Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 90 (1972)
Heft: 44: Sondernummer der ASIC

Artikel: Die Steinschlaggalerien an der Axenstrasse
Autor: Pfister, Franz
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-85346

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: 08.08.2025

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

une année pour exécuter tous les travaux secondaires comme les murs en aile, les escaliers d'accès aux quais et la reconstruction de la marquise sur le quai 2 ainsi que tous les travaux routiers aux abords de l'ouvrage.

Mise en place des dalles

Pour le déplacement des dalles on utilise des trains de rouleaux en acier de 10 cm de diamètre, de 33 cm de long et espacés les uns des autres de 25 cm. Le système roule sur une voie métallique munie d'ergots en crémaillère qui sert d'appui aux vérins et de repères pour l'avancement. La poussée nécessaire dans le cas particulier a été de 40 à 55 tonnes suivant le poids des éléments.

L'opération de ripage de chaque pont-dalle simultanément avec une dalle de quai s'est faite avec trois mois d'intervalle. Pour le ripage sous les voies 1 et 2 un temps de 8 heures était à disposition entre le dernier train du soir et le premier du matin, quelques trains circulant toutefois sur la voie de service No 3. Pour le ripage des voies 3, 4 et BAM l'opération a été beaucoup plus délicate et plus longue de fait de la présence de plusieurs aiguillages, mais l'interruption du trafic n'avait pas de conséquences graves.

Les opérations se sont faites de la manière suivante:

a) Levage des deux dalles de quelques centimètres pour le décoffrage et la pose du dispositif de roulement.

b) Rapprochement des deux dalles (course 1,9 m).

c) Démontage des voies, enlèvement des ponts provisoires, démontage des quais provisoires. Cette opération a nécessité l'évacuation d'environ 150 tonnes de profilés métalliques à l'aide d'une grue CFF dans les délais les plus brefs.

d) Ripage des dalles soit 816 tonnes sur 14,5 m pour les voies 1 et 2 et le quai sud et 1033 tonnes sur 19,8 m pour les voies 3, 4 et BAM et le quai intermédiaire.

e) Levage des dalles pour évacuation du dispositif de roulement, mise en place des appuis définitifs et repose des dalles sur ces appuis.

f) Mise en place de petits ponts provisoires pour les travaux d'achèvement derrière les culées et remontage des voies.

Toutes ces différentes opérations sont menées sous la direction des services spécialisés des CFF.

Caractéristiques de l'ouvrage

Angle:	89,43 grades	
Ouverture droite:	21 m	
Portée droite:	21,80 m	
Ouverture biaise:	21,29 m	
Portée biaise:	22,10 m	
Poids à riper:	Tablier aval	590 t
	Quai 1	226 t
		816 t
	Tablier amont	782 t
	Quai 2	251 t
		1033 t
Béton:	Tablier aval	185 m³
	Tablier amont	250 m³
	Quai 1	86 m³
	Quai 2	100 m³
Précontrainte:	Tablier aval	7952 t
	Tablier amont	9514 t
	Quai 1	1350 t
	Quai 2	2175 t

Adresse de l'auteur: *Frédéric Matter*, ing. civil SIA, case postale 66, 1000 Lausanne 4.

Die Steinschlaggalerien an der Axenstrasse

DK 625.711.812

Von **Franz Pfister**, Schwyz

Einleitung

Die landschaftlich reizvolle Axenstrasse wurde bisher dauernd durch niedergehende Steine gefährdet. Insbesondere bei Föhn, Regen und Tauwetter ist der Steinschlag besonders intensiv. Obwohl bisher jedes Jahr ein- bis zweimal kostspielige Felsräumungsarbeiten durchgeführt wurden, konnte die Gefährdung der Strassenbenützer nie vollständig ausgeschaltet werden. Die sehr unregelmässig aufgebaute Felswand über der Axenstrasse hat allein zwischen Brunnen und Sisikon ein Ausmass von rund 300000 m². Eine vollständige Überwachung oder Räumung dieser Verwitterungszone ist daher allein aus praktischen Gründen ausgeschlossen.

