

Zeitschrift:	Rapport de la Direction et du Conseil d'Administration du Chemin de Fer du Gothard
Herausgeber:	Gotthardbahn-Gesellschaft Luzern
Band:	27 (1898)
Artikel:	Installations créées à Goeschenen pour la ventilation du tunnel du Saint-Gothard
Autor:	[s.n.]
DOI:	https://doi.org/10.5169/seals-623009

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: 09.02.2026

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

Installations créées à Gœschenen pour la ventilation du tunnel du Saint-Gothard.

Déjà pendant le percement du tunnel, la question de la ventilation suffisante des chantiers ont fait l'objet de sérieuses études tant de l'entreprise que de la direction technique, mais on ne réussit pas à trouver une solution absolument satisfaisante. En outre, on se préoccupait des mesures qu'il y aurait lieu de prendre pour l'aération suffisante du souterrain après l'ouverture de l'exploitation.

Dans son mémoire du 10 avril 1875, Mr l'Ingénieur en chef Gerwig assurait que dans le tunnel du Gothard la ventilation naturelle aurait moins besoin qu'au souterrain du Mont-Cenis, d'être artificiellement secondée, mais que dans le cas même où l'on serait obligé de remplacer les locomotives à vapeur par d'autres ne dégageant aucune fumée, la prudence conseillerait de ne pas laisser un tunnel aussi long sans moyens de ventilation artificielle et que par conséquent il faudrait conserver pour l'exploitation au moins une partie des compresseurs et canalisations installés par les entrepreneurs.

Mr l'ingénieur en chef Bridel s'exprimait d'une façon analogue dans sa lettre du 18 novembre 1879 à la Direction ; il recommandait avant tout l'exécution sur toute la longueur du tunnel d'une canalisation d'eau potable et d'une conduite à air, cette dernière devant avoir un diamètre tel qu'on puisse refouler en 24 heures 100,000 m³ d'air pur à la pression atmosphérique.

Dans un rapport du 4 mai 1881, Mr Bridel faisait remarquer que si, en cas de besoin, il fallait créer une ventilation artificielle capable de fournir un courant d'air constant à la vitesse de 2 m par seconde, cela équivaudrait au renouvellement total de l'air du tunnel dans l'espace de 2 heures et 5 minutes et qu'ainsi on obtiendrait un résultat extraordinairement favorable.

Après la rencontre des deux galeries et l'enlèvement successif de tous les obstacles, saillies de rocher et échafaudages, on constata une ventilation naturelle tout à fait suffisante, qui persistera également après l'ouverture du service des trains. Même de faibles différences de pression aux embouchures du tunnel provoquaient un courant d'air si sensible, qu'en 1881 déjà on pouvait affirmer (voir le 10^e rapport de gestion, page 26) que „la nécessité de moyens artificiels ne se ferait pas sentir“ et le 14 mai 1883, c'est-à-dire près d'un an et demi après l'ouverture du tunnel à l'exploitation, le Chef de la traction déclarait catégoriquement : „toute ventilation artificielle est superflue“.

Afin de tenir compte des variations notables de la pression et de la température de l'air dans les différentes années et de ne pas baser un jugement définitif sur une période restreinte de constatations, on procéda à des observations et relevés journaliers de la température, du courant d'air et de la fumée ; ces données furent consignées et publiées par Mr l'Ingénieur en chef Bechtle dans un mémoire de mars 1889 intitulé „L'atmosphère du tunnel du St-Gothard de 1883 à 1889“.

Mr Bechtle arrive aux conclusions suivantes: dans le tunnel il y a toujours un courant d'air naturel; le personnel de surveillance et des trains qui se trouve temporairement dans le souterrain est plus ou moins importuné par la fumée, mais non point empêché d'accomplir son service; en ce qui concerne l'entretien de la voie, etc., il faut tenir compte de la direction du courant d'air, les travaux de cette catégorie doivent de préférence être exécutés la nuit, durant laquelle le tunnel n'est parcouru que par deux express. D'après l'horaire graphique de l'été 1888, la circulation dans le tunnel comportait en 24 heures 32 trains (6 express, 8 omnibus, 8 trains de marchandises réguliers et 10 trains de marchandises facultatifs); la nuit, il y avait deux intervalles sans trains, de 8 heures et 10 minutes en tout.

Au début de 1889, les observations quotidiennes furent suspendues, on avait le ferme espoir que la ventilation naturelle suffirait à l'avenir également, mais l'accroissement de la circulation des trains démontra que l'aération naturelle répondait toujours moins aux exigences. D'après l'horaire d'été 1890, le tunnel devait être parcouru pour la première fois de nuit, entre 9 heures du soir et 6 heures du matin, par deux trains facultatifs de marchandises, toutefois ce chiffre s'éleva à trois en hiver 1892/93 et à neuf en hiver 1893/94. Cette augmentation du nombre des trains de nuit exerça bientôt une influence très pernicieuse sur les travaux à l'intérieur du souterrain, ce qui fit qu'on chercha tout d'abord à obtenir une combustion aussi complète que possible de la houille; le personnel des locomotives reçut des instructions précises quant à l'entretien du feu pendant la traversée du tunnel.

En dépit de ces mesures, les accumulations de fumée épaisse et les interruptions des travaux de la voie se reproduisaient souvent; pour l'exécution des travaux les plus urgents, il fallut profiter des jours où régnait un fort courant naturel et suspendre pendant plusieurs nuits la marche des trains facultatifs.

