Zeitschrift: Schweizer Ingenieur und Architekt
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 99 (1981)
Heft: 8

Artikel: Befestigung im Untertagbau
Autor: Wagner, René
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-74433

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: 28.11.2025

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

Reaktor zu entwickeln; wir können jedoch den vollständigen Reaktionsablauf in einem Modellreaktor simulieren.» «Diese Erkenntnisse der Grundlagenforschung für den Produktionsprozess umzusetzen, übersteigt die Möglichkeiten eines Instituts, das sich mit Grundlagenforschung befasst, das ist jetzt *Sache der Industrie*», meint Dr. *Rainer Herbeck* von der Garching Instrumente GmbH, der Patentverwertungsgesellschaft der Max-Planck-Gesellschaft. Unter anderem müsse jetzt erprobt werden, wie sich ein verhältnismässig empfindliches Gerät wie ein Laser unter den rauhen Arbeitsbedingungen eines chemischen Produktionsbetriebs bewährt. Dabei gelte der Laser «jedoch nicht als Bremsklotz der Entwicklung»: Mit den derzeit verfügbaren Geräten lasse sich schon jetzt eine kleine Produktionsanlage für jährlich etwa 1000 bis 2000 Tonnen VC betreiben.

Die Kosten für diese Einrichtung, die zum Beispiel als Abzweigung – als bypass-Reaktor – einer grosstechnischen Anlage betrieben werden könne, beträgt einschliesslich Laser ungefähr eine Million Mark. «Damit muss die Industrie erst einmal Erfahrungen sammeln, ehe man zu noch grösseren Einheiten übergehen kann», sagt Dr. *Herbeck*, «Erfahrungen auch im Hinblick darauf, dass man Laser nicht nur für die VC-Produktion, sondern ebenso vorteilhaft auch für die Herstellung anderer Kunststoff-Ausgangsprodukte wie Vinylfluorid, Tetrafluoräthylen, Chloropren, Propylen oder Vinylidenchlorid einsetzen kann.» Die Produktion von VC erscheint freilich als die wirtschaftlich attraktivste Möglichkeit: Im Jahre 1978 wurden auf der ganzen Welt in insgesamt 107 Anlagen 16 Millionen Tonnen hergestellt. Damit ist PVC mit weitem Abstand der in den grössten Mengen erzeugte Kunststoff.

Eugen Hintsches, München

Befestigung im Untertagbau

Von René Wagner, Zürich

In den letzten Jahren ist die Bautechnik vor allem durch die Anwendung neuer Baumaterialien und rationalisierter Arbeitsabläufe gekennzeichnet worden. In der Befestigungstechnik hingegen haben sich weder neuartige Materialien noch hochkomplizierte Konstruktionen durchgesetzt. Vielmehr stiegen die Anforderungen an Qualität, Sicherheit und Wirtschaftlichkeit. Diese Kriterien, vor allem im Know-how einer Firma vorhanden, kommen auch im Strassentunnelbau zum tragen.

Vor der ersten Sicherungsmassnahme, den Felsankern, bis hin zu der letzten Befestigung, einer Signalanlage, müssen im Untertagebau besondere Verhältnisse berücksichtigt werden. Dies sind vor allem die *Felsbeschaffenheit* und die *Umwelteinflüsse* wie Wasser, Frost und Abgase. Nicht zu vergessen sind auch *Baufortschritte* und *Platzverhältnisse*, die immer wieder eine Rolle spielen. Für die Wahl der Befestigungen sind aber die entscheidenden Kriterien: Last, geforderte Eigenschaften und Dauer der Beanspruchung. Um diesen Faktoren gerecht zu werden, ist eine breite Palette von Produkten nötig, die von der Klebeverbindung bis zu den 15 bis 20 m langen Lockergesteins- und Felsankern führt.

Einige Beispiele von Befestigungen im Gotthardtunnel sind in den Bildern 1 bis 3 dargestellt. Es ist unmöglich, alle diese Befestigungsarten umfassend zu beschreiben, weshalb wir nur ein Gebiet, die *Isolationsbefestigung*, detailliert erläutern wollen.

Abdichtungen im Gotthardtunnel

Kleinste Wasserinfiltrationen in den Tunnels können im Winter durch Frostbildung zu grossen Schäden am Bauwerk führen. Darum ist auch im Gotthardtunnel in den gefährdeten Zonen wie *Portale, Lüftungsschächte* und *Kavernen* der gesamte Querschnitt mit einer *Hauptdichtung* versehen, während zwischen diesen Abschnitten je nach Wasseranfall eine *Vordichtung* mit oder ohne *Drainage* eingebaut wurde.