Da die Axenstrasse ein Bestandteil der N4 ist und jährlich steigende Verkehrsbelastungen aufweist, musste eine Lösung für die Behebung der unhaltbaren Gefährdung des Strassenverkehrs gefunden werden. Im Jahre 1964 erteilte das Baudepartement des Kantons Schwyz den Auftrag zur Projektierung einer Steinschlaggalerie auf den am meisten vom Steinschlag betroffenen Strassenabschnitten.

Bemessungsgrundlagen

Aufgrund von langjährigen Beobachtungen des Steinschlages und der am Strassenbelag entstandenen Schäden und aus der Beurteilung der Felsstruktur konnten in gewissem Rahmen Rückschlüsse auf die Art und Wirkung des Steinschlages gezogen werden. Obwohl die Felswand ab Strassenebene eine Höhe bis zu 350 m aufweist, sind die tatsächlichen freien Fallhöhen bedeutend kleiner, im allgemeinen nicht mehr als 50 m, da die Wand durch flachere Bänder unterbrochen wird. Steine aus grösserer Höhe werden meistens direkt in den Urnersee geschleudert. Über die Steingrösse stand fest, dass diese meistens im Bereich von Faust- bis Kopfgrösse, d.h. selten mehr als 50 kp, wiegen.

In Zusammenarbeit mit den Experten wurden die Bemessungsgrössen nach Tabelle 1 festgelegt.

Bei der Festlegung dieser Bemessungsgrössen wurden zum vornherein eigentliche Felsstürze oder Felsrutschungen, welche

Tabelle 1. Bemessungsgrössen für die Steinschlaggalerie

	Steingewicht kp	Freie Fallhöhe m
Abdeckplatten:		
– Zulässige Spannungen nicht überschritten	25	50
– Zulässige Spannungen überschritten, aber keine bleibenden Schäden	50	50
– Bleibende Schäden, jedoch kein Durchschlagen	100	100
Träger und Fundationen:		
– Zulässige Spannungen nicht überschritten	100	70
– Zulässige Spannungen überschritten, aber keine bleibenden Schäden	100	100
– Bleibende Schäden	> 100	> 100

sich ab und zu ereignen, ausgeschlossen. Solche Katastrophenfälle werden auch in Zukunft durch vorsorgliche Felsräumungen verhütet werden müssen. Im gesamten Verbauungsgebiet besteht zudem keine Gefahr infolge Schnee- oder Eislawinen.

Projektidee

Es wurden zwei Grundsysteme in statischer, konstruktiver und kostenmässiger Hinsicht eingehend untersucht:

- Galerie mit geneigtem Dach und Schutzschicht, wobei die Steine grösstenteils in den See abrollen oder weggeschleudert werden
- Galerie mit horizontalem Dach und Erdpolster.

Die Variante mit schrägem Dach mit Stützstreben gegen die Felswand hat sich schliesslich aus fünf Varianten als die zweckmässigste Lösung erwiesen. Eine Fundation auf der Seeseite hätte bedeutende Mehrkosten verursacht, weil diese nur mittels umfangreicher Pfählungen und Schutzmassnahmen gegen Wellenschlag hätte verwirklicht werden können. Da die Axenstrasse für den grossen Durchgangsverkehr stets offengehalten werden muss, wurde von Anfang an nur eine vorfabrizierte Lösung näher in Betracht gezogen. Damit konnten die Arbeiten im Strassengebiet auf ein Mindestmass beschränkt werden. Zudem bietet sich die Möglichkeit, allfällig defekt gewordene Elemente rasch und einfach auszuwechseln. Dank der Vorfabrikation musste die Strasse nur für die Montagearbeiten zeitweise gesperrt werden. Weitere Strassensperrungen ergaben sich nur noch bei den Sprengarbeiten für die Fundamente; diese Arbeiten wurden aber nur nachts und in verkehrsarmen Jahreszeiten durchgeführt.

Steinschlagversuche

Aus Mangel an praktischen Erfahrungen zeigte es sich, dass für den konstruktiven Aufbau und die Bemessung einer leichten Schutzkonstruktion aus vorfabrizierten Elementen eingehende Versuche notwendig sind. Die Bauherrschaft sah sich deshalb veranlasst, durch die EMPA ein umfangreiches Versuchsprogramm durchführen zu lassen. An einem Silogebäude in Brunnen konnten Fallversuche im Massstab 1:1 durchgeführt werden, wobei Steine bis zu 60 kp Gewicht mit einer Fallhöhe von 45 m zum Einsatz kamen. Hauptziel dieser Versuche war, die Wirkung von fallenden Steinen auf verschiedene Arten von Betonplatten zu untersuchen und Unterlagen für deren Bemessung zu liefern. Ferner war es nötig, die Auflagerkräfte der Platten infolge der Stosswirkung der Steine zu messen, damit die vorgesehene Haupttragkonstruktion entsprechend bemessen werden konnte.

