Das Konzept der Lüftungsbauwerke

Autor(en): **Henke, Andreas**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizer Ingenieur und Architekt**

Band (Jahr): **98 (1980)**

Heft 36: **Der Gotthard-Strassentunnel**

PDF erstellt am: **29.03.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-74184

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.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

Das Konzept der Lüftungsbauwerke

Von Andreas Henke, Locarno

Allgemeines

Die Aussenbauwerke für die Lüftungsschächte haben den Zweck, die für die Tunnelventilation benötigte frische Luft anzusaugen und die verbrauchte Luft wieder in die Atmosphäre auszustossen.

Da diese Bauwerke eine wichtige Teilfunktion für den störungsfreien Ventilationsbetrieb erfüllen und innerhalb diverser einschneidender Randbedingungen geplant und gebaut werden mussten, waren sie von allem Anfang an Gegenstand eingehender Studien und Abklärungen. Zusätzliche Bedeutung gibt die Tatsache, dass diese Bauten, abgesehen von den Portalen, Betriebs- und Unterhaltszentralen inmitten der unvermeidlichen Autobahnlandschaften bei den Einfahrtsbereichen, die *einzigen von aussen sichtbaren Bestandteile des Tunnels* darstellen.

Um möglichst sorgfältige und allseits befriedigende Ausführungsprojekte erarbeiten zu können, wurde daher die Mitarbeit von Spezialisten verschiedener Disziplinen wie *Architekten, Maschineningenieure, Lüftungstechniker* sowie *Sachverständige für Schnee- und Lawinenfragen* erforderlich. Für die Beurteilung und Vornahme von Korrekturen in ästhetischen Belangen war die *Natur- und Heimatschutzkommission* anwesend.

Auffallend für den Beobachter sind die *ungewöhnlich grossen Abmessungen* dieser Ansaugbauwerke, die je nach der getroffenen Lösung separate Konstruktionen oder zusammen mit den Betriebsräumen und der Abluftrückgabe in einem Gebäude vereint sind. Tatsächlich waren diese *Schachtkopfstationen* ursprünglich als recht bescheidene Konstruktionen vorgesehen. In der Zwischenzeit wurde jedoch zugunsten *erhöhter Sicherheit* vom Bauherrn beschlossen, die Luftansaugung derart vorzusehen, dass *auch bei Schneefall kein Schnee in das Lüftungssystem* gelangen kann. Bei den hohen Luftgeschwindigkeiten in den Lüftungsschächten bei vollem Lüftungsbetrieb wäre es sonst bei winterlichen Temperaturen möglich, dass Schnee bis in den Fahrraum hineingeblasen wird. Diese Bedingung, neben der Tatsache, dass auch die *Einrichtungen für die permanente Schachtbefahrungsanlage infolge der beschlossenen Belastungs- und Sicherheitsansprüche* vergrössert werden mussten, gab neue Voraussetzungen für die Disposition der Aussenbauwerke.

Die Lage der Schachtaustritte im Gelände war durch die Wahl des generellen Bauprojektes mit vier Lüftungsschächten gegeben. Bekanntlich ist diese Disposition als kostengünstigste Lösung auf Grund von Optimierungsrechnungen hervorgegangen. Als massgebliche Randbedingung für diese Vergleichsrechnungen sind über das gesamte Gelände im Bereich über dem Tunnel Zonen ausgeschieden worden, wo aus Bau- und Zugänglichkeitsgründen, sowie auf Grund der Lawinenverhältnisse überhaupt Schachtkopfstationen mit den damit verbundenen Baustellen und permanenten Bauwerken möglich sein konnten. Dass sich dann schliesslich die vier Schachtstandorte der optimalen Lösung ungefähr entlang der Talaxe des Gotthardpasses reihten, war zwar wegen der kurzen Zufahrten günstig, aber in erster Linie eine Folge der Optimierung, da sich aus der Talmulde kürzere Lüftungsschächte ergaben.