A l'époque de l'inauguration des embranchements du nord, l'horaire d'été 1897 comportait entre Göschenen et Airolo 10 rapides et directs, 8 omnibus, 16 trains réguliers et 27 trains facultatifs de marchandises, en tout 61 convois.

Le personnel attaché à l'entretien de la voie fit entendre des plaintes qui successivement devinrent de plus en plus fréquentes; pendant un grand nombre de jours entre la mi-septembre et la fin de l'année, l'équilibre de la pression à Göschenen et à Airolo fut si parfait que la fumée de ces trains s'accumulait dans le souterrain, sans pouvoir s'échapper ni au nord ni au sud. Le courant d'air était nul ou très faible, avec alternances de courte durée dans les deux directions. Un pareil état de choses, se prolongeant au delà de tout ce qui avait été observé jusqu'ici, devait forcément exercer une action nuisible non seulement sur les ouvriers de la voie, mais aussi sur le personnel de surveillance. On fut obligé de réduire le nombre des trains et par suite les conditions redevinrent tolérables.

En même temps que le mouvement des trains de marchandises était suspendu chaque semaine durant six nuits, il se produisit fortuitement une modification dans la pression atmosphérique; les nuits où le tunnel était rempli de fumée devinrent plus rares et les travaux de régalage et de réfection reprirent leur cours normal.

Les conclusions à tirer de ce qui précède sont les suivantes:

1^o Etant donnée sa longueur, le tunnel du Gothard ne se trouvait, sous le rapport du renouvellement naturel de l'air et comparativement à de nombreux autres souterrains, dans de plus favorables conditions qu'aussi longtemps que la densité du mouvement n'excédait pas la moyenne, que durant la nuit on disposait, pour les travaux d'entretien, d'intervalles assez longs entre les trains

et que la vitesse des trains était encore assez modérée pour qu'il ne fût pas besoin d'accorder une attention toute spéciale au bon conditionnement de la voie.

2^o La circulation de nuit des trains de marchandises réguliers et facultatifs, ainsi que la réduction notable en dérivant des intervalles entre les convois entraînent et renchérissent à un haut degré les travaux.

3^o Un mouvement très dense, coïncidant accidentellement avec l'équilibre parfait ou presque parfait de la pression atmosphérique aux deux embouchures du tunnel, arrête complètement les travaux et nuit à la santé des agents soit de l'entretien soit de la surveillance.

Le personnel des locomotives et des trains est sans doute incommodé par l'air vicié du tunnel, toutefois ce malaise ne va jamais jusqu'à la syncope, comme cela arrive souvent dans certains tunnels, même de longueur fort modérée, mais en forte rampe nécessitant double ou triple traction. Sur ces parcours, les trains montants consomment par unité de longueur une quantité bien plus considérable de charbon et conséquemment la production de gaz pernicieux pour la santé est beaucoup plus forte; par contre, dans le tunnel du Gothard, l'air n'a jamais été jusqu'ici uniformément vicié sur toute sa longueur; en outre les trains le franchissent rapidement.

Une réduction du nombre des trains comme celle à laquelle on dut forcément avoir recours dès le 1^{er} janvier 1898, présente de très sérieux inconvénients; c'est pourquoi on s'efforça d'abréger autant que possible la durée de cette mesure, en recherchant les moyens d'empêcher la production et l'accumulation d'air humide et empesté dans le tunnel.

Le meilleur moyen d'atteindre ce but eût été que les trains traversassent le tunnel sans dégager ni fumée ni vapeur, en d'autres termes qu'ils fussent mis par l'air comprimé ou par un courant électrique agissant déjà à l'extérieur du souterrain, ou encore par d'autres forces similaires. Indépendamment du fait qu'une exploitation si anormale sur un tronçon de 16 km seulement entraînerait de fâcheux arrêts par suite du changement de machines, l'application des forces motrices susmentionnées au transport rapide de lourdes masses, tel que doit l'effectuer la ligne du Gothard, est un problème qui jusqu'à ce jour n'a pas encore reçu de solution et il est fort douteux qu'on la découvre à brève échéance et qu'elle comporte un système pratiquement et sans difficulté applicable.

Un autre moyen, bien que moins radical, d'améliorer l'air du tunnel serait l'emploi d'appareils fumivores ou de combustibles dégageant moins de fumée.

Sur le Gothard les essais avec des appareils fumivores ont été tout aussi nombreux qu'ailleurs, mais n'ont pas donné des résultats de nature à en recommander l'application aux locomotives actuelles très puissantes.

L'emploi de combustibles dégageant moins de fumée a fait de la part de la Direction de l'exploitation du chemin de fer de l'Arlberg, inauguré en automne 1884, l'objet d'études approfondies; jusqu'à fin 1886, toutes les locomotives qui avaient à traverser le tunnel, furent munies de foyers à huile. Il ressort d'une communication de la Direction des chemins de fer de l'Etat à Innsbruck, qu'avec l'emploi exclusif de résidus de pétrole, système Holden, on obtient effectivement de bons résultats au point de vue de la qualité de l'air du tunnel et que ce système par conséquent a fait ses preuves; elle estime cependant que le problème n'est pas encore résolu sous toutes ses faces, et se propose de poursuivre ses expériences en vue d'améliorer les conditions existantes au point de vue de l'hygiène et d'augmenter la sécurité du service.

Une enquête sur le coût approximatif de l'emploi de résidus de pétrole et de l'adaptation de foyers ad hoc aux locomotives devant traverser le tunnel du Gothard, a abouti à des chiffres

qui, joints à la conviction que l'application de ce système ne constitue pas une garantie à tous égards suffisante, nous ont induits à ne pas nous engager plus avant dans cette voie.

