

Zeitschrift:	Schweizerische Bauzeitung
Herausgeber:	Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band:	81 (1963)
Heft:	39
Artikel:	Die Stromversorgung, die Sicherungs- und die Überwachungsanlagen des Bernhardin-Tunnels
Autor:	Fischer, M.
DOI:	https://doi.org/10.5169/seals-66881

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: 14.02.2026

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

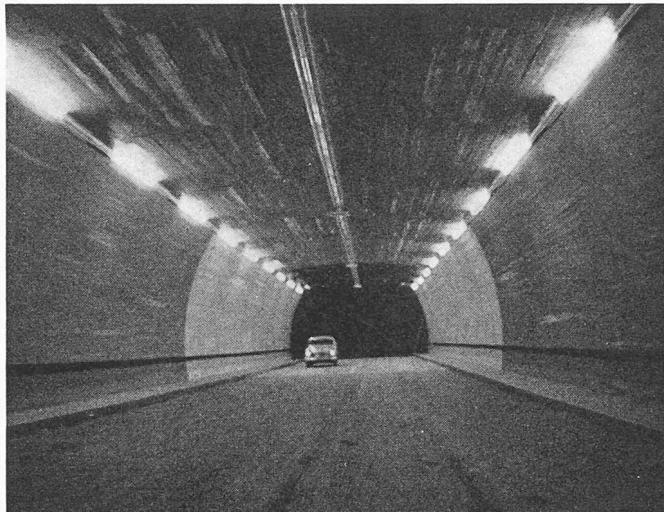


Bild 3. Beleuchtungsversuch mit zwei unterbrochenen Leuchtenbändern. Durch den Hell-Dunkel-Effekt können bei gewissen Fahrgeschwindigkeiten störende Flimmerwirkungen eintreten

baulichen Verhältnisse zulassen, kann die Adaptationsstrecke durch Lichtschutzgalerien oder Raster auf einfache Weise verwirklicht werden. Solche Lösungen ergeben gewöhnlich etwas höhere Baukosten, erlauben aber eine Verminderung der Betriebs- und Unterhaltskosten. Auf Grund der vorgesehenen Portalgestaltung und der zu erwartenden ungünstigen Schneeverhältnisse konnte eine solche Lösung für den Bernhardin-Tunnel nicht vorgesehen werden. Um die erforderlichen hohen Beleuchtungsniveaus in den Adaptationsstrecken (rd. 1500 Lux) zu erreichen, müssen daher eine Vielzahl von Leuchten eingebaut werden. Es ist geplant, diese Leuchten an beiden Tunnelwänden als Bänder abnehmender Breite anzurichten. In der Durchfahrtstrecke werden diese Bänder auf das Minimum von je einer Leuchte reduziert werden. Auf Grund weiterer Untersuchungen wird noch entschieden werden müssen, ob diese Lichtbänder in der Durchfahrtstrecke als durchgehende oder als unterbrochene Bänder ausgeführt werden. Bei dieser Entscheidung sind besonders die Preise der Anlage und Probleme im Zusammenhang mit der Regulierung der Helligkeit zu berücksichtigen. Das Beleuchtungsniveau in dieser Durchfahrtstrecke soll rd. 50 Lux bei Tag und rd. 25 Lux bei Nacht betragen.

Hier ist noch zu erwähnen, dass die Portale in Kurven von rd. 400 m Radius gelegt worden sind, so dass bei der Ausfahrt aus dem Tunnel die blendende Wirkung der Tunnelöffnung erst wirksam wird, wenn sich der Fahrer in der Adaptationsstrecke befindet.

Auf Grund von wirtschaftlichen, betrieblichen, ästhetischen und beleuchtungstechnischen Überlegungen wurde für den Bernhardin-Tunnel die Verwendung von Leuchtstofflampen vorgeschlagen. Diese Lampen weisen neben einem

niedrigen Preis, guter Lebensdauer und kleiner Leuchtdichte auch eine annehmbare Lichtausbeute auf. Für die Durchfahrtstrecke werden voraussichtlich 40 W und für die Adaptationsstrecke 65 W Lampen eingebaut.

