

Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 91 (1973)
Heft: 12: SIA-Heft, Nr. 3/1973: Untertagebau

Artikel: Tunnel- und Schacht-Abdichtungsverfahren mit PVC-Folien
Autor: Peduzzi, A.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-71831>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. 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. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

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. [Voir Informations légales.](#)

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. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 17.05.2025

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

Récapitulation

Le but de cette étude était d'examiner s'il existait une corrélation entre la vitesse d'avancement de la foreuse Robbins utilisée dans la galerie de Crespera-Gemmo et la résistance à l'écrasement d'éprouvettes prélevées sur son passage.

Les valeurs de A/P peuvent se déduire des résistances à l'écrasement avec des coefficients de variation de 53% et de 32%. Pour obtenir cette précision, il a fallu éliminer certains échantillons pour lesquels A/P ou σ_e étaient entachés d'erreurs accidentelles, et ne garder que les roches schisteuses. Les raisons d'erreur étaient l'état d'usure des couteaux et la présence de mylonite.

Par cette opération le coefficient de variation moyen a été amélioré de 19%. Ceci montre la grande importance de choisir des sections où la roche est homogène et où l'on connaît l'état d'usure des couteaux.

Le point que l'on devrait pouvoir éclaircir davantage est la relation entre A et P , que nous avons considérée comme linéaire, à défaut de plus amples renseignements.

Conclusions

Au terme de cette étude, on peut affirmer d'une part que l'essai d'écrasement ponctuel constitue un essai d'index satisfaisant pour l'établissement de corrélations avec la géologie de massifs rocheux, et d'autre part qu'il existe une corrélation du type hyperbolique entre les grandeurs A/P et σ_e .

Il est clair que d'autres paramètres, tels que notamment la dureté de la roche et la structure du massif rocheux, devront être considérés en plus de l'essai d'écrasement pour mieux cerner la complexité du problème.

Il serait, de toute façon, intéressant de poursuivre les recherches, en tenant compte des enseignements de Crespera-Gemmo. Ces recherches devraient permettre de mieux prévoir le coût d'utilisation et les prestations des foreuses à pleine section, outils puissants mais encore peu connus.

Adresse des auteurs: F. Descœudres, professeur à l'Ecole polytechnique fédérale de Lausanne, Laboratoire de géotechnique, 67, rue de Genève, 1004 Lausanne et G. Rechsteiner, ingénieur civil EPFL, Bureau Dr. G. Lombardi, Case postale, 6601 Locarno.

Summary

Driving the Crespera-Gemmo tunnel, a series of observations were carried out: a geological survey giving the nature of the rock encountered along the tunnel; measurements of tunneling speed and of the thrust of the tunnelling machine at 62 sections; point load tests on rock cores drilled in these 62 sections.

Correlations between these parameters have been established to contribute to the knowledge of the performance of tunnelling machines in different types of rocks.

Zusammenfassung

Anlässlich des Baues des Stollens von Crespera-Gemmo wurden folgende Beobachtungen und Messungen durchgeführt: die geologische Aufnahme der ganzen Stollenlänge; die Messung der Vortriebsgeschwindigkeit und des Druckes der Bohrmaschine in 62 Querschnitten sowie die Durchführung von Punktdruckversuchen im Labor auf Proben, die aus diesen 62 Querschnitten entnommen wurden.

Als Beitrag zur Studie der Bohrbarkeit des Gebirges durch Tunnelvortriebsmaschinen wurden zwischen diesen verschiedenen Parametern Korrelationen aufgestellt.

References

- [1] Deere D. U.: Indexing Rock for machine tunnelling. Rapid excavation - Problems and Progress Chap. 3, D.H. Yardley, New York, 1970.
- [2] Gaye F.: Efficient excavation. «Tunnels and Tunnelling», January-February and March-April 1972.
- [3] Muir Wood A.: Faster, cheaper tunnelling. «New Scientist». 45, 1970.
- [4] Franklin J.A., Broch E. and Walton G.: Logging the mechanical character of rock. «Transaction of the Institution of Mining and Metallurgy», Vol. 80, 1971.
- [5] D'Andrea D.V., Fischer R.L. and Fogelson D.E.: Prediction of compressive strength from other rock properties. Report 6702 US Bur. Mines, 1965.
- [6] Protodiakonov M.: Méthodes nouvelles de détermination des propriétés mécaniques des terrains miniers. «Revue de l'Industrie minière», Mars 1961.

