13	16	12	12		18	18	15	16	16	10		18	20	21	20	16			304	
MAI		17	17	17		12			14	15	15	15	14			12	15	15	15	15	7		13	14	14		14	12	18	19	19	407	
JUNI		16	18	9		9	12	13	12	12			8	8	9	9	9	5		7	8	11	8	8			8	7	8	7	7	230	
JULI		5	9	9	9	11	11			10	11	10	11	10	8		8	8	8	9	8				8	7	8	8	7	4	7	204	
AUGUST		7	7	7	7	4	1	7	6	7	6	6	2	1									6	6	6	4	4	2	7	9	7	127	
SEPTEMBER		8	3		8	9	8	8	8	4		8	8	9	9	10			7	7	7	7	7			7	7	6	6	6	167		
OKTOBER		7	8	8	8	7	2	7	8	8	8	8			8	8	7	8	8				8	8	8	8			10	7	175		
NOVEMBER		8	8			8	8	8	8	6			7	7	8	8			9	10	10	9	7			7	7	8	5		163		
DEZEMBER		5		2	4	4	3	1				2	3	3	2	2		1	2	3	3	3									43		

Jahr		1979																															
Tage		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	TOTAL
JANUAR																		7	7	7	7			2	2	3	3	3		5	5	5	63
FEBRUAR		4	4			4	4	4	4	4			4	4	4	4			4	4	4	4			4	4	4		4	8	4	84	
MÄRZ		4	4			4	4	2	2	2			4	5	5	5				12	17	17	17			17	21	20	19	19	205		
APRIL				26	24	24	25	25	7	21	21	20	20	21			1	10	10	10	10			23	19	16	16	16	16		390		
MAI		18	14	16	17			20	19	19	17	20	5		16	15	14	16	13	15		19	16	17				15	12	10	12	357	
JUNI		13	6		10	10	10	11	11	12			16	11	17			1	10	11	12	9	9	7		8	9	9	11	3	235		
JULI			8	7	8	10	9			11	10	11	10	11	6		8	14	12	10	11	1		8	16	13	13	13	16	20	278		
AUGUST		10	10	6		7	7	7	7	5		5	8		9	10	13		10	8	9	12	11	9		13	19	15	12	12	245		
SEPTEMBER				11	11	12	13	11	8		14	18	14	16	12	8	1	8	10	12	10	13	6		14	14	11	15	13		275		
OKTOBER		20	17	17	14	14	7		15	1																					105		
NOVEMBER																																	
DEZEMBER																																	

Abbildung 6 : Bestand der Belegschaft 1978 und 1979

Transporten mit unisolierten Behältern wurde durch Versuche festgestellt, die Isolation wurde sodann so festgelegt, dass der Temperaturabfall während eines Helikoptertransportes 3° Celsius und während einer Seilbahnfahrt 6° Celsius nicht überstieg. Im weiteren wurde, um die Baustelle zu schützen, das Stahllehrgerüst ausserhalb der äusseren Schalung montiert und über die Bergstationsdecke hochgezogen, so dass ein Zwischenraum entstand, und dieser mit einer zusätzlichen Schalung abgedeckt werden konnte. Damit wurde erreicht, dass die Baustelle nach drei Seiten und nach oben hin durch die Schalung, bzw. durch die bereits erstellten Bauteile abgeschlossen war. Je nach Bedarf konnte auch die Nordseite zusätzlich mit Plachen verschlossen werden.

Dadurch wurden die sonst notwendigen Schneeräumungsarbeiten auf ein Minimum reduziert. Zusätzlich ermöglichte dies soweit notwendig, den Einsatz von Heissluft-Heisanlagen, um das Abbinden des Betons sicherzustellen.

Mit diesen Massnahmen wurde eine mittlere Betonfestigkeit von $\beta_w 28 = 300$ kp/cm² erreicht.

Die Betonprüfung erfolgte durch regelmässige Entnahme von Probewürfeln, die auf der Baustelle gelagert wurden und per Heli zum Prüflabor geflogen wurden. Diese Betonprüfmassnahmen wurden durch zusätzliche Kernbohrungen überprüft. Das gleiche Betonmaterial ergab je nach dem, ob in der Talstation bei 2'945 m oder auf der Bergstation auf 3'820 m eingebracht, eine mittlere Festigkeitsdifferenz von 100 kp/cm².