Der Ausbildung der Leuchten muss in Anbetracht der ungünstigen Umweltbedingungen im Tunnel (Korrosion, Feuchtigkeit, extreme Temperaturen usw.) besondere Beachtung geschenkt werden. Auch die Konstruktion der Leuchten und der dazu gehörigen Hilfsapparate muss im Hinblick auf die Montage, den Unterhalt, den Ersatz und die Reinigung genau überprüft werden.

Abschliessend ist noch zu bemerken, dass die Wirksamkeit der Beleuchtungsanlage im Tunnel durch eine zweckmässige Gestaltung und Farbgebung der Fahrbahn und besonders der Wände wesentlich beeinflusst werden kann. Dazu muss ein möglichst heller und dauerhafter Wandbelag benutzt werden, welcher auch nach mehrmaliger Reinigung noch einen hohen Reflexionsgrad aufweist. Auch bei den Tunneleinfahrten können durch einfache Hilfsmittel (durch Bepflanzung der Portalumgebung und der Zufahrten) die Helligkeitskontraste gemildert und damit der Sehkomfort verbessert werden.

Zusammenfassung

Es sind im vorstehenden kurzen Bericht die verschiedenenartigen Probleme angedeutet worden, welche bei der Planung der Beleuchtung des Bernhardin-Tunnels berücksichtigt werden mussten. Die Beleuchtung ist nach den neuesten Erkenntnissen und dem heutigen Stand der Technik entworfen und soll dazu beitragen, jedem zukünftigen Tunnelbenutzer die Durchfahrt durch den Bernhardin-Tunnel zu einem angenehmen und sicheren Erlebnis werden zu lassen.

Die Stromversorgung, die Sicherungs- und die Überwachungsanlagen des Bernhardin-Tunnels

DK 625.712.35:656.065.7

Von M. Fischer, dipl. Ing., Elektro-Watt, Zürich

Die reibungslose Bewältigung der bei der Planung des Bernhardin-Tunnels zu Grunde gelegten Fahrzeugbelastung im engen Verkehrsraum des Tunnels wird nur möglich sein, wenn folgende grundsätzliche Bedingungen bei der Projektierung berücksichtigt und erfüllt werden:

— Die durch die Verbrennung der Treibstoffe in den Motoren entstehenden Abgase und Rauchgase sind aus dem Verkehrsraum abzuführen und soweit zu verdünnen, dass für die Tunnelbenutzer schädliche direkte oder indirekte Folgen vermieden werden.

— Im Fahrraum und an den Zufahrten ist ein Beleuchtungsniveau zu gewährleisten, welches jederzeit den raschen und sicheren Ablauf des Verkehrs zu garantieren vermag.

— Es müssen im Tunnel Einrichtungen geschaffen werden, welche die Kontrolle, die Regelung und die Beeinflussung des Verkehrs unter allen denkbaren Umständen ermöglichen.

— Es sind die notwendigen Einrichtungen bereitzustellen, damit bei Störungen, Unfällen oder irgendwelchen Katastrophen die notwendigen Hilfeleistungen sofort in die Wege geleitet werden können.

— Schliesslich sind auch Einrichtungen und Hilfsmittel zu planen und vorzusehen, welche einen reibungslosen und rationalen Unterhalt, Reinigungs- und Reparaturdienst der Installationen und Bauwerke ermöglichen.

Im folgenden sollen einige der damit zusammenhängenden Einrichtungen und Installationen beschrieben werden.