Mit den im damaligen Projektierungsstadium zur Verfügung stehenden Lawinenkarten und Empfehlungen der amtierenden Lawinendienstkommission war vorerst für eine saubere Grundlage und Standortwahl gesorgt. Die endgültige Position und Formgebung wurde dann im einzelnen erarbeitet, wobei auch in der Zwischenzeit erfolgte Beobachtungen und Ereignisse (Windmessungen, ausserordentliche Lawinensituation vom April 1975) zur Verbesserung und Neubeurteilung der Projekte beitrugen.

Die Palette der *wichtigsten Anforderungen*, die an die Aussenbauwerke gestellt werden, lässt sich wie folgt zusammenfassen:

Bezüglich Ventilation:

- Die Frischluft muss auch bei maximalen Schneehöhen und -verwehungen unbehindert angesaugt werden können.
- Die Öffnungen dürfen nicht so angeordnet sein, dass ausgestossene Abluft bei den zu erwartenden Wind- und Wetterverhältnissen im Frischluftkanal wieder angesaugt werden kann (Kurzschluss).
- Es soll bei Schneefall bis zu einer Frischluftmenge von 75% der maximalen Ansaugkapazität kein Schnee angesaugt werden. (Da diese Bedingung am meisten zur Vergrösserung und Verteuerung der Bauten beigetragen hatte, war es zu verantworten, die schneefreie Ansaugung nicht bis auf 100% der Zuluftleistung aufrecht zu erhalten. Die Wahrscheinlichkeit des gleichzeitigen Auftretens von maximalem Verkehr, starkem Schneefall und Kälteperioden ist gering).

Bezüglich Bau:

- Die Bauten müssen den Belastungen infolge der extremen Witterungsverhältnisse, im Besonderen den tiefen Temperaturen und allfälligen Drükken aus Staub- und Fliesslawinen, auf die Dauer standhalten. Da der Zugang im Winter nur erschwert oder gar nicht möglich ist, muss der Betrieb ohne winterlichen Unterhalt (Schneeräumung) garantiert sein.
- Die Disposition muss so getroffen werden, dass jeweils ein eventuelles zusätzliches Lüftungsbauwerk für eine zweite Tunnelröhre in unmittelbarer Nähe errichtet werden kann. Die Trassierung eines zweiten Schachtes und die Definition der



Bild 1. Aussenbauwerk Bäzberg, Ansicht

Lage eines zweiten Fassungsbauwerkes war daher bereits in der ersten Phase unumgänglich.

Bezüglich Immissionen und Ästhetik:

- Grösstmögliche Reduktion der Schadstoffimmissionen an der Terrainoberfläche (darüber wird in einem separaten Beitrag berichtet).
- Reduktion allfälliger Lärmimmissionen, was jedoch nur beim Schachtkopf Hospental, welcher in der Nähe des Dorfes gelegen ist, zu speziellen Massnahmen geführt hat.
- Bestmögliche Verträglichkeit mit der Umgebung.

Im Rahmen dieser breit gefächerten Anforderungen waren natürlich unzählige Lösungen möglich. Der Weg von den ersten Entwürfen und Ideenskizzen bis zum jeweiligen schliesslich realisierten Bauwerk führte über unzählige Varianten mit schrittweisen baulichen und konstruktiven Verbesserungen. Eine detaillierte Beschreibung jeder Schachtkopfstation würde den Rahmen dieser Publikation sprengen. Im folgenden sind daher nur einige Besonderheiten und interessante Projektierungsprobleme bei den Standorten Bäzberg und Guspisbach erwähnt.

Bauwerk Bäzberg

Der Schachtkopf Bäzberg liegt im *oberen Teil der Schöllenenschlucht* am Fuss einer steil abfallenden Felspartie (Bild 1). Die Platzverhältnisse sind sehr beschränkt und der Zugang, obwohl durch eine bestehende Zufahrt von der 400 m nahe gelegenen Kantonsstrasse erschlossen, infolge Schnee rund fünf Monate im Jahr unbefahrbar.

Wie bei allen anderen Ansaugstellen wird hier die Zuluft mit kleinen Geschwindigkeiten unter einer Abdeckung von unten nach oben gezogen, sodass sich der Schnee ausfällen kann, bevor die Zuluft an der Eintrittskante der eigentlichen Fassung beschleunigt wird. Eine solche Ansaugung kann jederzeit unterhaltslos betrieben werden, sofern der maximalen Schneeablagerungshöhe unter der Abdeckung genügend Rechnung getragen wird. Infolge der kleinen zulässigen Luftgeschwindigkeiten werden bei den am Gotthard-Strassentunnel zu bewältigenden respektablen Zuluftmengen ernorme Ausfällräume notwendig.

