

**Zeitschrift:** Schweizerische Bauzeitung  
**Herausgeber:** Verlags-AG der akademischen technischen Vereine  
**Band:** 94 (1976)  
**Heft:** 46

**Artikel:** Tunnelabdichtungen mit Kunststoffbahnen aus PVC  
**Autor:** Peduzzi, Antonio  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-73195>

### **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:** 21.12.2024

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

## Toiletten, Entsorgung

Als Toiletten stehen Trockenklosette und Pissoire zur Verfügung. Der Inhalt der Säcke der Trockenklosette wird in Fäkalienbehälter gegeben, die periodisch aus dem Tunnel ausgeschleust und in vorbereiteten Gruben deponiert werden. Solange die Wasserversorgung normal funktioniert, steht genügend Wasch- und Trinkwasser in den Toilettenräumen zur Verfügung. Beim Ausfall der normalen Wasserversorgung

erfolgt eine rationierte Abgabe, da ein unkontrollierter Verbrauch die geschützte Grundwasserfassung zu stark beanspruchen würde. Die Zivilschutzanlage Sonnenbergtunnel ist durch mehrfache Redundanzen vor Wasserknappheit gut geschützt.

Adresse der Verfasser: Dr. W. Heierli, dipl. Ing. ETH, L. Jundt, Ing.-Techn. HTL, und E. Kessler, Ing. SIA, Ingenieurbüro Heierli AG, Culmannstrasse 56, 8006 Zürich.

## Tunnelabdichtungen mit Kunststoffbahnen aus PVC

Von Antonio Peduzzi, Zürich

DK 624.191.8

Die Dauerhaftigkeit eines mit grossem Aufwand erstellten Untertagebauwerkes hängt nicht zuletzt von dessen *Dichtigkeit* ab, das heisst vom *Verhindern irgendwelcher Wasserinfiltrationen*. Diese können im Winter zu *Eiszapfenbildungen* und somit zu einer *Verringerung des Raumprofils* und bei Strassentunnels zu einer *Vereisung der Fahrbahn* führen.

### Untertagebauwerk und Probleme der Abdichtung

In Anbetracht der Tragweite dieser möglichen Schäden ist es unumgänglich, sich schon bei der Projektierung eines Untertagebauwerkes mit den Problemen der Abdichtung auseinanderzusetzen. Dabei ist prinzipiell zwischen Vordichtung, Hauptdichtung und Nachdichtung zu unterscheiden.

Unter *Vordichtung* versteht der Fachmann die Abdichtungsarbeiten, die eher provisorischen Charakter haben, die jedoch die Voraussetzung für die eigentlichen Arbeiten im Tunnel, unter anderem auch die Erstellung der Hauptdichtung bilden. Unter den Begriff *Hauptdichtung* fallen die *eigentlichen wasserdichten Konstruktionen* jeder Art, welche die absolute Trockenheit des Tunnels gewährleisten. Und als *Nachdichtung* werden solche Arbeiten bezeichnet, die entweder vorausgeplant waren und die Hauptdichtung ergänzen, oder – was in der Praxis eher der Fall ist – *Reparaturarbeiten*, die zur nachträglichen Dichtigkeit eines Bauwerkes führen.

Bei einer Tunnelabdichtung (Hauptdichtung) sind die folgenden Belange mit zu berücksichtigen:

– *Sicherheit der Belegschaft*: Die zur Ausführung gelangende Abdichtung muss die Sicherheit der Belegschaft, die beim Untertagebauwerk eingesetzt ist, während der gesamten Arbeitsausführung gewährleisten.

– *Ausschaltung der Brandgefahr*: Speziell beim Untertagebau in Deutschland sind im Jahre 1969 grössere Brandkatastrophen aufgetreten. Die Ursache lag meistens bei der unsachgemässen Verwendung von Flüssig-Gas. Es sind deshalb bei der Anwendung von Abdichtungssystemen, die mit Flüssig-Gas (Brenner) ausgeführt werden müssen, entsprechende Schutzvorschriften zu beachten. Es sind aber auch Tunnelbrände bekannt, die bei der Ausführung von Kunststoff-Abdichtungen erfolgt sind. Entsprechende Vorsichtsmassnahmen sind daher angezeigt.