Die Stromversorgung

Die Energieversorgung der elektrischen Einrichtungen des Tunnels erfolgt aus den 50-kV-Netzen der Kraftwerke Hinterrhein im Norden und der Misoxer Kraftwerke im Süden. Für den Energietransport zum Tunnel sind 50-kV-Leitungen vorgesehen, welche sowohl im Norden als auch im Süden direkt an Sammelschienen von Kraftwerken ange-

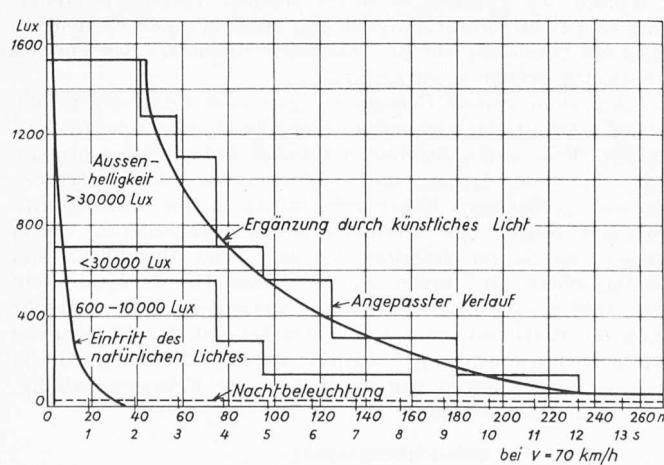


Bild 4. Verlauf der Beleuchtungsstärke bei den Tunnel-Portalen

schlossen werden. Zudem besteht an beiden Speisestellen die Möglichkeit des Energiebezuges aus dem 220-kV-Verbundnetz. Diese doppelte Speisung der Tunnelinstallationen aus zwei unabhängigen Netzen gewährleistet die für den Tunnelbetrieb wichtige Sicherheit der Stromversorgung. Auf eine besondere Notstromversorgung konnte daher vorläufig verzichtet werden. Bei den Portalen Süd und Nord sind Unterstationen 50/16 kV mit 5000-kVA-Reguliertransformatoren geplant. Die Regulierbereiche dieser Transformatoren sind derart ausgelegt, dass die 16-kV-Spannung auf den Sammelschienen unabhängig von der Belastung in engen Grenzen ausreguliert werden kann.

Im Tunnel selbst, d.h. zwischen den beiden Portalstationen und den beiden Schachtstationen, sind zwei parallele 16-kV-Kabel vorgesehen, welche in jeder Station auf zwei unabhängige Sammelschienen aufgeschaltet werden. In jeder Station sind daher beide Netze vorhanden, so dass bei Störungen einer Anspeisung stets noch die Hälfte der Verbraucher ungestört versorgt werden kann.

Für die Speisung der Beleuchtung, Ventilation und Hilfsbetriebe sind getrennte Transformatoren geplant, welche wie folgt dimensioniert worden sind:

Ventilation: 6 Transformatoren 16 000/500 V, 630 kVA für je 2 Ventilatoren von 220 kW

Beleuchtung: 8 Transformatoren 16 000/380 V, 160 kVA

Hilfsbetriebe: 4 Transformatoren 16 000/380 V, 160 kVA

Je die Hälfte dieser Transformatoren ist an das Netz Nord bzw. Süd angeschlossen. Ein Kuppelschalter in jeder Portalstation erlaubt bei allfälligen Störungen die Umschaltung sämtlicher Tunnelverbraucher auf das gesunde Netz. Schliesslich ist noch zu bemerken, dass in jeder Portalstation die Möglichkeit des Anschlusses eines 16-kV-Abganges mit 1000 kVA besteht.

Von den einzelnen Transformatoren ausgehend werden sekundäre Verteilkabel zu den Hauptverteiltäbleaux in den Stationen verlegt. Das Sekundärnetz für die Beleuchtung wird von diesen Hauptverteiltäbleaux aus weiter verzweigt auf Unterverteilkästen im Tunnel. Für diesen Zweck wurde im Tunnelprofil ein begehbarer Kabelkanal ausgespart, an dessen Wänden die Kabelabläre und die Unterverteilkästen — letztere in Abständen von rd. 300 m — befestigt werden sollen.