Lorsque le trafic est très dense et que l'équilibre de la pression atmosphérique des deux côtés du tunnel se prolonge quelque peu, les gaz délétères provenant aussi de la combustion du pétrole, de la benzine, etc., peuvent également s'accumuler, la température ne s'abaisse pas, bien au contraire, et l'humidité produite par la vapeur d'eau qui se dégage des locomotives, n'est pas absorbée.

Le problème comporte encore d'autres solutions qui ne suppriment pas entièrement la formation de fumée ou doivent la diminuer d'une manière artificielle, mais dont le but est de purifier, dans tout le tunnel ou sur certains points de celui-ci, l'air vicié par la fumée et de le rendre respirable sans danger pour la santé.

Dans cette catégorie figurent: les réservoirs d'air comprimé et d'oxygène, qu'on dispose à l'usage du personnel, soit sur les locomotives, soit dans les niches du tunnel; l'adduction d'air comprimé par des conduites allant des embouchures jusqu'aux niches et chambres du tunnel; l'injection d'eau ou de poussière d'eau à haute pression; l'emploi d'un wagon auquel est adapté un piston glissant dans un canal fixé sur les traverses et qui entraîne ainsi rapidement l'air du tunnel, etc., tous moyens dont l'effet n'est rien moins que sûr, qui ne peuvent supprimer que l'un ou l'autre des inconvénients existants ou en créent de nouveaux, comme p. ex. l'injection d'eau.

Une autre solution consisterait à utiliser les compresseurs ayant servi au percement mécanique, à la ventilation du tunnel et au transport des déblais; par ce moyen on pourrait introduire un fort volume d'air dans le tunnel, mais pour être suffisante, la canalisation devrait avoir un tel diamètre qu'il ne serait jamais possible de la placer dans le tunnel même.

On ne pouvait non plus songer à percer la voûte et à construire au-dessus des cheminées d'appel destinées à créer un courant naturel ou à activer le courant existant.

Finalement il ne restait plus qu'à examiner si la question pouvait être tranchée par l'emploi de la ventilation mécanique.

Les propositions, tentatives et expériences faites à ce sujet comportaient pour la plupart d'abord la fermeture d'une des têtes du tunnel au moyen d'une porte qui ne s'ouvrirait que pour laisser passer les trains, puis l'injection d'air par des ouvertures pratiquées à proximité de cette tête du souterrain, ou bien l'aspiration de l'air du tunnel par diverses ouvertures disposées sur une canalisation allant d'un bout à l'autre du tunnel.

Lorsque la circulation des trains est tant soit peu dense, l'ouverture et la fermeture d'un portail constituent un obstacle très sérieux; quant à une conduite de tuyaux, nous avons dit plus haut pourquoi elle ne remplirait pas le but proposé.

Purifier sans porte, sans canalisation, sans cheminées d'appel, l'air d'un tunnel de longueur quelconque, de conditions quelconques de tracé et de déclivité, desservant une circulation intense, de façon que cet air soit inoffensif pour la santé du personnel des trains et des machines, comme aussi des agents du service de surveillance et d'entretien, tel est le problème que s'est posé l'Ingegnere Comm^{re} Marco Saccardo, actuellement Regio Ispettore capo, Direttore del circolo di Bologna, et qu'ainsi qu'il résulte de nombreuses expériences et observations faites au tunnel des Apennins près Pracchia (ligne de Bologna à Pistoja), il a résolu d'une manière qualifiée d'heureuse au point de vue pratique et économique par une commission composée de spécialistes italiens.

Nous indiquons ci-après le principe fondamental de cette invention brevetée en Suisse et dans d'autres Etats.

Au moyen d'un ou de plusieurs ventilateurs placés latéralement à l'une des têtes du souterrain, on injecte un volume considérable d'air animé d'une grande vitesse dans une chambre annulaire disposée sur toute la périphérie du tunnel ; l'air s'échappe de cette chambre par une ouverture étroite pratiquée à sa face intérieure, entraîne avec soi la colonne d'air se trouvant dans le souterrain et acquiert bientôt la vitesse exigée pour que cette colonne d'air atteigne au bout d'un temps donné, l'extrémité opposée du tunnel.

Des études approfondies ayant démontré que bien qu'il n'ait pas fait encore ses preuves sous tous les rapports, le système Saccardo pourrait très probablement être appliqué avec avantage au tunnel du Gothard, la Direction du chemin de fer du St-Gothard décida aux premiers jours d'avril 1898 l'exécution immédiate à Gœschenen d'installations de ventilation artificielle d'après ce système.

Le problème à résoudre peut se résumer comme suit :

„Créer d'une extrémité à l'autre du tunnel dans la direction du nord au sud, un courant „d'air constant possédant une vitesse de 3 mètres, fonctionnant comme auxiliaire du courant naturel, „ou en cas d'immobilité complète de l'air dans le souterrain, ou enfin lorsqu'il règne un courant „du sud au nord d'une vitesse inférieure à 3 mètres, c'est-à-dire tant que l'air du tunnel ne se „meut pas à une vitesse de 3 mètres ou plus sous l'influence de la différence de pression de l'air „extérieur.“

Une vitesse de 3 mètres constitue déjà un „fort“ courant d'air ; même avec une circulation très dense, les conditions de l'air du tunnel, dans lequel les trains se succèdent à distance de station, étaient absolument tolérables et inoffensives pour la santé. Pour le courant d'air constant on a adopté la direction du nord au sud, parce que c'est dans ce sens que prédomine le courant naturel ; comme emplacement on a choisi Gœschenen, parce qu'il est préférable de refouler l'air que de l'aspirer.