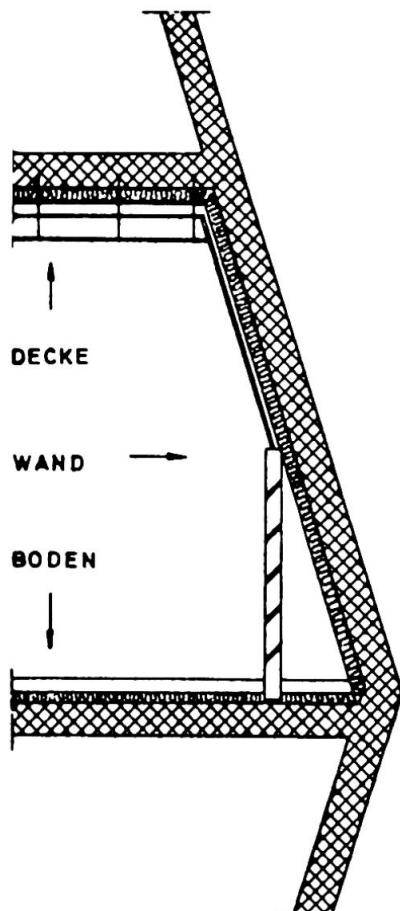
6.3 Felsanker

Zur Sicherung des Felsausbruchbereichs mussten Felsanker eingesetzt werden, dabei haben sich Zwei-Komponenten-Kunstharzanker im Gegensatz zu Spreizhül- senanker gut bewährt.

6.4 Isolation im Uebergang zwischen Kalt- und Warmbereich

Im Uebergang zwischen Kalt- und Warmbereich wurde eine Wärmeisolation angebracht um ein Auftauen der vorhandenen Eislinen zu verhindern.

Als Isolationsmaterial wurde Foamglas, bzw. Styrofoam verwendet.



Deckenisolation

- 80mm dicke Foamglasplatten mit Foamglaskleber geklebt und mechanisch befestigt.
- Deckenverkleidung Nordfichtentäfer 13 mm stark, mit Nut und Kamm, mit Unterkonstruktion ca. 25cm heruntergehängt

Wandisolation

- 120 mm dicke, gefälzte Styrofoamplatten mechanisch befestigt.
- Dampfbremse Kaltbitumenüberstich 2-3 mm dick
- Vormauerung
- Verputz

Bodenisolation

- 50 mm dicke, gefälzte Styrofoamplatten punktwise geklebt, mechanisch befestigt.
- Dampfbremse 1 Lage Dachpappe Alu 10 B
- Trennschicht 1 Lage Plastikfolie
- Zementüberzug

Abbildung 7 : Detail Wärmeisolation im Uebergangsbereich zwischen Kalt- und Warmbereich

6.5 Bohrarbeiten im Permafrostbereich

Die Bohrarbeiten über Tag wurden durch den Permafrost in keiner Weise erschwert. Im Stollen musste nach anfänglichen Versuchen infolge Eisbildung, auf die Nassbohrung verzichtet werden; es wurden Absaugvorrichtungen an den Bohrgeräten sowie Schutzmasken eingesetzt.

6.6 Eisbildungen

Im Fundamentbereich trat, wenn infolge Wetterumsturz nicht unmittelbar nach dem Ausbruch betoniert werden konnte, eine starke Eisbildung auf; innert Wochenfrist bildete sich jeweils eine Eisschicht von einigen cm Stärke. Im Ausbruch für das Pollerfundament bildete sich in der Zeit von anfangs Dezember bis Ende April eine Eisschicht von ca. 1.50 m Stärke und im Bereich zwischen Baubaracke und Südflanke des Klein Matterhorn musste jährlich eine ca. 1 m starke Eisschicht entfernt werden.

Das Gros des Eisschichten wurde mit mechanischen Abbaugeräten entfernt; die unterste Schicht musste jeweils mit den Gasflammen aufgetaut werden.



7. SCHLUSSBEMERKUNGEN

Nachdem die Bauarbeiten mit Ausnahme des Gipfelliftes im Spätherbst 1979 weitgehend zum Abschluss kamen und die Seilbahn am 23. Dezember 1979 in Betrieb genommen werden konnte, muss festgestellt werden, dass sich die auf der höchsten Baustelle Europas angewandten Bauverfahren bewährt haben. Das Bauvorhaben hat an alle Beteiligten hohe Anforderungen gestellt und zum guten Gelingen hat eine einwandfreie Zusammenarbeit wesentlich beigetragen.