

Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 88 (1970)
Heft: 14

Artikel: Tunnelabdichtungen nach dem "Sarnavac" Verfahren
Autor: Zwibky, P.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-84474>

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: 22.02.2026

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

Zur einwandfreien Abdichtung von Tunnel- und Stollenbauten haben sich dank der hervorragenden Materialeigenschaften und der einfachen Verlegemethoden Kunststoffbahnen auf der Grundlage von PVC durchgesetzt. Dabei kennt man hauptsächlich folgende zwei Konstruktionsarten: Abdichtung auf Gunitauskleidung oder auf Betongewölbe (Bild 1).

Während das Aufbringen bahnenförmiger Abdichtungs materialien beim Doppelgewölbe keine besonderen Schwierigkeiten bietet, stellen sich beim einfachen Gewölbe gewisse Probleme, hauptsächlich hervorgerufen durch die unebene und rauhe Struktur des Abdichtungsträgers Gunit. Folgende Forderungen stehen dabei im Vordergrund:

- Unverletzbarkeit der Abdichtung durch die Gunitunterlage beim Verlegen, sowie beim Einbringen des Gewölbe-Betons
- Verlegung der Abdichtung auf unebenen und auf feuchten Untergrund
- Möglichkeit zur Ableitung des anfallenden Wassers in die Tunneldrainage
- Hohlraumfreiheit zwischen Gunit und Abdichtung, insbesondere in der Kalotte
- hohe Dehnbarkeit und Alterungsbeständigkeit des Abdichtungsmaterials

Ein Verfahren, das diese Forderungen erfüllen kann, ist das von der Kunststoff AG, Sarnen, entwickelte «Sarnavac»-Verfahren. Es beruht grundsätzlich darauf, dass zwischen Gunit und Abdichtungshaut mittels einer Vakuum-Flüssigkeitsring-Pumpe ein Unterdruck von etwa 50 cm Wassersäule

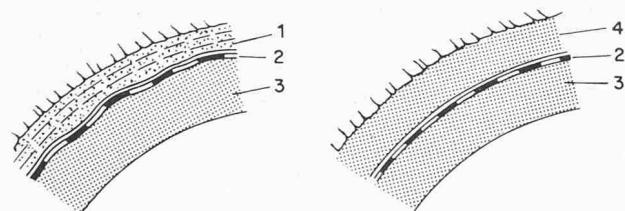
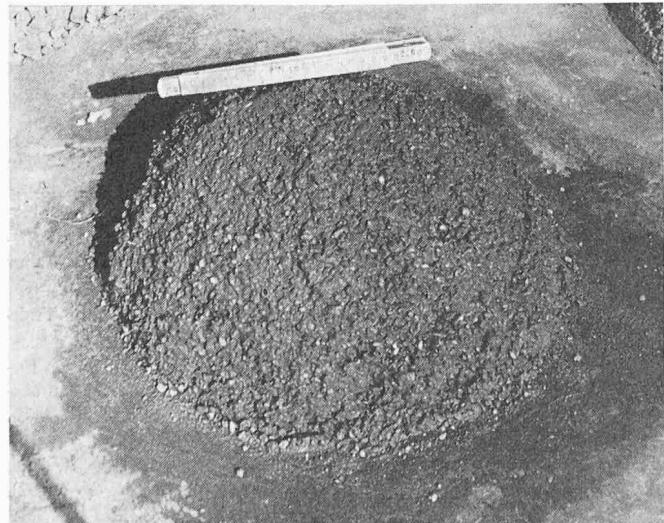


Bild 1. Schematischer Ausschnitt aus Tunnelgewölbe, links mit Gunit und Betongewölbe, rechts mit Doppelgewölbe. 1 Gunit/Spritzbeton, evtl. mit Einbau, 2 Isolation, 3 Beton-Innenring, 4 Beton-Aussenring

Unten:

Bild 2. Versuch zur Bestimmung der maximal zulässigen Unebenheiten der Gunit-Oberfläche; links: Versuchskörper, Oberfläche normale Gunit-Körnung Radius 20 cm, Höhe 15 cm; rechts: Probe auf Versuchskörper gespannt, effektive Verdehnung rund 50 %, Versuchsdauer zwei Monate



erzeugt wird, was einem Anpressdruck von 500 kg/m² entspricht. Dieser Druck bewirkt dank der außerordentlich hohen Reissdehnung des verwendeten Materials, dass sich dieses eng an den Untergrund anschmiegt und auch in grössere Vertiefungen hineingezogen wird. Der Unterdruck wird solange aufrechterhalten, bis das Gewölbe betoniert ist, so dass mechanische Befestigungsmittel sowie Klebstoffe wegfallen.