Dans la direction nord-sud, le tracé du tunnel est d'abord en rampe moyenne de 5.82 ‰ sur 7177 m, puis descend en pente moyenne de 1.33 ‰ sur 7823 m ; il s'ensuit que la formation de fumée doit être plus considérable dans la moitié nord du tunnel et qu'il eût été un peu plus facile de purifier l'atmosphère du souterrain en refoulant l'air du sud au nord, mais la différence est si minime qu'elle ne saurait prévaloir sur les avantages signalés en faveur de la direction nord-sud.

Comme le montrent les planches 1 et 2, les installations construites à Gœschenen d'après les indications de Mr Saccardo, consistent en deux ventilateurs en fer, type Ser, calés sur un arbre horizontal de 180 mm de diamètre ; les ventilateurs ont un diamètre de 5 m, les aubes une largeur de 0.40 m. L'air extérieur s'introduit dans le corps maçonné des ventilateurs par de grands vides dans les parois au-dessous du toit en ciment ligneux et se rend de là aux ventilateurs par des ouvertures circulaires de 2.40 m de diamètre, encadrées de lourdes pierres artificielles afin qu'elles s'adaptent très exactement aux aubes des ventilateurs.

Le corps des ventilateurs est relié au tunnel par deux grands canaux voûtés (I et II) en maçonnerie de moëllons et enduits d'une couche lisse de mortier au ciment ; immédiatement derrière l'anneau élargi du portail est disposée une chambre fermée du côté de cet anneau et dont la moitié nord, correspondant avec le canal I, n'embrasse que la partie supérieure du profil du tunnel à peu près jusqu'aux naissances, tandis que la moitié sud raccordée au canal II comprend tout le pourtour du profil, même sous les rails. La face extérieure de la chambre est en maçonnerie, la face intérieure se compose d'un manteau en tôle de 5 mm qui entoure le gabarit prescrit de libre passage et se rétrécit coniquement à l'extrémité sud. Une pièce en tôle de 6 m de longueur placée dans le tunnel un peu au-dessus de la naissance sud, sert à transmettre au souterrain l'air provenant de

la chambre; pour autant que l'air circule aussi sous les rails, ceux-ci sont étayés sur une longueur de 6.45 m par des poutrelles métalliques aussi étroites que possible.

En ce qui concerne le moteur, on prévoit la force hydraulique appliquée directement au moyen d'une turbine intercalée entre les ventilateurs sur leur arbre, ou transmise électriquement à une dynamo montée de la même manière. Avant de se prononcer définitivement en faveur de l'une ou de l'autre de ces deux méthodes, on a voulu acquérir la certitude que le but proposé était réellement atteint; c'est pourquoi les ventilateurs sont pour le moment actionnés par la vapeur; de même qu'à Pracchia, on emploie à cet effet une locomotive placée dans un hangar provisoire édifié au nord du bâtiment des ventilateurs et qui transmet l'énergie à ceux-ci par 10 cordes de chanvre et 2 poulies de 3 m de diamètre.

Pour le quai à combustibles établi à côté du hangar de la locomotive, on a créé une voie spéciale de raccordement en rampe de 70 % dans la direction du tunnel et qui se détache de la voie militaire près des magasins construits sur l'emplacement de dépôt des déblais du tunnel.

Le 16 mars 1899, les installations furent mises en marche pour la première fois; les ventilateurs ne faisaient que 70 tours et pourtant un courant modéré du sud fut, dans le tunnel, immédiatement transformé en un courant nord-sud dont la vitesse mesurée à 500 m en arrière de l'embouchure sud était de 2.80 m. Dès le début donc l'effet obtenu était absolument satisfaisant. Depuis la date ci-dessus les appareils fonctionnent d'une manière continue sans autres interruptions que celles nécessitées par les travaux complémentaires ainsi que par le nettoyage et le graissage réguliers de la locomotive; il en résulte que les travaux de réfection et de dressage de la voie, l'entretien courant et le service de surveillance s'opèrent dans de beaucoup meilleures conditions. Le tunnel est non seulement très vite débarrassé de fumée, mais celle-ci ne peut plus autant s'épaissir que précédemment et l'odeur nauséabonde de moisir a disparu.

L'observation simultanée de la vitesse de l'air en deux points du tunnel situés à 500 m de chaque embouchure donne une image fidèle de l'effet des installations suivant la force et la direction du courant naturel, suivant le nombre de tours des ventilateurs et selon qu'il se trouve ou non des trains dans le tunnel. Toutefois il n'est pas possible, à l'aide du moteur provisoire, de fixer la puissance maxima des appareils, parce que la locomotive ne peut fournir d'une façon continue l'énergie nécessaire pour un nombre de tours des ventilateurs supérieur à 90 par minute.

Le graphique (planche 3) représente à titre d'exemple, le résultat d'observations faites à trois jours différents; les abscisses sont les heures d'observation, les ordonnées les vitesses de l'air, savoir celles du courant sud-nord au-dessous de la ligne du zéro et celles du courant nord-sud au-dessus de cette ligne; cette planche indique encore les heures de travail et de repos des ventilateurs, le nombre des révolutions et le mouvement des trains dans le tunnel.