Ein besonderes Problem im Zusammenhang mit der Stromversorgung der Ventilationsanlage sei hier noch erwähnt. Die Antriebsaggregate der insgesamt 12 Ventilatoren bestehen aus polumschaltbaren Drehstrommotoren mit 364, 483, 724 und 972 U/min. und einer max. Leistung von rd. 220 kW. Jeweils zwei solche Motoren sind an einen Transformator 630 kVA angeschlossen und werden mit 500 V Drehstrom gespeist. Die zur Anwendung gelangenden Drehstrommotoren mit Kurzschlussläufern weisen einen im Verhältnis zum Nennstrom sehr grossen Anlaufstrom auf. Da damit gerechnet werden muss, dass mehrere Motoren gleichzeitig anlaufen können, würden die dabei entstehenden Stromspitzen erhöhte Anforderungen an das Material sowie an das speisende Netz stellen. Um diese zusätzliche Beanspruchung herabzusetzen, wurden die Transformatoren mit einer Anzapfung bei rd. 330 V vorgesehen, an welcher die Ventilatormotoren beim Uebergang auf eine höhere Drehzahl mit verminderter Anfahrstrom hochgefahren werden können.

Die Sicherungsanlagen

Als Sicherungsanlagen sollen im folgenden alle im Tunnel oder bei den Zufahrten fest eingebauten Einrichtungen bezeichnet werden, welche zur Gewährleistung des normalen Tunnelbetriebes oder zur Ortung und Behebung von Störungsursachen notwendig sind. Ausser diesen Einrichtungen werden für den Bernhardin-Tunnel noch eine Anzahl weiterer Sicherungs- und Hilfseinrichtungen oder zum mindesten Hilfsmassnahmen getroffen, welche jedoch nicht im Rahmen dieses Aufsatzes beschrieben werden. Dazu sind zu zählen: die Beschaffung von Spezialfahrzeugen für die erste Hilfe, für den Pannendienst und die Feuerbekämpfung, die Ausbildung und Instruktion geeigneter Einsatztruppen, der Erlass besonderer Vorschriften, die Bereitstellung von

beweglichen Signaleinrichtungen und Markierungsmaterial und vieles andere mehr.

Die für den Bernhardin-Tunnel vorgesehenen festen Sicherungsanlagen umfassen zunächst Einrichtungen, die den einzelnen Verkehrsteilnehmern zur Verfügung stehen werden, wie SOS-Telephone, Signalkästen, Brandschutzgeräte und Ausweichnischen. Ausweichnischen sind in Abständen von rd. 750 m, abwechselnd auf beiden Tunnelseiten vorgesehen. Diese Nischen weisen die notwendige Tiefe und Länge auf, damit auch grössere Fahrzeuge ohne Behinderung des Verkehrs abgestellt werden können. Die Benützung dieser Nischen soll Betriebsfahrzeugen oder Pannenfahrzeugen vorbehalten werden. Es ist jedoch selbstverständlich, dass diese Nischen auch von Fahrern benützt werden dürfen, die nach Einfahrt in den Tunnel von Unwohlsein befallen werden. In jeder Nische wird ein Telefon für die Direktverbindung mit dem Tunnel-Kommandoraum vorhanden sein. Von jeder Nische aus kann man über eine Treppe in den Kabelkanal gelangen, welcher in ausserordentlichen Unglücksfällen als Fluchtweg benützt werden könnte.