Für das «Sarnavac»-Verfahren wird eine auf Weich-PVC aufgebaute Spezialfolie «Sarnafil FT» oder «Sarnafil F» verwendet. Tabelle 1 gibt Aufschluss über deren wichtigste technische Daten. Der Unterschied zwischen beiden Sorten liegt nur darin, dass die Sorte FT mit einer Schutzschicht versehen ist. Die Wahl zwischen beiden Sorten richtet sich nach der Rauhigkeit des Untergrundes, d. h. nach der maximalen Korngrösse des Gunits.

Der Gunit muss so luftundurchlässig sein, dass eintretende Luft fortlaufend abgesogen werden kann. Risse im Untergrund werden vorgängig mit einer Zweikomponenten-Spachtelmasse geschlossen. Die Gunitfläche muss nicht trocken sein. Eindringendes Wasser wird laufend durch die Vakuum-Flüssigkeitsringpumpe abgesogen, so dass Verdichtungsarbeiten weitgehend wegfallen, was eine bedeutende Kostenersparnis bedeutet.

Eine entscheidende Rolle spielt das Mass der *Unebenheit des Untergrundes*. Auf Grund eigener Laborversuche (Bild 2) wurde festgestellt, dass die Bossenhöhe $\frac{1}{2}$ des Bossenradius betragen darf, bzw. dass der Bossenradius mindestens $2 \times$ so gross wie die Bossenhöhe sein muss. Dabei ist eine dreifache Sicherheit eingeschlossen. Unzulässige Unebenheiten werden vor dem Aufbringen der Abdichtung ausgeglichen.

Die Rauhigkeit der Oberfläche kann variieren. Bei Korngrössen von 2 bis 5 mm wird vorgängig eine 5 mm starke, bei Korngrössen über 5 mm eine 10 mm starke Polyäther-Schaumstoffmatte verlegt.

Der *Arbeitsvorgang* gestaltet sich wie folgt, falls der Tunnel zeitweilig gesperrt werden kann:

- Verlegen der Vakuum-Hauptleitung und Montage der Pumpen (Bild 3)
- Anbringen von Gunitputzstreifen im Abstand von 20 bis 50 m (Sektorenlänge) in Querrichtung sowie am Gewölbefuß in der Längsrichtung

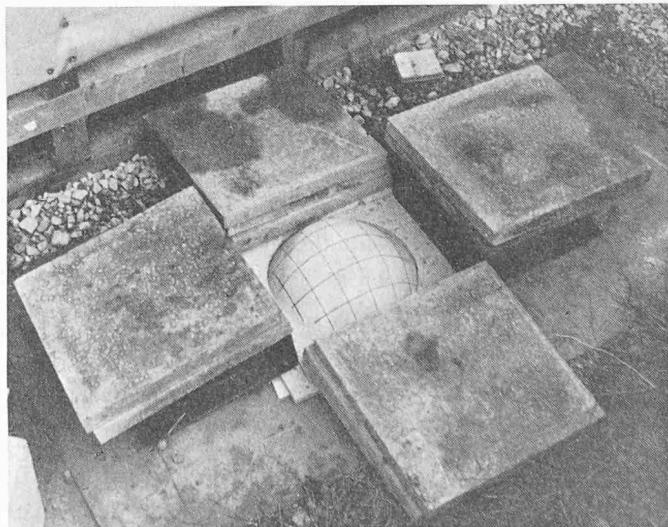


Tabelle 1. Technische Daten (Mittelwerte) der Sarnafil-Folien

Artikel Nr.		FT 21605	F 21606
Dicke	mm	3,0	2,0
Gewicht	kg/m ²	4,0	2,6
Bahnenbreite	cm	120	120
Bruchdehnung	%	min. 400	400
Bruchfestigkeit	kg/cm ²	120	120
Wasserdurchlässigkeitsfestigkeit	atü	min. 10	10
Schlitzdruckfestigkeit	atü	min. 10	10
Durchschlagfestigkeit ¹⁾	cm	55	30
Shorehärte A		70	70

¹⁾ Fallhöhe einer Stahlkugel von 0,90 kp, bei welcher die auf eine Stahlplatte aufgelegte Probe porenfrei bleibt. (Porositätsprüfung mit Funkenprüfgerät rd. 25000 V)