Le graphique montre que le 22 mars les ventilateurs travaillant à raison de 70 tours par minute ont transformé un courant naturel sud-nord d'une vitesse de 2.00 m en un courant artificiel nord-sud d'une vitesse de 1.80 m.

Le 7 avril un courant naturel nord-sud de 2.00 m fut porté à 2.80 m avec 65 tours et à 4 m avec 100 tours.

Le 11 avril le courant naturel sud-nord de 2.00 m de vitesse a été transformé en un courant nord-sud de 0.75 m avec 65 tours et de 1.90 avec 100 tours.

Nous nous proposons de procéder à d'exactes observations sur la force nécessaire pour donner aux ventilateurs tel ou tel nombre de tours, sur l'effet de la ventilation au point de vue de l'a-

baissement de la température, ainsi que de la diminution de l'humidité et de la proportion des gaz délétères contenus dans l'air du tunnel, du frottement de l'air sur les parois du souterrain, etc.; ces observations ne pourront cependant être entreprises qu'après que nous aurons reçu les instruments de précision commandés dans ce but. Néanmoins on peut d'ores et déjà inférer des résultats obtenus jusqu'ici que nos installations de ventilation sont capables de satisfaire à toutes les conditions du programme, et même au delà, dès que les moteurs définitifs seront installés et permettront de porter à 120 et plus le nombre des tours. Il importe sous le rapport économique de sortir le plus vite possible de la période du provisoire, l'exploitation actuelle exigeant, comme cela se conçoit, beaucoup de combustible et de main-d'œuvre, et étant par conséquent fort coûteuse.

Ailleurs on pourra parfaitement éviter cette phase provisoire, puisque des essais concluants ont été faits au Gothard.

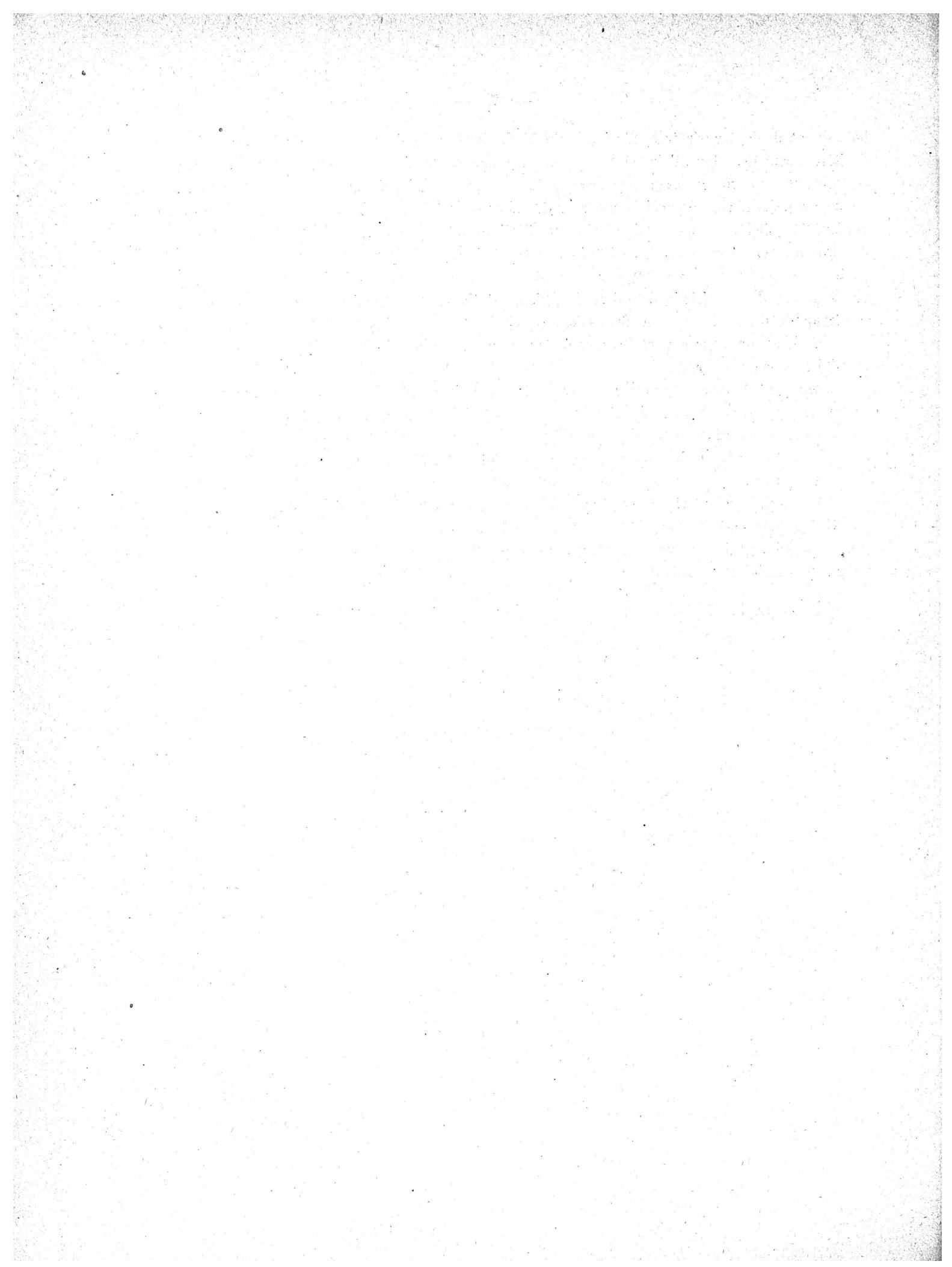
On peut également admettre avec certitude qu'une aération convenable aura pour effet de prolonger sensiblement la durée d'existence du matériel de superstructure à l'intérieur du tunnel.