Damit bei Unfällen oder Pannen innerhalb des Tunnels die Hilfsmannschaften mit geeigneten Geräten sofort eingesetzt werden können, ist der Verbindung zwischen dem Unfallort und dem Kommandoraum höchste Beachtung zu schenken. So sind innerhalb des Tunnels, in Abständen von 250 m, Alarmkästen angeordnet, welche neben einem Telefon für das Betriebspersonal drei Signaltasten für Betätigung durch die Tunnelbenutzer enthalten. Diese Tasten sind als Panne-, Unfall- und Brandtasten bezeichnet. Entsprechende Lampen im Kommandoraum, welche bei Betätigung der Tasten aufleuchten, ermöglichen dem Betriebspersonal nicht nur den Ort, sondern auch die vermutliche Art der Störung zu erkennen. Erste Sofortmassnahmen werden auf Grund dieser Meldung unmittelbar ausgelöst werden können. Zusätzlich soll in jedem Alarmkasten ein tragbares Brandschutzgerät untergebracht werden, welches den Tunnelbenutzern für die Bekämpfung kleinerer Brände zur Verfügung stehen wird. Eine Hydrantenleitung mit Hydranten in Abständen von rd. 80 bis 100 m wird das für die Bekämpfung grösserer Brände notwendige Wasser auf die gesamte Länge des Tunnels verteilen.

Als weitere Sicherungsanlagen sind die Verkehrssignalanlage, die Kohlenstoffmonoxid- und Trübungsmesstationen zu nennen.

Die *Verkehrssignalanlage* wird aus normalen, dreiflamigen Ampeln, in Abständen von rd. 300 m im Tunnel, an den Portalen und bei den Zufahrten bestehen. Diese Signalanlage kann vom Kommandoraum aus gesteuert werden und folgende Hauptphasen darstellen: freier Verkehr; Anhalten des gesamten Verkehrs auf der linken oder rechten Spur, sowie auf beiden Spuren (entsprechende Ampeln rot); Sperren der Tunneleinfahrten, jedoch freier Verkehr für die Fahrzeuge im Innern des Tunnels; gestörter Verkehr (gelbes Blinklicht). Sämtliche Signale können einzeln oder in Phasen vom Kommandoraum aus gesteuert werden.

Die dauernde und unmittelbare *Ueberwachung des Kohlenmonoxydgehaltes* der Luft und der Sichtverhältnisse im Tunnel ist für die Sicherheit der Tunnelbenutzer und für die flüssige Abwicklung des Verkehrs von auschlaggebender Bedeutung. Anderseits ist es für eine wirtschaftliche Betriebsführung wichtig, die Luftförderung der Belastung der Luft durch Kohlenmonoxid und durch Rauch aus den Abgasen der Fahrzeug-Motoren anzupassen. Diese Anforderungen sollen durch den Einbau von 6 Messtationen im Tunnel verwirklicht werden. Die von den Apparaturen im Tunnel gemessenen CO-Konzentrationen und Sichtprüfungswerte werden im Kommandoraum auf Registrierstreifen aufgezeichnet. Diese Daten können durch geeignete Zusatzapparate zur Regelung der Ventilatoren benutzt werden. Bei Ueberschreitung von zulässigen Grenzwerten werden zudem akustische und optische Signale das Betriebspersonal alarmieren.

Die Ueberwachungseinrichtungen

Es ist geplant, sowohl beim Nord- als auch beim Südportal verschiedene Gebäude für die Unterbringung der

Betriebseinrichtungen und Fahrzeuge zu errichten. Es müssen auch Räumlichkeiten als Büro, Magazine, Werkstätte und so fort bereitgestellt werden. Die eigentliche Ueberwachung des Tunnelbetriebes wird dagegen in einem Kommandoraum im Betriebsgebäude Süd zentralisiert. In diesem Kommandoraum sind folgende Einrichtungen vorgesehen:

— je eine Steuer- und Ueberwachungstafel für die Hochspannungs- und Verteilanlagen, für die Ventilationsanlage und die Beleuchtungsanlage. Auf diesen Tafeln gelangen die erforderlichen Störungsmeldungen und Betriebsänderungen zur optischen und akustischen Anzeige. Alle wichtigen Funktionen wie Schalterbetätigung, Drehzahlverstellung der Ventilatoren usw. können von dieser Tafel aus fernbedient werden. Die notwendigsten, in der Tafel eingebauten Messinstrumente erlauben dem diensttuenden Personal eine genaue Kontrolle der wesentlichen Betriebsparameter.