Zu Vergleichszwecken wurden dieselben Plattentypen im Laboratorium auf ihr statisches Verhalten untersucht.

Die Versuche lieferten nachstehende, für die endgültige Konstruktionswahl massgebende Ergebnisse:

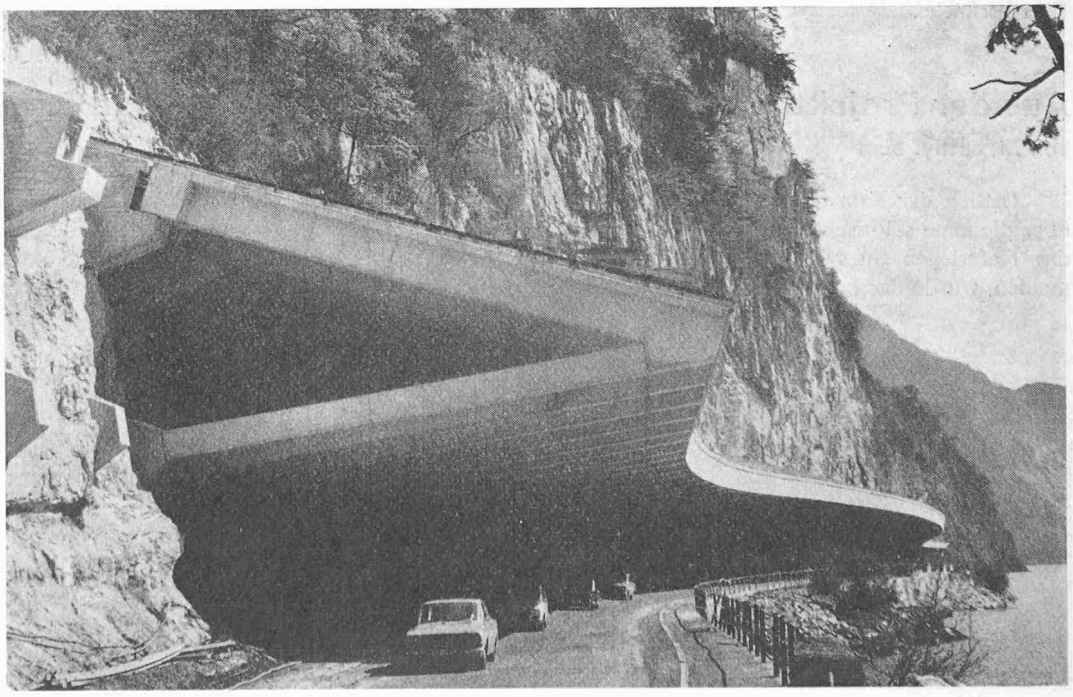
- Bei gleicher statischer Tragfähigkeit haben sich Betonplatten von 20 cm Stärke mit einer widerstandsfähigen Membran auf der Plattenunterseite (sog. Rippenblech) am besten bewährt
- Die Rippenbleche müssen im Überbeton einwandfrei verankert werden und eine genügende Schubsicherung aufweisen
- Platten mit grosser Masse und Duktilität sind am besten geeignet, die auftretenden grossen Stossenergien aufzunehmen und zu vernichten
- Dünne Dämpfungsschichten (unter 20 cm) haben keine bedeutende Verminderung der Stosskräfte zur Folge. Sie sind aber zum Schutze der Betonoberfläche unerlässlich
- Da bei schlagartigen Belastungen ganz beträchtliche Abhebekräfte auftreten, müssen die Platten auf den Hauptträgern gut verankert werden
- Infolge der Wirkung der Massenträgheitskräfte erträgt ein Tragwerk impulsartige Belastungen, die weit über dem statischen Tragvermögen liegen
- Die Bemessung der Tragwerke für stossartige Belastung und die Abschätzung der zu erwartenden Deformationen können mittels einer vereinfachten Berechnungsmethode leicht durchgeführt werden:

Im elastischen Bereich:

Dynamische Ersatzlast:

$$P_{dyn} = G_s \cdot \varphi = G_s \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot H}{\frac{m \cdot g}{k} + \frac{M^* \cdot g}{k}}}$$

Hierin bedeuten H = Fallhöhe, m = fallende Masse, $M^* = {}^{17}/_{35} \cdot q \cdot l/g$ (reduzierte Masse der Konstruktion), g = 9,81 m/s², $k = 48\ EJ/l^3$ (Federkonstante), l = Balkenlänge (einfacher Balken), G_s = Steingewicht (kp).



Im plastischen Bereich:

$$Q_s^2 \cdot H = R_0 \cdot Y_e (\varkappa - 1/2) \cdot G_e$$

Hierin bedeuten Q_s = Fallgewicht (kp), H = Fallhöhe, $R_0 = P_{pl}$ = Traglast, Y_e = max. elast. Durchbiegung, Y_m = max. zulässige Durchbiegung, $\varkappa = Y_m/Y_e$, $G_e = {}^{17}/_{35} \cdot G$ = Ersatzgewicht der Tragkonstruktion, G = wirkliches Gewicht der Tragkonstruktion.

Projektbeschrieb

Die Verbauungsstrecke hat eine Gesamtlänge von 1310 m und besteht aus 3 Abschnitten von 985, 260 und 65 m. Das theoretische Axmass beträgt 5,0 m. Die Abdeckplatten bestehen aus einem 2,0 mm starken Stahlrippenblech, 20 cm Beton und 10 cm Schutzbelag in Form einer Heissmischtragschicht. Die Verbindung mit den Hauptträgern erfolgt mittels Armierungsbügeln und Fugenschluss mit Ortbeton. Die Längsfugen sind als Raute ausgebildet und ebenfalls mit Ortbeton vergossen. Die Normalplatten haben eine Grösse von 1,25 × 4,80 m und sind etwa 4,5 t schwer.

Die Hauptkonstruktion besteht aus einem T-förmigen Hauptträger von 1,05 bis 1,25 m Konstruktionshöhe und Längen von 7 bis 15 m, abgestuft alle 50 cm. Die Stützstreben sind prismatisch 50/50 cm bis 50/70 cm und haben eine Länge von 6 bis 13 m.

Die Haupttragkonstruktion ist nur schlaff armiert, weil das Verhalten von vorgespannten Trägern bei schlagartiger Beanspruchung zuwenig genau bekannt ist. Die bergseitige Auflagerkraft des Hauptträgers wird durch eine Fundamentkonsole aufgenommen, während die Zugkräfte über eine demontierbare Schraubenverbindung und je zwei Felsanker (V_0 = 150 t) in die Felswand eingeleitet werden. Die Stützstreben sind als Druckstäbe ausgeführt, wobei die auf Druck beanspruchten Anschlüsse mit Dübeln und Neoprene-Einlagen versehen sind.

Die Nivellette der Stirnseite, welche mit vorfabrizierten Stirnblenden abgedeckt ist, verläuft parallel zum seeseitigen Gehweg. Die lichte Höhe über der Fahrbahn beträgt min. 6 m.

Die oberen Felsfundamente sind an die gereinigte Felsoberfläche anbetoniert und mittels je zwei Felsankern vorgespannt. Die unteren Felsfundamente sind nur mittels schlaffen Ankern an der Felswand befestigt. Die Felsanker haben eine Länge von 8 bis 20 m. Die grossen Längen waren bedingt durch die teilweise stark zerklüftete Felsstruktur in Nähe der Felsoberfläche.