Bei den Hauptdichtungen ist besonders zwischen der *wasserdruckhaltenden* Abdichtung, wie sie zum Beispiel bei Untertagebauwerken im Grundwasser auftreten kann, und der *wasserabweisenden* Abdichtung, wie sie im Strassen- und Eisenbahntunnelbau auftritt, zu unterscheiden.

### Spritzisolierungen

Die Spritzisolierungen, ausgeführt mit Polyesterharzen, Epoxidharzen, Bitumen-Latex-Kombinationen, Neopren-Latex-Kombinationen und Polyurethan haben sich bis heute

nicht durchsetzen können. Trotz Ausführung einer Spritzisolierung in verschiedenen Lagen, wobei jede Lage verschieden gefärbt werden kann, ist die Einhaltung einer einheitlichen Schichtstärke nicht garantiert. Im weiteren sind bei Spritzisolierungen hohe Anforderungen an den Untergrund zu stellen bezüglich Freinheit und Trockenheit, die sich sehr vertuernd auswirken.

### Bahnenförmige Abdichtungsmaterialien

In der Praxis haben sich dagegen Abdichtungen, ausgeführt mit bahnenförmigen Abdichtungsmaterialien, bewährt. Als Materialien kommen in Frage: *Bitumen-Dichtungsbahnen, kunststoffmodifizierte Bitumen-Dichtungsbahnen und Kunststoff-Dichtungsbahnen*.

Bitumen-Dichtungsbahnen und kunststoffmodifizierte Bitumen-Dichtungsbahnen erfordern immer eine regelmässige Unterlage, während Kunststoff-Dichtungsbahnen auch auf unebener Unterlage, wie Gunit und Spritzbeton verarbeitet werden können. Diese Eigenschaft hat die Anwendung der Kunststoff-Dichtungsbahnen für die Abdichtung von Untertagebauwerken sehr gefördert.

Die *Kunststoff-Dichtungsbahnen* können aus folgenden Grundmaterialien hergestellt sein:

- Polyvinylchlorid, weich (PVC, weich)
- Polyäthylen (PE)
- Äthylen-Copolymer-Bitumen (ECB)
- Chlor-sulfiniertes Polyäthylen (Hypalon CSM)
- Butyl-Kautschuk (IIR).

In der Praxis haben sich besonders Kunststoff-Dichtungsbahnen aus PVC gut bewährt, die mit Heissluft thermisch homogen miteinander verbunden werden können.

### Abdichtung in geologisch ungünstigen Gesteinsabfolgen

Immer mehr wird auch in geologisch schlechten Gesteinsformationen beim heutigen Tunnelbau auf eine Ausrennung-Verkleidung verzichtet. Sehr oft wird *Spritzbeton mit Felsankerung* kombiniert ausgeführt, oder es wird ein *eventueller Stahlbau mit Spritzbeton überdeckt*. Für diese Art Unterlage hat sich das nachfolgende Tunnel-Abdichtungsverfahren mit Kunststoff-Dichtungsbahnen aus PVC unter Verwendung von PVC-Scheiben bewährt. Es kam unter anderem bei den folgenden Tunnels zur Anwendung: italienische Seite des Tunnel Fréjus (Verbindung Autobahn Lyon-Turin), Tunnel Gleinalm (Österreich-Steiermark), Tunnel Werfen (Österreich-Salzburg, Tauern Autobahn).

### Unterlage-Stärke der Dichtungsbahnen

Eine Behandlung der *Gunitunterlage durch Abpinseln oder Absacken entfällt*. *Wasserinfiltrationen sind nur so weit vorzudichten, als dies für die Herstellung des Spritzbetons oder Gunites notwendig ist* (Bild 1). *Es sollte, wenn möglich, eine*