— Eine Statistiktafel mit eingebauten Zählinstrumenten. Diese Instrumente werden von Zählschwellen im Tunnel, in Abhängigkeit der durchfahrenden Fahrzeuge, gesteuert.

— Eine Verkehrsüberwachungstafel. Auf dieser Tafel werden die Verkehrssignale, die Alarmtasten, die Betriebs- und SOS-Telephone und die Brandschutzgeräte durch kleine Signallampen und entsprechend dem Einbauort im Tunnel übersichtlich dargestellt.

— Ein Bedienungspult mit eingebauter Telephonstation, mit Quittungstasten für Signale und Alarne und mit Steuertasten für die Verkehrssignalanlage vervollständigt die Einrichtung des Kommandoraumes.

Die Einrichtungen im Tunnel und im Kommandoraum werden im übrigen derart vorgesehen, dass eine Fernseheinrichtung für die Ueberwachung des Verkehrs an den Zufahrten und im Tunnel eingebaut werden könnte. Diese Ueberwachungseinrichtung würde eine wertvolle Ergänzung der periodischen Kontrolle des Tunnels durch motorisiertes Betriebspersonal darstellen. Für die Uebertragung der für die Steuerung und Ueberwachung der Anlagen notwendigen Informationen in den Kommandoraum müssen verschiedene Steuer- und Signalkabel im Tunnel verlegt werden. Als Uebertragungsspannung wurde 48 V= gewählt, so dass preisgünstigere Telephonkabel verwendet werden können. Die gesteuerten Apparate selbst werden über Zwischenrelais mit 200 V= gespeist.

Zusammenfassung

Im Rahmen des vorliegenden kurzen Berichtes war es nicht möglich, die verschiedenen, für den Bernhardin-Tunnel vorgesehenen Einrichtungen lückenlos zu beschreiben. Es soll jedoch gezeigt werden, dass für die Sicherheit der zukünftigen Tunnelbenutzer sehr grosse technische und auch finanzielle Aufwendungen geplant sind.

Die Bauarbeiten am Bernhardin-Strassen-Tunnel, Los Süd

Von Ing. E. Staub und H. Oswald, dipl. Ing., San Bernardino

DK 625.712.35:69.002

Am 5. Juli 1961 wurde dem Consorzio Galleria San Bernardino, zusammengesetzt aus den Firmen Losinger & Co. AG, Chur, Schafir & Mugglin AG, Chur, Rothpletz & Lienhard AG, Thusis, A. Giudicetti, Cama, A. Pitsch, Thusis-St. Moritz und C. Toscano & Cie., Mesocco, der Auftrag für die Ausführung des Loses Süd erteilt. Er umfasst folgende Arbeiten:

- Voreinschnitt und Lüftungskanäle mit rd. 20 000 m³ Aushub,
- 3,3 km Tunnel mit einem mittleren Querschnitt von 84 m²,
- eine Lüftungszentrale mit rd. 12 000 m³ Aushub,
- ein Lüftungsschrägschacht von 480 m Länge und 6,90 m Ø.

Das Bauprogramm sieht folgende Termine vor: Ausbruch beendet Mai 1964, Verkleidungsbeton und Decke über Fahrbahn fertig bis 15. Okt. 1964, Lüftungszentrale bereit zur Montage 15. Okt. 1964, Einbau der Fahrbahnplatte fertig 30. April 1965, Beendigung der Akkordarbeiten 15. Sept. 1965, Baustelle geräumt 31. Mai 1966.