- Verlegen der Vakuum-Sektorenleitung
- Allfälliges Verlegen von Schaumstoffmatten
- Verschweissen der Bahnen zu einer Hülle entsprechend der Sektorenlänge (ausserhalb des Tunnels) und Anbringen von Abschluss-Stirnwänden
- Transport der Hülle an den Verlegeort und Aufblasen mit Ventilatoren nach dem Prinzip der Tragluftthalle
- Anbringen der Randbefestigung auf den Gunitputzstreifen. (Luftdichtes Abschliessen der Hüllenumrandung in Längs- und Querrichtung, Bild 4)
- Anschliessen der Sektorenleitung an die Hauptleitung mit Zwischenschaltung eines Abschlusshahns
- Erzeugen des Vakuums (rd. 500 kg/m² Anpressdruck, Bild 5)
- Prüfen der Abdichtung mit Porenprüfgerät (rd. 25 kV)
- Betonieren des Gewölbes
- Auflösen des Vakuums nach genügender Erhärtung des Betons

Kann der Verkehr im Tunnel nicht gesperrt werden, so werden die Gunitputzstreifen im Abstand von rd. 8 m mittels spezieller Verlegemaschinen angebracht und die Bahnen werden ausserhalb des Tunnels zu Planen entsprechend der Sektorenlänge verschweisst und mittels Spezialgerüst transportiert und montiert.

Rechts:

Bild 4. Randbefestigung mit Alu-Band und Zwei-Komponenten-Kitt

Bild 5. Blick in den Versuchsstollen Innertkirchen. Gewölbe: weisse Sarnafil-Abdichtungshaut, 1,2 mm stark; Strossen: schwarze Sarnafil-Abdichtungshaut, 3,0 mm stark. Deutlich sichtbar ist das satte Anpassen der Abdichtungshaut an die Unebenheiten des Untergrunds

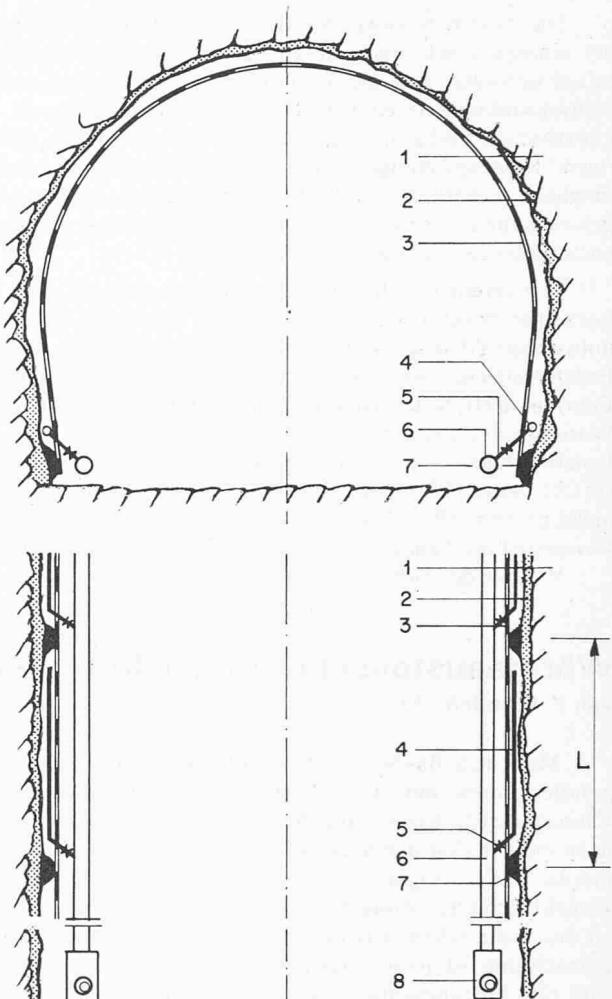
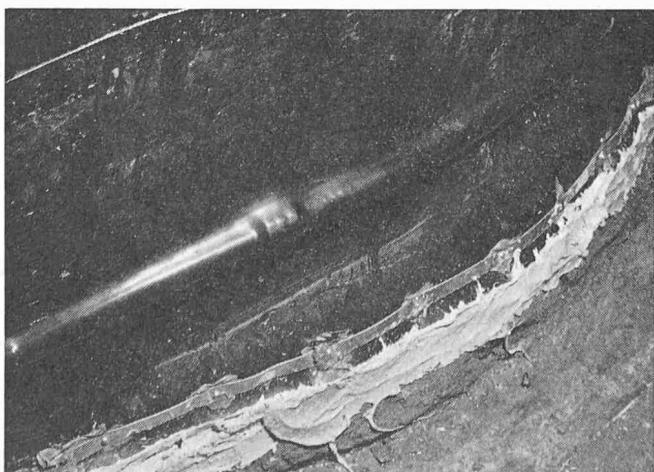
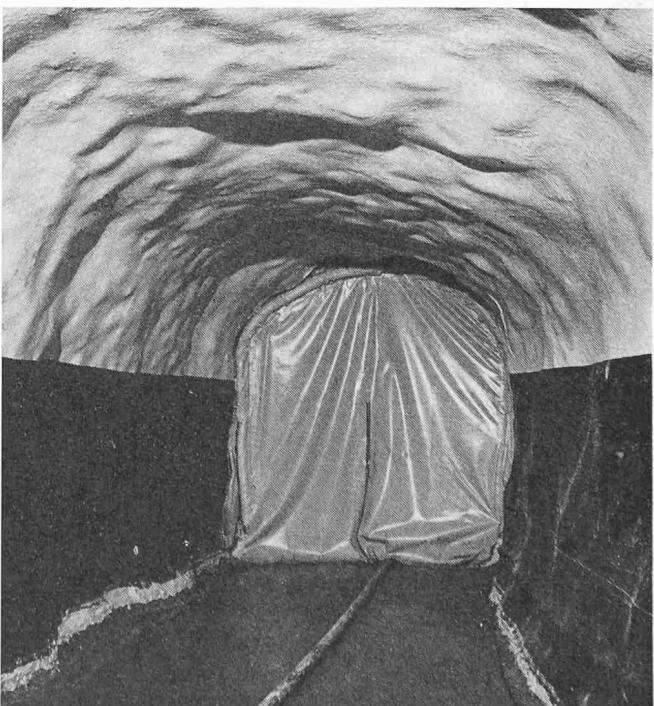