Bauausführung

Sämtliche vorfabrizierten Elemente wurden in zwei Feldfabriken beim Anschlussbauwerk Brunnen der N4 hergestellt. Die Erstellung der Felsfundamente bereitete bei diesem Bauvorhaben die grössten Schwierigkeiten. Einerseits behinderte der starke Verkehr die Bauarbeiten, anderseits erforderte die Räumung der losen Felsteile weit mehr Arbeit, als ursprünglich angenommen wurde. Die Fundamente wurden mit vorgefertigten Schalungen erstellt und anschliessend die Felsanker gebohrt und injiziert. Die Injektionen bereiteten weitere Schwierigkeiten, indem durch die starke Zerklüftung des Kalkfelsens einzelne Bohrlöcher bis 6mal nachinjiziert werden mussten. Die Montage der Fertigelemente erfolgte ausschliesslich während der Nacht. Mittels eines Autokrans konnten pro Nachtschicht bis zu vier Trägerfelder einschliesslich Abdekkung montiert werden. Die Tagschichten wurden für die Fugenschlüsse auf den verlegten Abdeckplatten verwendet. Grosse Hilfe bei der Montage bildete der Einsatz eines fahrbaren Montagegerüstes, welches für die provisorische Abstützung der Stützstreben eingesetzt wurde. Die verlangte Montagegenauigkeit von ± 1 cm konnte durchweg eingehalten werden.

Wichtigste Termine:

Projektierungsauftrag:	Juli 1964
Steinschlagversuche EMPA:	Sept. 1964 bis Juli 1965
Projektgenehmigung:	November 1966
Submission:	März bis Mai 1967
Felsfundamente:	März 1968 bis Juli 1969
Montage:	November 1968 bis März 1970

Beteiligte:

Bauherr:	Kanton Schwyz
Oberbauleitung:	Strasseninspektorat des Kt. Schwyz
Experte:	Prof. Dr. *B. Thürlimann*, ETHZ
EMPA:	Prof. Dr. *A. Rösli*
Projekt und Bauleitung:	Ingenieurbüro *F. Pfister*, dipl. Ing. ETH, SIA, Schwyz
Fundamente, Abdeckplatten und Montage:	*G. Leimbacher*, Bauunternehmung, Lachen
Vorfabrizierte Träger:	*E. Contratto AG*, Bauunternehmung, Goldau
Stahlteile:	*P. Weber*, Eisenbau, Seewen-Schwyz

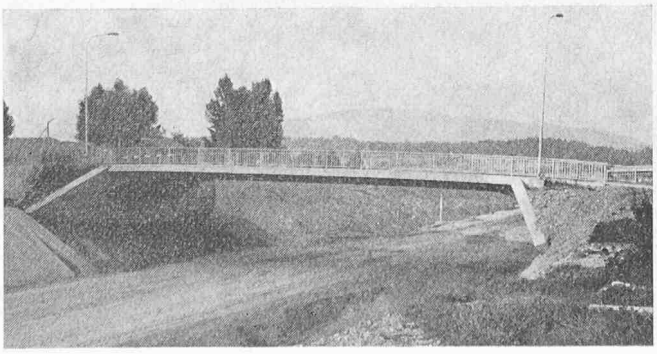
Adresse des Verfassers: *Franz Pfister*, dipl. Ing. ETH/SIA/ASIC, Ingenieurbüro, Bahnhofstrasse 53, 6430 Schwyz.

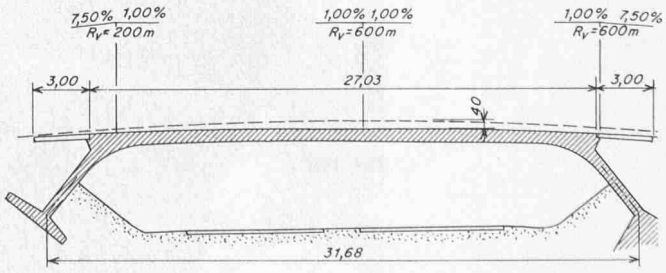
Aus der Projektierung des Objektes T5 über die SN 6 in Bern

DK 624.282:624.012.47

Von **M. Lüthy**, Bern

Östlich der Kunsteisbahn Allmend war deren Anfahrt über die neue städtische Expressstrasse SN 6 zu führen. Um das Tieferlegen eines bestehenden grossen Kanales zu vermeiden, wurde das Längenprofil der SN 6 höher projektiert. Deshalb erhielt die zu überführende Strasse – zu deren Entwurf eine sog. Sprengwerkbrücke angenommen wurde – steile Anfahrten von über 7,5 bzw. 8 % Gefälle. Der Situationsplan, das Längenprofil (hier im Längsschnitt gestrichelt





Links die fertige Überführung der T 5 über die SN 6 östlich der Kunsteisbahn Allmend in Bern. Oben Längsschnitt 1:500