So ergibt sich am Schachtkopf Bäzberg, mit 370 m³/s Zuluft bei Vollast (ohne die installierte Reserve), aufgrund von Berechnungen und Modellversuchen eine längs der Dachkante gemessene vertikale Ansaugfläche von rund 480 m². Dies entspricht, unter Berücksichtigung der maximalen Schneehöhe, bei Vollastbetrieb einer mittleren Lufteintrittsgeschwindigkeit von etwa 1,0 m/s gegenüber den anfänglich ohne Schneeausfällung zugelassenen 7,0 m/s.

Den Ausschlag für die Formgebung des Ansaugbauwerks – dem Gelände folgende, steile längsförmige Ansaugung beidseits, überdeckt mit einem Pultdach und integriertem, durchstossendem Abluftkamin – gab die vorherrschende örtliche Windsituation. Mehrjährige Messungen bestätigten nämlich die schon an sich bekannte Situation, dass die überwiegende Richtung der fühlbaren Winde senkrecht zum Hang, d.h. grob N-S verläuft. Die längliche Haube ist tal- und bergseits, d.h. gegen die Windrichtung abgeschlossen. So kann Frischluft seitlich einströmen und erleidet keine dirket aus der Stauwirkung erzeugten Turbulenzen, welche Schnee über die Ansaugkante mitreissen könnten (Bild 2).

Bezüglich der *Lawinen* beim Aussenbauwerk Bäzberg ergab sich nach der Erstellung eines detaillierten Berichtes