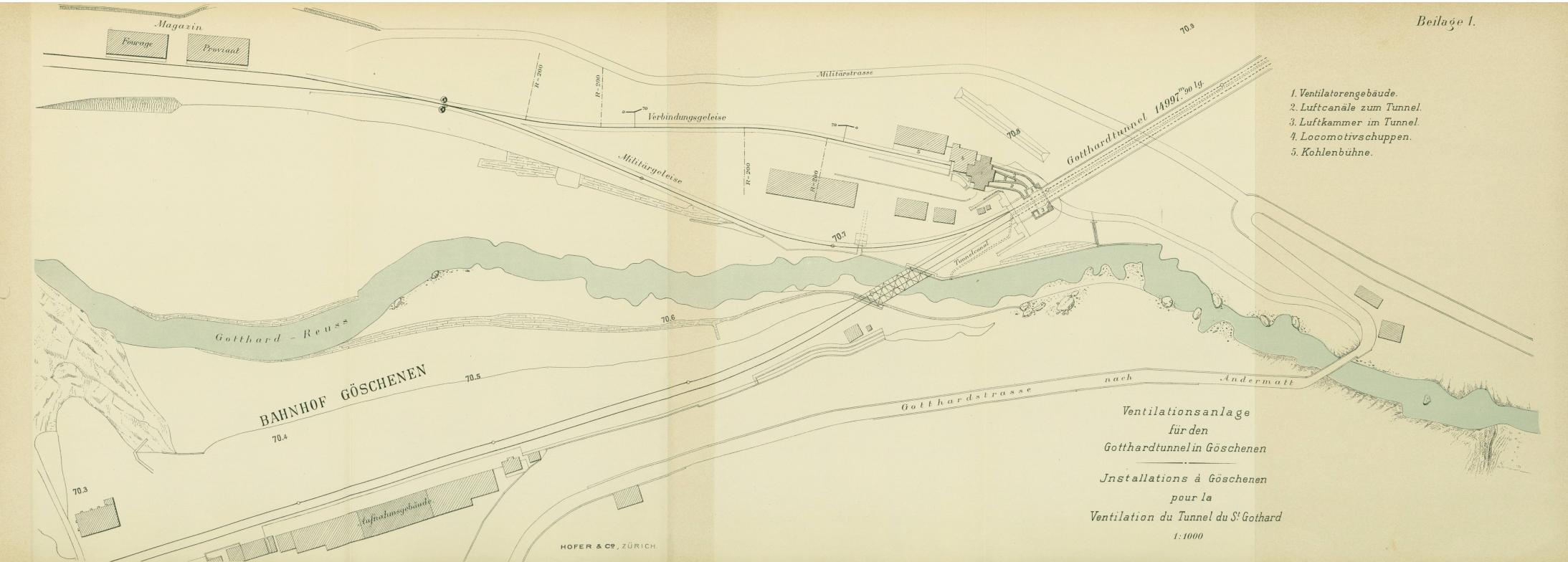
Les installations actuelles coûtent, y compris l'indemnité à verser au possesseur du brevet, mais sans tenir compte de la valeur de la locomotive, fr. 180,000 en chiffre rond.