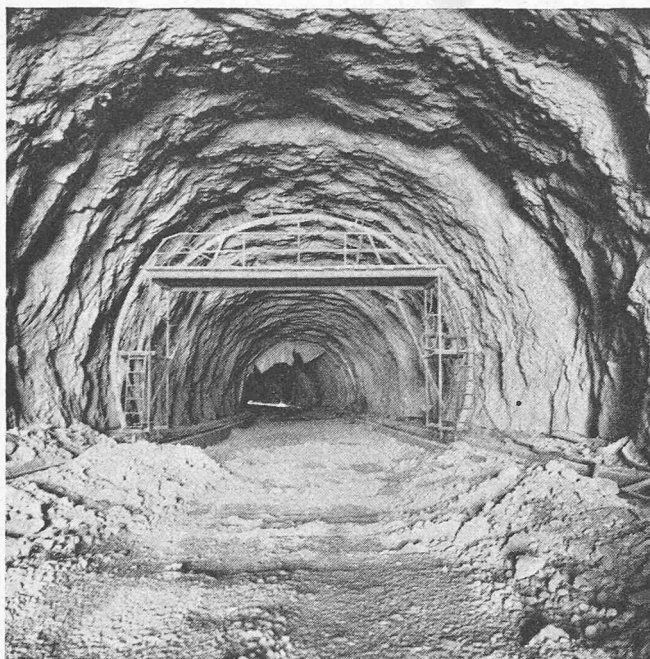
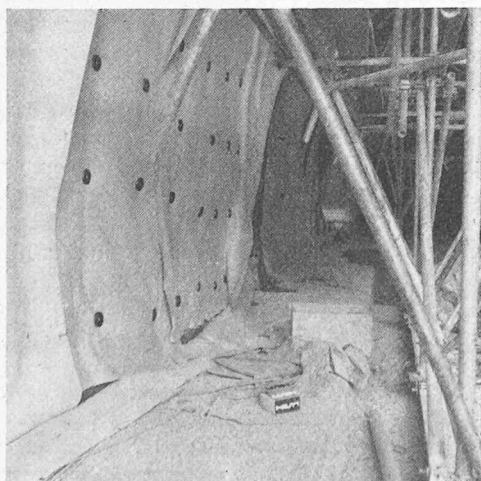


Bild 1. Tunnel Werfen (Österreich). Rohe Ausbruchfläche vor Ausführung der Tunnelabdichtung

*Kunststoff-Dichtungsbahn aus PVC von 2 mm Stärke* verwendet werden. Auf alle Fälle darf die Stärke von 1,5 mm niemals unterschritten werden. Die Kunststoff-Dichtungsbahn aus PVC muss folgende *Material-Eigenschaften* aufweisen:

Chemische Zusammensetzung:	Weichmacherhaltiges Polyvinylchlorid
Spezifisches Gewicht:	1,30 g/cm <sup>3</sup>
Bruchdehnung:	300%
Reissfestigkeit:	170 kp/cm <sup>2</sup>
Chemische Beständigkeit:	Gute Widerstandsfähigkeit gegen natürlich vorkommende, aggressive Wässer; unempfindlich gegen vagabundierende Ströme

Bild 2. Tunnel Werfen (Österreich). Mit PVC-Scheiben punktweise befestigte Spezialvliesunterlage auf gunitierte Felsfläche



Shorehärte A:	zirka 75°
Wärmebeständigkeit:	+ 70° C
Kältebeständigkeit:	- 40° C
Lin. Wärmeausdehnung:	2 · 10 <sup>-1</sup> mm/° C · m

#### *Schutz der Abdichtungshaut*

Die Abdichtungshaut ist vor Verletzungen durch die Gunit- oder Spritzbetonunterlage zu schützen. Die Verletzungen können normalerweise beim Einbringen des Betons oder beim Vibrieren desselben entstehen. Bei gunitierter Felsfläche ist die Verwendung einer *Spezialvliesunterlage* zirka 300 g/m<sup>2</sup> genügend. Bei Felsflächen, die nur mit Spritzbeton versehen sind, ist zusätzlich zur Spezialvliesunterlage ein Polyurethan-Weichschaum mit Brandklassenziffer (BKZ) Klasse V, schwer brennbar, einzubauen.