Bild 3. Anordnung der Vakuum-Leitungen im Tunnel. 1 Fels, 2 Spritzbeton/Gunit, 3 Sarnafil vor Erstellen des Vakuums, gehalten durch Überdruck oder Gerüst, 4 Vakuum-Sektorenleitung, 5 Verbindung Sekturenleitung-Hauptleitung, 6 Vakuum-Hauptleitung, 7 Gunit-Putzstreifen, 8 Vakuum-Pumpe, L Sektorenlänge



Die *Stossverbindung* der Bahnen sowie die Verbindung der einzelnen Sektoren erfolgt ausschliesslich mittels Heissluftschweissung. Für die Vorfabrikation der Planen werden Schweißautomaten eingesetzt. Unter Berücksichtigung der klimatischen Verhältnisse im Tunnel sowie der relativ schwierigen Montagebedingungen bietet diese Methode grösstmögliche Sicherheit. Die Heissluftschweissung ist eine echte Schweißung und somit ist ein Lösen der *Stossverbindung* auch nach vielen Jahren ausgeschlossen.

Wie bereits erwähnt, beträgt der Anpressdruck nach den bisherigen praktischen Erfahrungen rd. 500 kg/m². Die hierzu notwendige Absaugleistung der Pumpen beträgt 1,5 m³/h m² Isolationsfläche. Mit zwei Vakuum-Flüssigkeitsringpumpen Fabrikat SIHI, Schaffhausen, Förderleistung 1550 m³/h, 48 PS, Wasserabsaugleistung 6,3 m³/h können somit rd. 2000 m² Isolationsfläche unter Vakuum gehalten werden. Dies entspricht bei rd. 25 m' Abwicklung im Querschnitt einer Tunnellänge von 80 m, was in jedem Fall einen genügenden Vorsprung der Isolation vor dem Betonievorgang ergibt.

Vorteile des Sarnavac-Verfahrens:

- Da keine Hohlräume entstehen können, ist die kraftschlüssige Verbindung Fels/Beton gewährleistet.
- Eine Verletzung durch den Untergrund und durch den Betonievorgang ist dank der verwendeten Folienstärke und der Schaumstoffunterlage ausgeschlossen.
- Da mechanische Befestigungen wegfallen, kann die Folie nicht örtlich überbeansprucht werden.
- Die Ableitung des anfallenden Wassers erfolgt durch die im Beton verbleibenden und an die Tunneldrainage angeschlossenen Vakuum-Sektorenleitungen.
- Langjährige Erfahrungen – *Sarnafil* wird seit 1961 im Hochbau und seit 1965 im Tiefbau für Abdichtungen aller Art verwendet – sowie die einfache *Stossverbindung* mittels Heissluftschweissung garantieren für die Dauerhaftigkeit der Abdichtung.
- Das Vorkonfektionieren der Bahnen und die rationelle Verlegung mit Spezialmaschinen gestattet eine wesentliche Einsparung an Arbeitskräften.