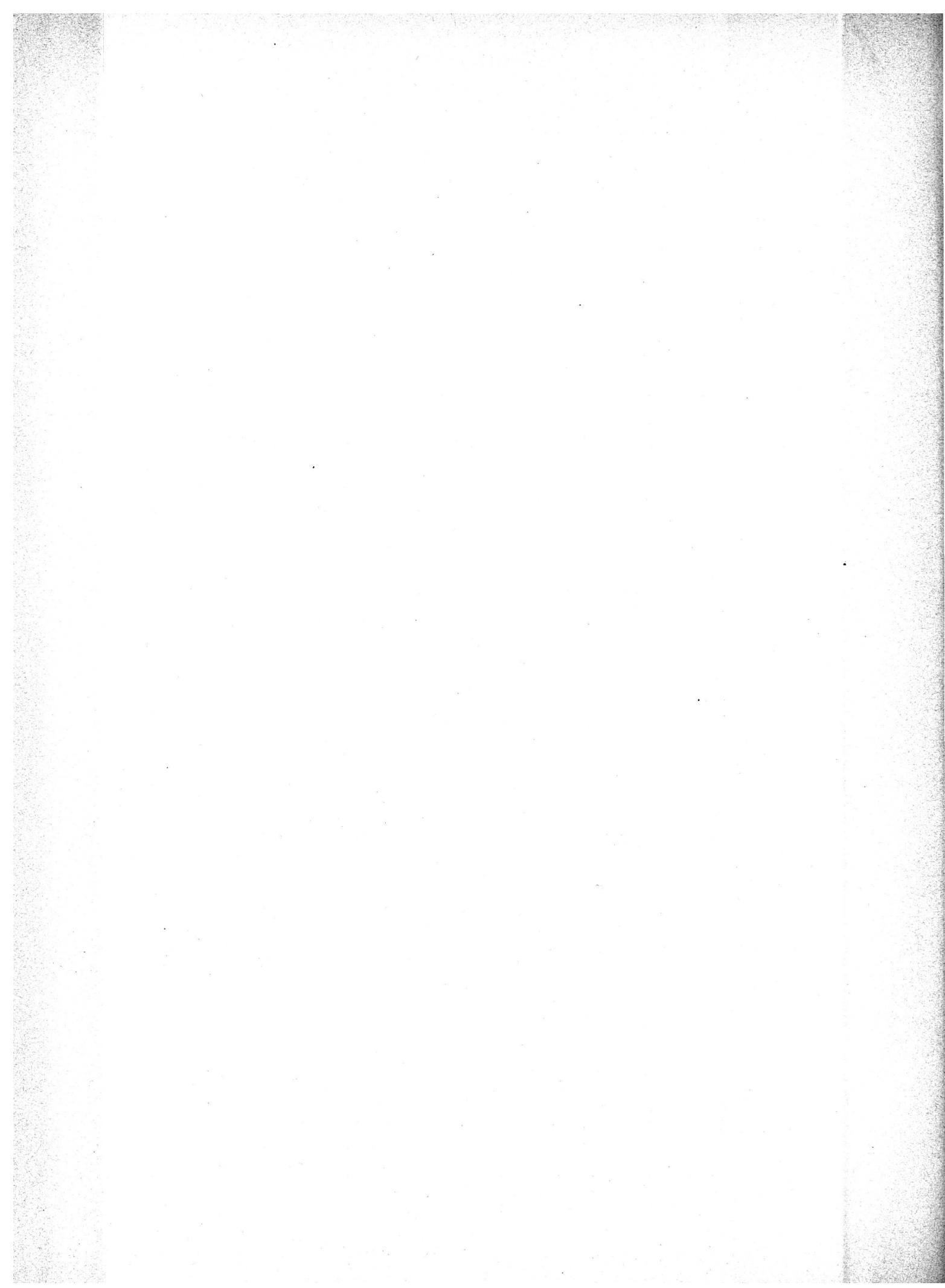
Les travaux de terrassements, maçonnerie, taille de pierre et crépiSSage ont été exécutés par l'entreprise Munari, Cayre et Marasi à Gœschenen; les pierres artificielles ont été fabriquées par Guido Ferrari à Nottwil; les parties métalliques de la chambre à air ainsi que les transmissions ont été fournies et montées par la Fabrique Théodore Bell et Cie. à Kriens, enfin les ventilateurs par Luigi Rizzi à Modène.

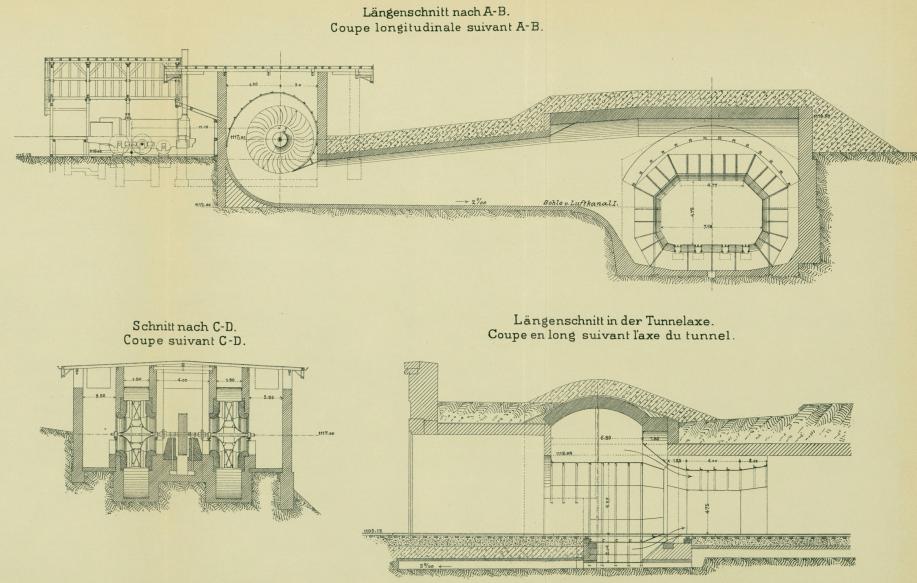
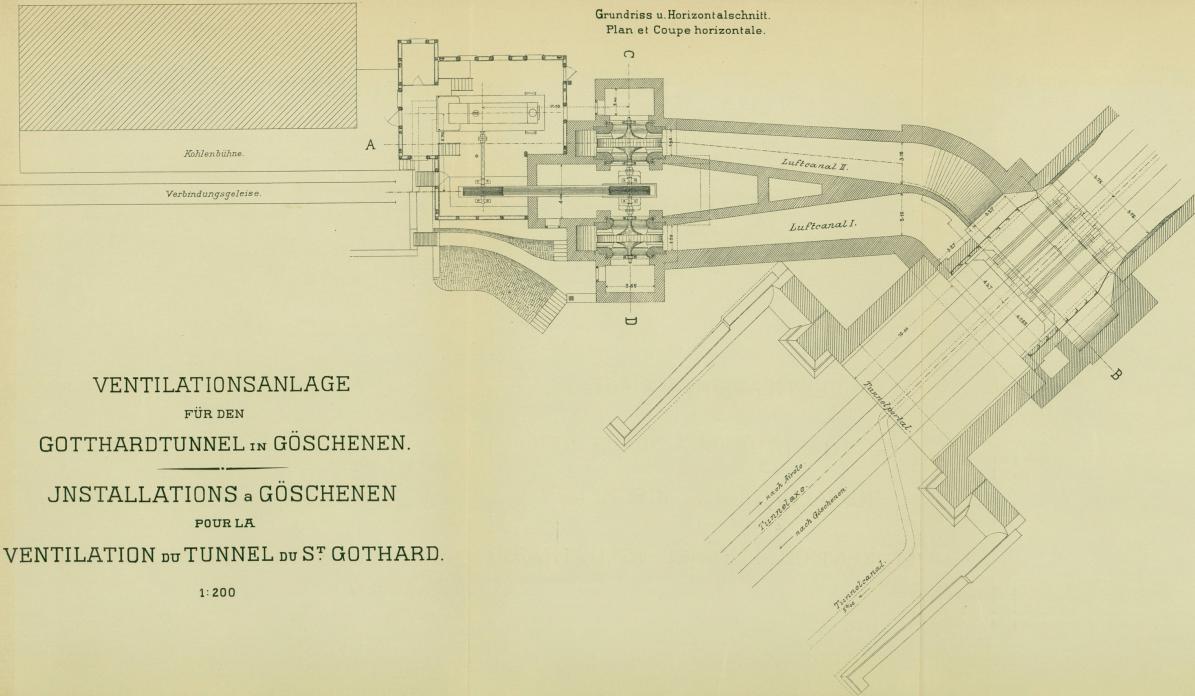
LUCERNE, le 27 Mai 1899.