Tunnel- und Schacht-Abdichtungsverfahren mit PVC-Folien

DK 624.19:678.743

Von A. Peduzzi Zollikon

1. Allgemeines

Aus wirtschaftlichen Überlegungen wird immer mehr versucht bei Tunnelbauten Doppelgewölbe zu vermeiden. Dies bedingt, dass Abdichtungen zur Anwendung gelangen, die auf eine unebene Unterlage aufgebracht werden können. Im nachfolgenden wird ein Tunnel- und Schacht-Abdichtungsverfahren beschrieben, das mittels eines neuen Befestigungsverfahrens ermöglicht, die Abdichtungshaut einigermaßen satt auf die unebene Unterlage zu befestigen. Eine Abdichtungshaut sollte möglichst satt auf der Unterlage, auf der sie aufgebracht wird, anliegen und sich erst nach Einbringen der Betonverkleidung lösen, damit sie sich auf deren Rückseite unter dem Wasserdruck anschmiegen kann. Diese Anforderungen können bis heute nur von Spritzisolierungen erreicht werden, die jedoch eine trockene und besonders zu behandelnde Unterlage verlangen, was mit sehr hohen Kosten verbunden ist. Bei der Spritzisolierung ist die Ausführung mit gleichmässiger Schichtstärke sehr ungewiss. Es ist deshalb von Vorteil, für die Herstellung einer Abdichtungshaut Kunststoff-Folien oder bereits vorkonfektionierte Kunststoff-Bahnen zu verwenden. Das nachfolgend beschriebene

Abdichtungsverfahren kann sowohl im Tunnelbau, als auch im Schachtbau angewandt werden. Die Abdichtungshaut liegt dank dem neuen Befestigungsverfahren sehr satt auf der unebenen Unterlage auf.

Bei der Ausführung der Tunnelabdichtung auf der Innenseite von Gewölbe und Widerlager wird die Abdichtungshaut auf die gunitierte Felsoberfläche aufgebracht. Das Betongewölbe liegt nie satt auf der mit der aufgetragenen Abdichtungshaut überzogenen Gunitoberfläche auf. Dies ist einerseits bedingt durch das Schwinden des Betons, andererseits durch die trotz Scheitelschluss besonders im Gewölbescheitel entstehenden Hohlräume.

Nachdem die Hohlraumfreiheit - die für die Wirksamkeit sämtlicher Abdichtungen mit plastischen Materialien wie Bitumen, Bitumen-Kautschuk-Kombinationen usw. notwendig ist - nicht erreicht werden kann, ist es zweckmässig, als Abdichtungshaut eine vorkonfektionierte Kunststoff-Folie zu verwenden. Dieselbe ist, um die nachfolgenden Betonierarbeiten nicht zu erschweren, möglichst satt auf die unebene, meistens gunitierte Felsoberfläche zu befestigen. Das bis heute vielfach zur Anwendung gelangende punktweise Be-

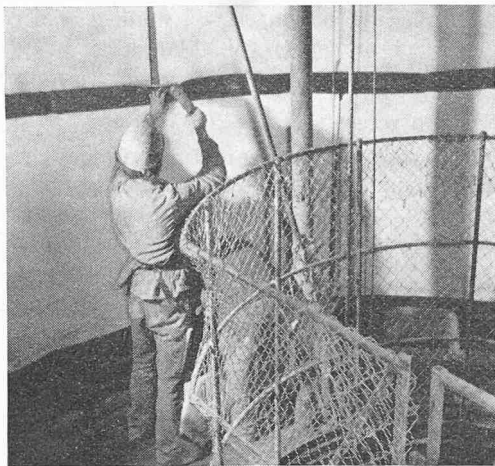


Bild 1 (links). Auflagerleiste aus PVC

Bild 2 (rechts). Befestigen der Schaumstoffunterlage mit Hilfe der Auflagerleisten

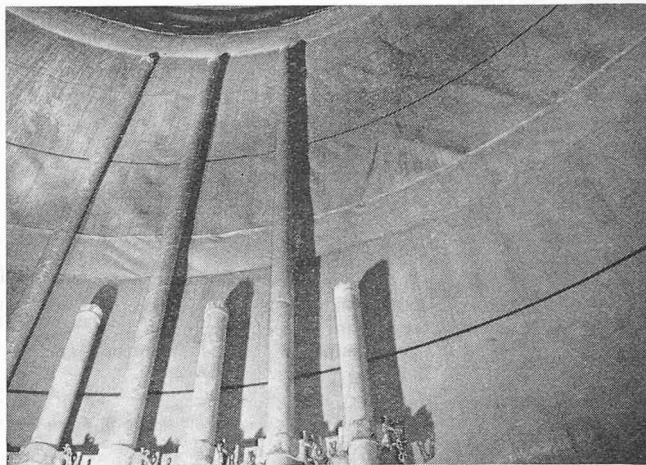


Bild 3. Fertig verlegte PVC-Folien-Abdichtung in Vertikalschacht. PVC-Folie mit flexibler und farbiger Schutzschicht