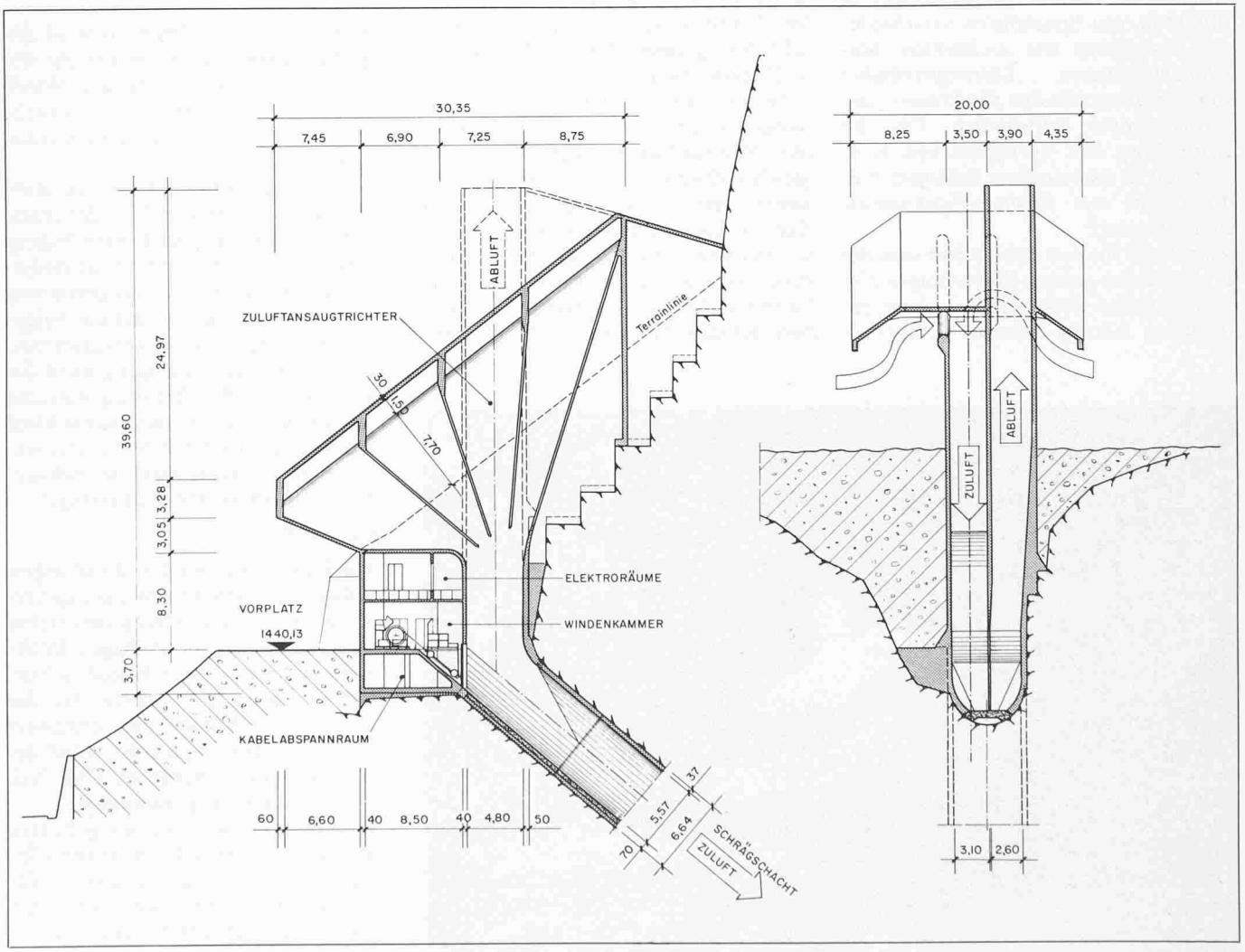


Bild 2. Aussenbauwerk Bäzberg, Vertikalschnitte. Links ist der Längsschnitt durch den Zuluft-Ansaugtrichter und den Lüftungsschacht. Der Betriebsblock ist den Luftkanälen vorgelagert. Im Querschnitt (rechts) ist der Abluftkanal sichtbar, der den Ansaugraum vertikal durchstösst

durch das *Eidgenössische Institut für Schnee- und Lawinenforschung* in dem Sinne eine neue Situation, dass *zwar seltene, aber grosse Lawinenniedergänge* auf das Aussenbauwerk abstürzen können. Es stellte sich daher die Frage, entweder den Schachtkopf an eine nicht gefährdete Stelle zu verschieben, oder das Bauwerk am vorgesehenen Standort zu belassen und es zu verstärken, so dass es unbeschadet einen Lawinenniedergang überstehen kann, oder im Einzugsgebiet der Lawinenzone einen Stützverbau zu erstellen. In Erwägung sämtlicher praktischen terminlichen und kostenmässigen Faktoren, wurde schliesslich zu Gunsten eines *Stützverbaus* entschieden. Das Bauwerk selbst musste in der Folge nur noch auf lokale Rutschungen, Schneeansammlungen und Kriechschnee bemessen werden. Im Zusammenhang mit dem Geländeverbau darf der Hinweis von Interesse sein, dass 70 m oberhalb der Schachtmündung ein mehr als 500 t schwerer Felsblock, der in absturzgefährdeter Lage nicht nur das Aussenbauwerk, sondern auch die Kantonsstrasse und das Trassee der Furka-Oberalpbahn bedroht hätte, unter akrobatischen Arbeitsbedingungen mit vorgespannten Ankern und Untermauerungen gesichert werden musste.

Selbstverständlich kann man über die Erscheinung dieser enormen Betonkonstruktion inmitten der markant von der Natur geprägten Schöllenenschlucht geteiler Meinung sein. Doch die Bemühungen, unter Berücksichtigung der so vielseitigen Anforderungen eine allseits befriedigende Lösung zu finden, waren sicher nicht erfolglos. Das stark in die Vertikale gestaltete Objekt gibt der kühnen Umgebung eine erträgliche Ergänzung.

Bauwerk Guspisbach

Das Aussenbauwerk Guspisbach liegt in der *Wanne des Gotthardreusstales bei der Einmündung des Guspistales* auf 1694 m ü.M. Baulich entschied man sich dort nach Prüfung unzähliger Varianten zu Gunsten von zwei getrennten Konstruktionen. Der Zuluftpilz, mit kreisförmiger Ansaugung, liegt in quer zur Talaxe 20 m Abstand zum Betriebsblock mit eingebauten Abluftkamin (Bild 3). Strömungstechnisch ergeben sich somit keine grossen Probleme. Bei praktisch immer N-S gerichteten Winden kann auch im Falle einer Verdoppelung der Bauten beim Vollausbau auf zwei Tunnelröhren mit einer symmetrischen Anordnung Luftkurzschluss vermieden werden.