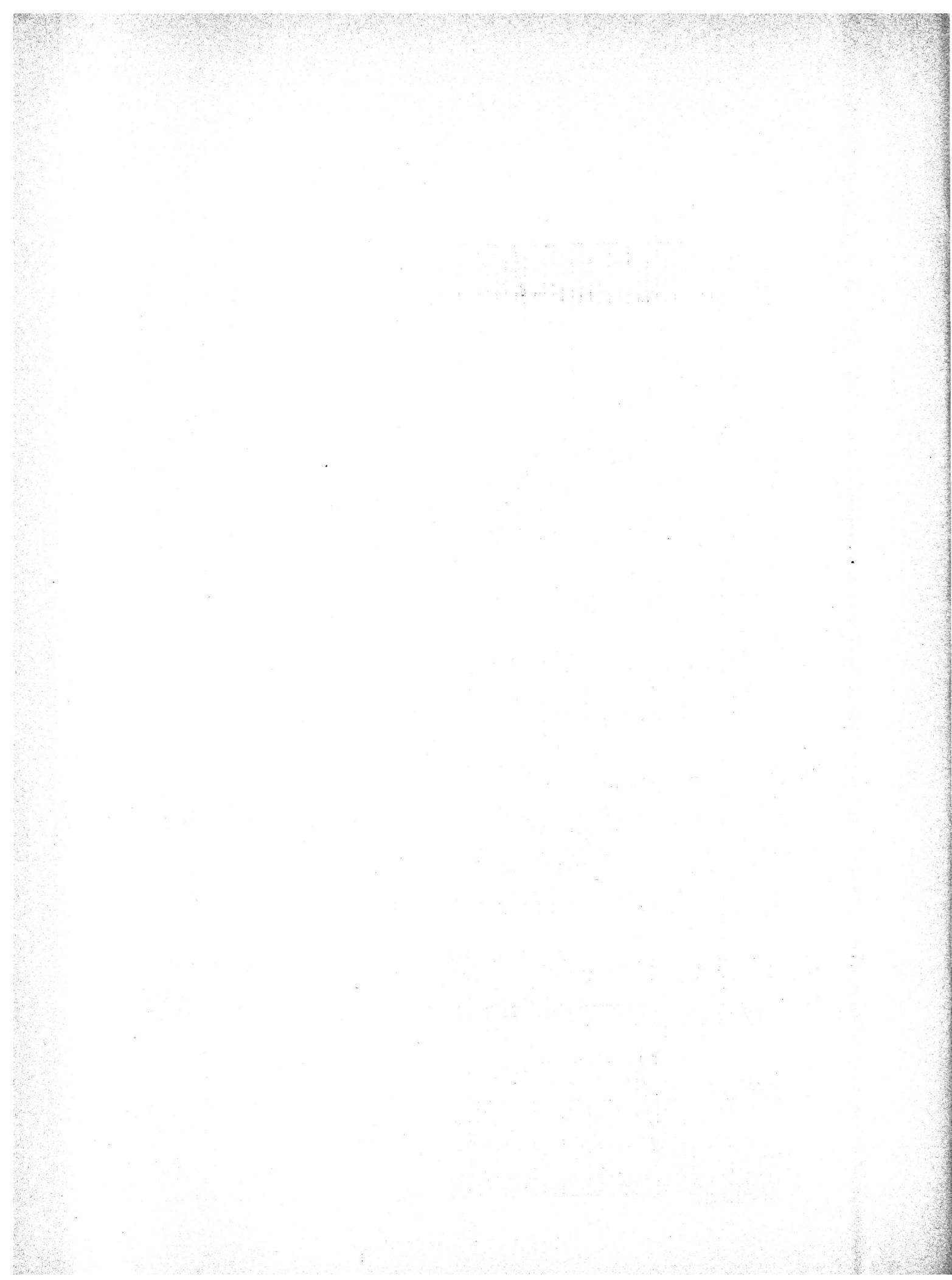












INSTALLATIONS A GOESCHENEN POUR LA VENTILATION DU TUNNEL DU ST. GOTTHARD.

Graphique de la vitesse de l'air.

VENTILATIONSANLAGE FÜR DEN GOTTHARDTUNNEL IN GOESCHENEN.

Graphische Darstellung der Luftgeschwindigkeit.