festigungsverfahren kann dieser Anforderung nur schlecht Rechnung tragen. Bei punktwiser Befestigung ist mit grösserem Durchhängen der Kunststoff-Folie zu rechnen, das die Ausführung der Betonverkleidung erschwert und zur unerwünschten Faltenbildung führen kann.

In der Praxis ist trotz erfolgter Gunitierung der Felsfläche vor dem Aufbringen der Abdichtungshaut mit dem Auftreten von Wasserinfiltrationen zu rechnen. Die Abdichtungshaut sollte deshalb auch unter Feuchtigkeitseinfluss verlegt werden können. Das nachfolgend beschriebene Abdichtungsverfahren bedingt keine trockene Unterlage und kann auch bei vorhandenem fliessendem Wasser ausgeführt werden.

2. Materialeigenschaften der Abdichtungshaut

Das Tunnelabdichtungsverfahren kann im Prinzip mit irgendeiner Kunststoff-Folie ausgeführt werden. In der Praxis hat sich die Anwendung von PVC-Folien durchgesetzt, da dieselben auch bei Vorhandensein von Staub und Schmutz gut verschweisst werden können. Im Handel befinden sich verschiedene Fabrikate, die sich für die Ausführung einer Tunnelabdichtung eignen. Die materialtechnologischen Kenn-

werte, die eine PVC-Abdichtungshaut aufweisen sollte, sind in Tabelle 1 zusammengestellt.

Für eine Tunnelabdichtung sollte eine Folienstärke von mindestens 2 mm verwendet werden. Werden Folien mit besonders abrasionsfester Schutzschicht für die Ausführung einer Tunnel- oder Schachtabdichtung verwendet, dann muss darauf geachtet werden, dass die Schutzschicht eine ähnliche Flexibilität aufweist wie die PVC-Folie. Sehr gute Erfolge zeigt eine PVC-Korkmehl-Schutzschicht, die trotz ihrer hohen Abrasionsfestigkeit sehr flexibel ist. Durch diese Schutzschicht wird die Abdichtungshaut vor allfälligen Verletzungen bei der Ausführung der Betonverkleidung geschützt.

3. Aufbau der Abdichtung

Um die Abdichtungshaut vor Verletzungen durch die Unterlage, die meistens aus einer gunitierten Felsfläche besteht, zu schützen, ist die Verwendung einer Schaumstoffunterlage vorteilhaft. Es werden nun diese Schaumstoffmatten nicht mehr, wie bisher üblich, punktwise auf die unebene, gunitierte Felsfläche befestigt, sondern mit besonderen Auflagerleisten. Diese Auflagerleisten werden aus demselben PVC-Material, aus dem die Abdichtungshaut besteht, herge-

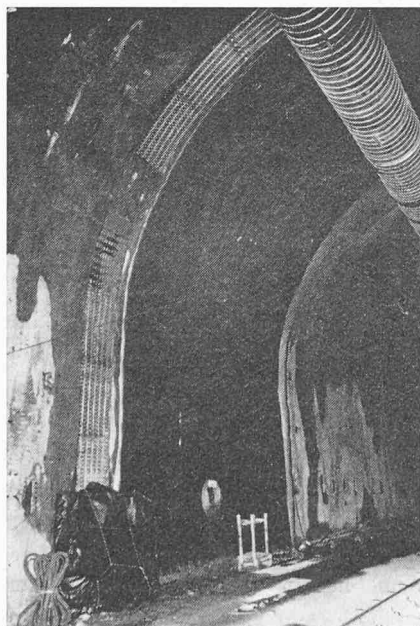


Bild 4 (links). Mittels Auflagerleisten verlegte PVC-Folien-Abdichtung in Tunnel

Bild 5 (Mitte). Ausführung einer Doppelschweissnaht mittels Heissluft

Bild 6 (rechts). Manometer und Luftventil für die Luftdruckprüfung der Doppelschweissnaht