Adresse des Verfassers: P. Zwickly, Ing. Tech. HTL in Firma Kunststoff AG Sarnen, 6060 Sarnen

Wärmeaustauscher in der Klimatechnik

Von F. Fröhlich, dipl. Ing. ETH, Teufen AR

DK 621.565.93/.94:628.8

Manchem Bauherrn oder Architekten ist es schon aufgefallen, dass ein Teil ausgeführter Ventilations- oder Klimaanlagen, welche für teures Geld eingebaut wurden, nach einiger Zeit nur noch selten gebraucht, oder in schlimmeren Fällen sogar stillgelegt werden und damit ihren Zweck verfehlten. Zunächst könnte man annehmen, es fehle an der technischen Ausführung der Anlagen. Bei genauerer Betrachtung ist jedoch festzustellen, dass heute die Mehrzahl der Lüftungsanlagen kunstgerecht ausgeführt werden, dass also der Grund zu den Stillegungen nicht auf der technischen Seite, sondern anderweitig gesucht werden muss. Tatsächlich handelt es sich um eine *Betriebskostenfrage*, der erst in neuerer Zeit die verdiente Aufmerksamkeit geschenkt wird.

Bekanntlich muss die im Freien angesaugte Frischluft sowohl im Winter als auch in den Übergangszeiten mittels

einer Heizanlage mindestens auf Raumtemperatur (20 bis 22 °C) vorgewärmt, bzw. im Sommer durch ein Kühlaggregat gekühlt werden. Der natürliche Temperaturwechsel von einer Jahreszeit zur anderen bringt es nun mit sich, dass im Sommer die Heizanlage und im Winter die Kühlvorrichtung (beides kapitalintensive Installationen) stillliegen oder nur mangelhaft ausgenutzt sind. Abwechslungsweise liegt somit meist eine der beiden teuren Kapitalanlagen brach, muss aber trotzdem während der Stillstandszeiten einsatzbereit und unterhalten, verzinst und amortisiert werden. Diese leer mitzuschleppenden Kapital- und Unterhaltslasten verteuren die benötigte Wärme- und Kälteenergie in einem ungewöhnlichen Masse, weshalb der Betrieb einer Klimaanlage kostspielig wird.

Hinzu kommt ein weiterer nachteiliger Umstand: Der Lüftungsvorgang in einem Raum geht so vor sich, dass die vorgewärmte, bzw. vorgekühlte Zuluft am einen Ende in den zu belüftenden Raum eingeführt und am anderen Ende als Abluft wieder abgesaugt und von dort ins Freie ausgetragen wird. Das Geld, das «vorn» für die Aufwärmung oder Kühlung der Zuluft ausgegeben wird, durchwandert in Form behandelter Luft den belüfteten Raum und tritt «hinten» auf direktestem Wege ins Freie hinaus. Schneller kann man also sein Geld nicht loswerden!

Es wirken also zwei Umstände im Sinne einer Versteuerung zusammen: Die besonders teure Klimaanlage einerseits und die Verschleuderung des zur Luftaufbereitung ausgegebenen Geldes andererseits. Das führt dazu, dass für einen grossen Teil der Lüftungsbetreiber der Betrieb der Anlage zu teuer wird. Diese Käufergruppe schränkt den Gebrauch der Anlage wegen zu hohen Betriebskosten stark ein oder legt sie ganz still und zurück bleiben drei Enttäuschte: der Bauherr, der Architekt und der Lüfterlieferant, der sich angestrengt hat, eine «technisch einwandfrei funktionierende» Anlage zu liefern.

In Anerkennung der überragenden Wichtigkeit nicht nur der technischen Ausführung, sondern auch der Betriebskosten, haben sich Klimingenieure in neuerer Zeit dieses bisher offen gebliebenen Problems näher angenommen. Ein interessantes Verfahren, den Energieverbrauch und damit die Betriebskosten einer Ventilationsanlage zu senken,

Bild 1. Wärmeaustauscher für einen Luftdurchsatz von rd. 50 000 m³/h (Zuluft und Abluft). Die Tauschflächen bestehen aus Glas (im In- und Ausland patentiert)