Da die vorhandenen Platzverhältnisse der architektonischen Gestaltung mehr Spielraum übrig liessen als z.B. beim Schachtkopf Bäzberg, treten die architektonisch bedingten Formen bei diesem Bauwerk markanter zu Tage, wie z.B. die Abwinklung der Pilzabdeckung und die Dachgestaltung des Betriebsteils.



Bild 3. Aussenbauwerk Guspisbach, Ansicht von Süden

Das in Süd-Nord Richtung verlaufende Tal ist sowohl den nördlichen wie den südlichen Wettersituationen ausgesetzt. Daher ist das Passgebiet relativ niederschlagsreich und hat in bezug auf die Lawinenverhältnisse einen besonderen Charakter. Ausserdem ist die *Gefahr von Schneeverwehungen* enorm, was nicht nur auf Grund der Stellungnahme der beigezogenen Sachverständigen, sondern auch aus laufenden Beobachtungen auf der Baustelle deutlich hervorging. Man war daher bestrebt, den aus der Schachtaxe versetzten Ansaugtrichter auf einer mit Ausbruchmaterial errichteten leichten Kuppe festzulegen, die infolge der örtlichen Wind- und Strömungsverhältnisse weitgehend schneefrei bleibt. Zwar ergab diese Aufschüttung tiefliegende Fundationen, aber damit war gleichzeitig auch ein Schutzdamm gegen Osten vorhanden, der die Fliesslawinenzüge des *Blaubergs*, die im Normalfall östlich der Gotthardreuss zum Stillstand kommen, im seltenen Falle eines Grossniederganges vom Zuluftpilz abhält.

Die aus der entgegengesetzten Richtung vom *Winterhorn* niedergehenden Fliesslawinen gelangen gewöhnlich oberhalb der Gotthardstrasse zum Stillstand, können jedoch in extremen Fällen bis zum Schacht vorstossen. Als beste Abwehrmassnahme hat sich eine Verstärkung der Aussenbauten erwiesen. Je nach Anfliesswinkel wurden die Aussenwände auf eine Wirkungshöhe von 4,00 m ab Terrainoberfläche bis auf 2,0 t/m² Normaldurck bemessen.

Staublawinen können hingegen von beiden Talflanken auf die Bauten einfallen, was während der ausserordentlichen Lawinensituation vom April 1975 eindrückliche Tatsache wurde, als vor Inangriffnahme der Hochbauten die wenigen Überbleibsel der glücklicherweise im Vorjahr abtransportierten Schachtbauinstallationen restlos weggefegt wurden. Der Bemessung gegen Staublawinen hatte man einen maximalen Staudruck von 320 kg/m², auf der ganzen Höhe der Bauten wirkend, zu Grunde gelegt. Erwartungsgemäss war für die Bemessung des *Pilzes* einer der *Lastfälle «Staublawine»* und für das Schachtkopfgebäude der *Lastfall «Fliesslawine»* massgebend.

Schlussbemerkung

Technische Konzepte können mehr oder weniger perfekt, elegant und rationell erarbeitet werden. Ästhetik ist jedoch Ansichtssache. Jedes neue Bauwerk kann als Störung in einer bestehenden Umgebung empfunden werden. Die Frischluftfassungen und Schachtkopfstationen des Gotthard-Strassentunnels, bei deren Projektierung neben allen technischen auch die landschaftlichen Immissionsaspekte in hohem Mass berücksichtigt worden sind, kann man mit gutem Gewissen als verträgliche und vertretbare Eingriffe bezeichnen; um so mehr im Rückblick auf die von nun an der Vergangenheit angehörenden sommerlichen Autokolonnen auf der Passstrasse.

Adresse des Verfassers: *A. Henke*, dipl. Ing. ETH, Ingenieurbüro Dr. Ing. G. Lombardi, 6600 Locarno.