#### *Aufbau des Systems*

Das Abdichtungssystem weist folgenden *Aufbau* auf:

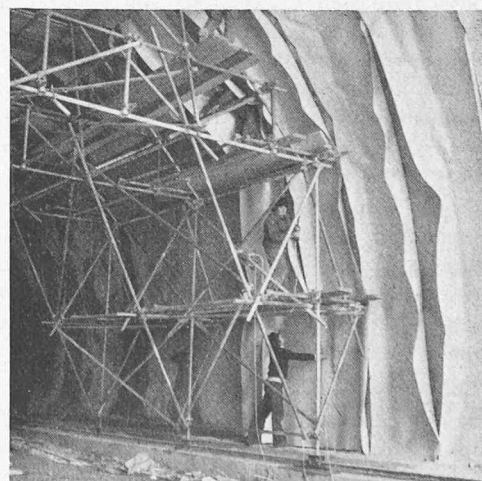
Spezialvliesunterlage:	rund 300 g/m <sup>2</sup>
PVC-Scheiben:	2-3 Stück pro m <sup>2</sup>
Kunststoff-Dichtungsbahnen aus PVC:	rund 1,3 m breit, Länge = Tunnelumfang

#### *Arbeitsvorgang*

Mit Hilfe der besonders ausgebildeten PVC-Scheiben wird die Spezialvliesunterlage auf die rohe Gunit- oder Spritzbetonfläche befestigt (Bild 2). Um beim Betonieren des Innengewölbes die Kunststoff-Dichtungsbahn aus PVC nicht zu verletzen, ist ein Ausrunden der scharfen Kanten und Höcker unumgänglich. Auf die PVC-Scheiben wird die Kunststoff-Dichtungsbahn aus PVC, rd. 1,3 m breit, Länge = Tunnelumfang, mit *Heissluft aufgeschweisst*. Dank der Verwendung von Kunststoff-Dichtungsbahnen aus PVC in Bahnbreiten von 1,3 m können dieselben satt und faltenfrei auf die Unterlage verlegt werden. Somit wird jegliche Behinderung beim Ausführen der inneren Betonverkleidung ausgeschaltet (Bild 3 und 4).

Bei örtlichen Überbeanspruchungen ist gewährleistet, dass sich bei einem Losreißen der PVC-Bahnen von der PVC-Scheibe, die Bahn sich nicht verletzt. Die Qualitäten der PVC-Scheiben und der PVC-Bahnen sind entsprechend aufeinander abgestimmt, so dass die Bruchstelle immer an der PVC-Scheibe erfolgt.

Bild 3. Tunnel Werfen (Österreich). Verlegte Kunststoffdichtungsbahn aus PVC, 1,3 m breit, auf PVC-Scheiben thermisch aufgeschweisst, vor der Ausführung der Stossverbindungen





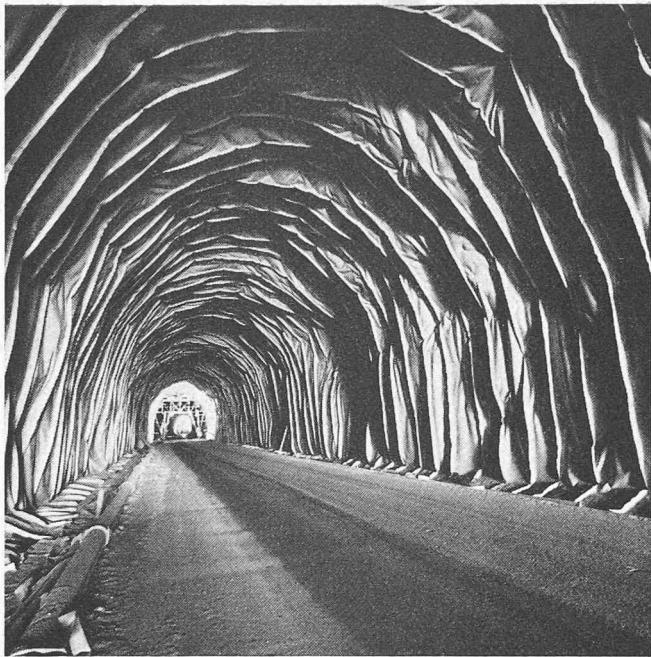


Bild 4. Tunnel Gleinalm-Nord (Österreich). Tunnelabdichtung mit Kunststoffdichtungsbahnen aus PVC auf Gunitunterlage. Stossverbindungen im Heizkeilschweissverfahren mit Doppelnah ausgeführt (druckluftgeprüft)



Bild 5. Tunnel Gleinalm-Nord (Österreich). Tunnelabdichtung mit Kunststoffdichtungsbahnen aus PVC auf Gunitunterlage. Stossverbindungen als Stehfalz mit Doppelnah (druckluftgeprüft). Portalpartie

#### Stossverbindungen:

Die einzelnen Kunststoff-Dichtungsbahnen aus PVC werden maschinell mit einem Heizkeil-Handschweissgerätes oder mit einem besonderen Heissluft-Doppeldüsen-Gerätes thermisch homogen miteinander verbunden. Es wird hierbei eine *Doppelnah* ausgeführt. Dank der maschinellen Ausführung der Doppelnah ist es möglich, wirtschaftlich eine prüfbare Montage-Nah-Stossverbindung auf der Baustelle herzustellen, wobei durch die Druckluftprüfung die Stossverbindung sowohl auf Dichtigkeit als auch auf mechanische Festigkeit geprüft wird (Bild 5).