1. Installationen

In den Monaten Juli bis Dezember 1961 wurden die um-

fangreichen Installationen (Bild 1), welche für diese Bauten erforderlich waren, erstellt. Sie enthalten im wesentlichen:

- Schlafbaracken für 240 Mann Belegschaft mit Drei-Mann-Zimmern, Zentralheizung, Waschanlagen, Duschen, Aborten, Trockenräumen usw.
- Kantine, Küche, Aufenthaltsraum mit Radio, Fernsehen usw.
- Wohnräume für das leitende Personal mit Einzelzimmern, Aufenthaltsraum usw.
- Sanitätshilfsstelle mit Ausrüstung und Krankenwagen im Bereich des Barackendorfes sowie einer Station für erste Hilfe beim Tunnelportal mit folgender Ausrüstung: 3 Pressluftatemgeräte, 1 Ambu-Beatmungsgerät, 2 Funkgeräte, 1 Kanadierschlitten usw.
- Bürobau mit vollständiger Ausrüstung für technisches Büro, Lohnbüro und Buchhaltung.
- Trink- und Brauchwasserversorgung mit rd. 1 km Rohrleitung von der Fassung in der Moesa bis zur Baustelle, sowie einer Filter- und Chlorieranlage für das Trinkwasser.
- Mechanische Werkstatt mit Schmiede und vollständiger Ausrüstung für die Ausführung sämtlicher erforderlichen Reparaturen: 2 Drehbänke, Bohrmaschinen, Schleifmaschinen usw.
- Elektrische Werkstätte.
- Zimmerei mit Kreissäge, Bandsäge, Fräsmaschine usw.
- Magazine und Lagerräume für Werkzeuge, Ersatzteile, Elektromaterial, Fette, Sackzement, Eisen und Sprengstoffe usw. sowie Tankräume für Heiz- und Dieselöl.
- Ladestation für Elektro-Traktoren.
- Kompressorenstation mit einer totalen installierten Leistung von 180 m³/min Druckluft und rd. 7,5 km Druckluftleitungen.
- Druckwasseranlage für die Nassbohrung und Berieselung sowie Pumpen für den Lüftungsschacht.
- Ventilationsanlage bestehend aus Primär- und Sekundär-ventilation. Da die obere Zwischendecke sofort hinter dem Gewölbebeton eingezogen wird, kann der Abluftkanal schon während des Baues für die Ventilation benutzt werden. Am Portal ist ein Flügelventilator mit 24 m³/s Leistung eingebaut, welcher die Luft aus dem Abluftkanal absaugt und ins Freie befördert. Die Primär-Ventilation hat eine Leistung von 18 m³/s und saugt die Luft rd. 400 m

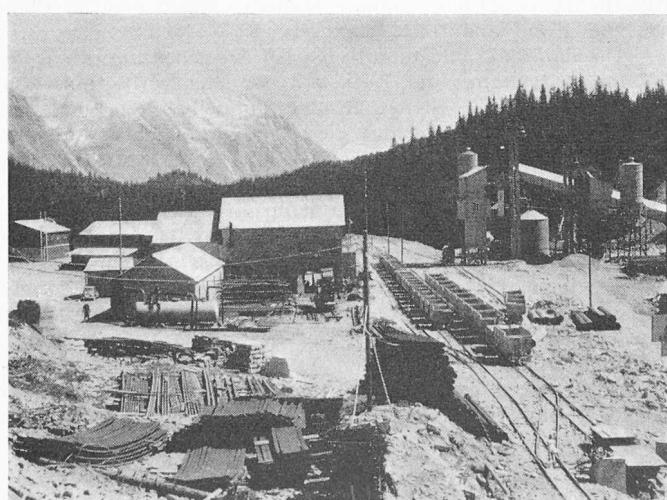


Bild 1. Uebersicht über den Installationsplatz. Links Büros, Werkstatt und Kompressorenstation, rechts Betonaufbereitungsanlage