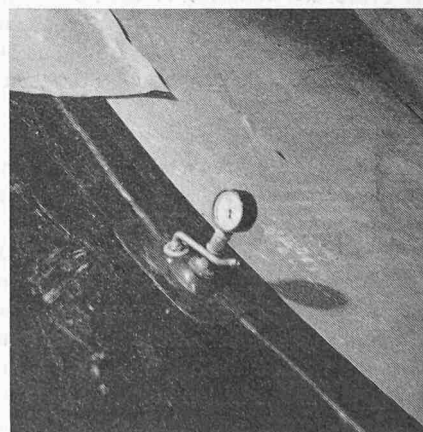
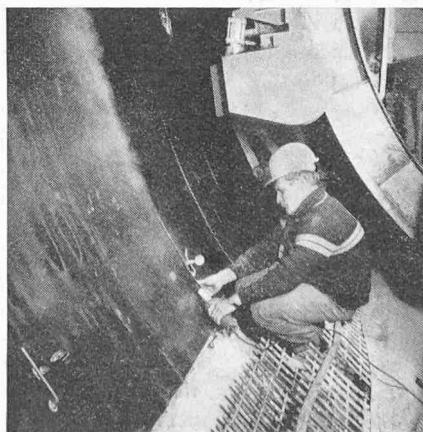


Tabelle 1. Kennwerte, die eine PVC-Abdichtungshaut erreichen sollte

Chemische Zusammensetzung:	weichmacherhaltiges Polyvinylchlorid
Gewicht:	1,30 g/m ²
Bruchdehnung:	400 %
Bruchfestigkeit:	170 kp/cm ²
Flächendruckfestigkeit:	100 kp/cm ²
Chemische Beständigkeit:	Gute Widerstandsfähigkeit gegen natürlich vorkommende aggressive Wässer; unempfindlich gegen vagabundierende Ströme; kurzzeitig gegen Öl und Fett unempfindlich; empfindlich gegen teerhaltige Substanzen; nicht beständig gegen Bitumen.
Alterungsbeständigkeit:	Gute Alterungs- und Verrottungsfestigkeit; gute Kältebeständigkeit (Verlegemöglichkeiten auch bei Temperaturen unter +5°C)
Shorehärte A:	rd. 75°
Wärmebeständigkeit:	+70°C
Kältebeständigkeit:	—40°C
Lin. Wärmeausdehnung:	2 · 10 ⁻¹ mm/°C m
Oberflächenwiderstand:	10 ¹¹ Ω
Spez. Durchgangswiderstand:	5 · 10 ¹¹ Ω cm
Wärmeleitzahl:	0,14 kcal/m h °C
Wasserdampf-Diffusionswiderstandsfaktor:	20 000 (Luft = 1)

stellt und verhindern dank ihrer besonderen Formgebung, dass Befestigungsmittel wie Nägel, Unterlagsscheiben usw. mit der Abdichtungshaut in Berührung kommen (Bild 1). Diese Auflagerleisten werden im Abstand von 50 cm bis 1,5 m auf die unebene, gunitierte Felsoberfläche befestigt und dienen als linienförmige Befestigung für die zu Planen vorkonfektionierten PVC-Folien (Bild 2). Letztere werden mittels Warmluftgeräten linienförmig auf der Auflagerleiste befestigt. Man erhält so eine an der Unterlage satt anliegende, faltenfreie Abdichtungshaut (Bilder 3 und 4).

4. Stossverbindungen

Normalerweise werden bei der Ausführung von PVC-Folienabdichtungen die einzelnen Bahnen – oder vorkonfektionierten Folien – miteinander im Heissluftverfahren verschweisst. Zur Überprüfung wurde bisher die Schweissnaht mit einem Funkenprüfgerät abgetastet. Dieses Prüfverfahren ist für druckwasserhaltige Abdichtungen sicher zu wenig aussagekräftig, und es wurde deshalb ein neues Prüfverfahren mittels Druckluft entwickelt. Die zu verschweisenden Folienabschnitte werden mit einer doppelten Schweissnaht miteinander verbunden, die beiden Nähte werden durch das Einlegen eines Kunststoffdrahtes voneinander getrennt (Bild 5). In den so gebildeten Hohlraum wird Druckluft gepumpt, und der Prüfdruck kann mit einem Manometer gemessen werden. Mit dieser Prüfmethode, die eindeutig und jederzeit kontrollierbar ist, wird die Stossverbindung nicht nur auf Dichtigkeit, sondern auch auf mechanische Festigkeit geprüft (Bild 6).