#### Anschluss an Injektionsstutzen

Der Anschluss erfolgt zweckmässig mit einem Doppelflansch. Es werden hierbei die Festflansche, auf denen die Schrauben wasserdicht verschweisst und versetzt angeordnet sind, mit einer Silikonkitt-Spachtelmasse ausgespachtelt, um die kleinen Unebenheiten auszugleichen. Auf diese Kitt-Spachtelmasse wird die Kunststoff-Dichtungsbahn verlegt und mit einem Schutzstreifen mittels einer Neochloropren-Platte, 3 mm stark, geschützt. Durch den Einsatz der Neochloropren-Platte wird die in die Schrauben eingebrachte Kraft nach dem Montieren des losen Flansches gleichmässig verteilt. Das Anzieh-Moment der Schraubenmutter sollte 6–8 mkg betragen.

#### Schutz der Abdichtung – Installation

Besondere Schutzmassnahmen sind nur im Bereich der Armierungsstösse vorzusehen, entweder durch die Verwendung von Schutzkappen bei den Armierungseisen oder durch das Verlegen von Holzfasernplatten während der Armierungsarbeiten, die jedoch vor dem Betonieren wieder zu entfernen sind.

Für die rationelle Ausführung der Verlegearbeiten ist die Verwendung von zwei Gerüsten, wenn möglich fahrbar, notwendig.

#### Vorteile

Durch die Verwendung der Spezialvliesunterlage oder der Schaumstoff-Spezialvliesunterlage sind an die Ebenheit der Unterlage keine speziellen Anforderungen zu stellen. Die Gunit- oder Spritzbetonunterlage braucht nicht trocken zu sein. Selbst fließendes Wasser ist nicht vorher abzudichten, sondern kann frei hinter der Abdichtung abfliessen. *Wasserinfiltrationen* sind nur so weit abzudichten, als dies für die Herstellung der Gunit- oder Spritzbetonunterlage notwendig ist.

Das beschriebene Abdichtungssystem benötigt keine besondere Schutzschicht, wie Schutzgunit, usw. Die Abdichtung kann dem Betonier-Rhythmus angepasst werden; es lassen sich im Einschichtbetrieb Leistungen bis zu 15 m Tunnellänge erreichen.

Die Abdichtungshaut wird faltenfrei und satt auf die Unterlage verlegt. Eine Gunitunterlage von 3 cm Stärke ist genügend. Sie braucht nicht besonders behandelt zu werden. Auch die Ausführung eines speziellen Feingunites entfällt. Durch das Verlegen von rd. 1,3 m breiten Kunststoff-Dichtungsbahnen aus PVC ist die Gewähr gegeben, dass die ausgeführte Tunnel-Abdichtung sehr eng an der gunitierten Felsfläche anliegt, ohne irgendwelche Falten zu bilden.

Bei einem eventuellen Losreissen der Kunststoff-Dichtungsbahn aus PVC von der PVC-Scheibe, löst sich die Bahn immer von der PVC-Scheibe, ohne sich dabei zu verletzen. Die Qualitäten der PVC-Scheiben und der Kunststoff-Dichtungsbahn sind entsprechend abgestimmt; der Bruch erfolgt immer an der PVC-Scheibe.

Das geschilderte Tunnel-Abdichtungsverfahren mit Kunststoff-Dichtungsbahnen aus PVC schützt das Untertagebauwerk sicher gegen jede Wasserinfiltrationen, wodurch spätere, teure Nachdichtungsarbeiten vermieden werden.

Adresse des Verfassers: A. Peduzzi, dipl. Ing. ETH, c/o Isomat Bau-AG, Jungholzstrasse 43, 8050 Zürich.