5. Anforderungen an die Unterlage

Dieses Verfahren stellt geringe Ansprüche an die Beschaffenheit der Unterlage. Die Abdichtungshaut kann unter Feuchtigkeitseinfluss verlegt werden. Es ist somit keine besondere Vordichtungsarbeit notwendig, da das Befestigen der Auflagerleisten mechanisch erfolgt. Durch die Verwendung der Schaumstoffunterlage kann auf die Ausführung eines Feingunites verzichtet werden. Eine Gunitunterlage, ausgeführt mit Sand 0 bis 8 mm ist genügend. Dank der Verwendung der Auflagerleisten können 8 mm, vor- und einspringende gunitierte Felsflächen bis zu etwa 10 cm bei 50 cm Abstand

der Auflagerleisten zugelassen werden. Man erhält in diesem Fall eine Dehnung des PVC-Materials von 10 %, was bei einer Bruchdehnung von rund 400 % sicher vertretbar ist.

6. Arbeitsvorgang

Je nach der Grösse und der Art des einzelnen Objektes können die einzelnen Arbeitsgänge, besonders das Verlegen der vorkonfektionierten PVC-Folien, mehr oder weniger mechanisiert werden. Der Arbeitsablauf ist hierbei der folgende:

- *Vorbereiten der Unterlage:* Die Unterlage, d.h. die gunitierte Felsoberfläche, muss nicht trocken sein und braucht nicht speziell vorbehandelt zu werden. Die Ausführung eines Gunites mit Sand 0 bis 8 mm ist genügend. Auch druckhaftes Wasser braucht nicht besonders abgeleitet zu werden. Somit entfallen sämtliche kostspielige Vordichtungsarbeiten.
- *Verlegen der Schaumstoffmatten mittels der Auflagerleisten:* Die Schaumstoffmatten, die eine Verletzung der Abdichtungsfolie durch die rauhe Gunitunterlage verhindern, werden mittels der speziellen PVC-Auflagerleisten auf die gesamte Abwicklung des Tunnel- oder Schachtaufanges befestigt.
- *Verlegen der PVC-Folie:* Die normalerweise zu Planen vorkonfektionierte PVC-Folie von mindestens 2 mm Stärke wird von einem Montagegerüst aus an den Auflagerleisten im Heissluftverfahren aufgeschweisst. Dank der linienförmigen Befestigung kann die PVC-Plane satt und faltenfrei auf die Unterlage verlegt werden. Somit fällt eine Behinderung beim Betonieren der Betonverkleidung weg.
- *Stossverbindungen:* Die Stossverbindungen der einzelnen PVC-Planen werden mit Heissluft verschweisst. Das Heissluftschweisverfahren ist bei den im Tunnel vorherrschenden Temperaturen und Luftfeuchtigkeitsverhältnissen sehr geeignet. Durch die Ausführung einer doppelten Schweissnaht können die einzelnen Stossverbindungen mit Druckluft geprüft werden.

Das beschriebene neue Tunnel- und Schachtabdichtungsverfahren ist dank der Verwendung von vorkonfektionierten Kunststoff-Folien rationell und kann sich jeder Betonierleistung, wie sie im Untertagebau bis heute üblich ist, anpassen. Dieses Verfahren ermöglicht die Anwendung von Kunststoff-Folien beliebiger Stärke, und die Stossverbindungen können dank der Druckluftprüfung kontrolliert werden. Es wurde beim Wetterschacht «Lerche» in Deutschland und beim Vertikalschacht Hospental für den Gotthard-Strassentunnel angewandt.

Adresse des Verfassers: A. Peduzzi, dipl. Ing. ETH, Präz. VR Iso-mat-Bau AG, Zürich, Im Walder 34, 8702 Zollikon.

Stand der Bauarbeiten im Gotthard-Strassentunnel

DK 625.712.35.002

Folgende Arbeiten wurden in der Zeitspanne von Ende Juli 1972 bis Ende Februar 1973 seit der letzten Berichterstattung vom September 1972 (siehe Schweizerische Bauzeitung 90 (1972) H. 36, S. 887) geleistet:

Los Nord

Im *Haupttunnel* ist der Vortrieb bei km 2,614 angelangt. Seit Ende Juli letzten Jahres wurden 386 m im Aaregranit durchörtet. In dieser Strecke erfolgten die Ausbrucharbeiten der Zentrale Bözberg (rd. 2½ Monate) und die Umstellung von Voll- auf Teilausbruch gemäss Vorschlag der Unternehmung.