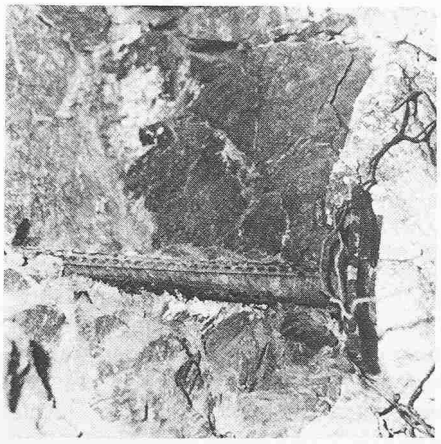

Bild 1. Mörtelanker, wie er vorwiegend in schlechtem, brüchigem Fels verwendet wird

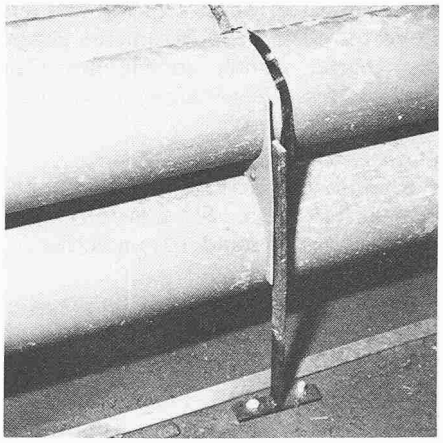

Bild 2. Versorgungsleitungen. Schutzrohrbefestigung für Licht- und Steuerleitungen, die mit Aussengewindedübeln befestigt werden

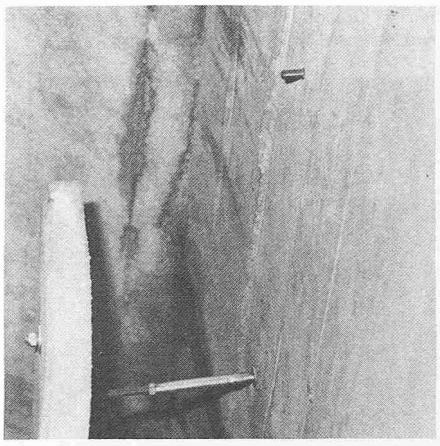

Bild 3. Verkleidungsplatten. Die Tunnelverkleidung aus vorfabrizierten Betonelementen wurde unten abgestellt und oben dann mit zwei speziellen Halteplatten und Klebeankern aus rostfreiem Stahl fixiert

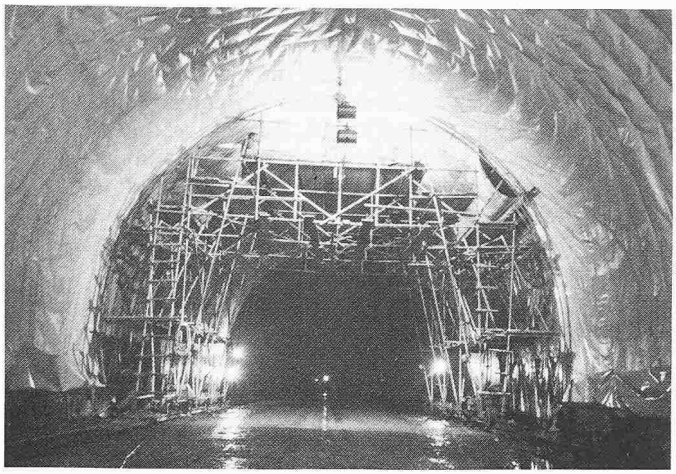

Bild 4. Mit PVC-Folie ausgekleideter Tunnel. Ausserdem sieht man das Rollgerüst, von dem aus die Folien befestigt werden

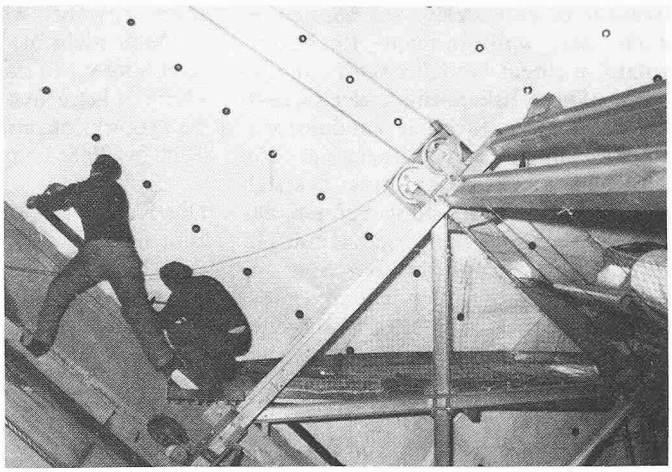

Bild 5. Spezialgerüst im Schrägschacht Bäzberg. Befestigt und gesichert mit vier Drahtseilen, die mittels Felsanker im Granit verankert sind

Vordichtung

Vordichtungen werden vor allem dort benötigt, wo starker Wasserdrang anfällt. Das trifft vor allem in Zonen mit schlechtem Fels zu. Je nach geologischen Verhältnissen kann diese Schicht als stark wasserführend angetroffen werden. Selbstverständlich wird man zum voraus die Abschnitte nie bestimmen können, in denen solche Drainagen nötig werden. Die Entscheidung über Qualität der Vorisolation wird direkt auf der Baustelle unter den sich zeigenden Verhältnissen getroffen.

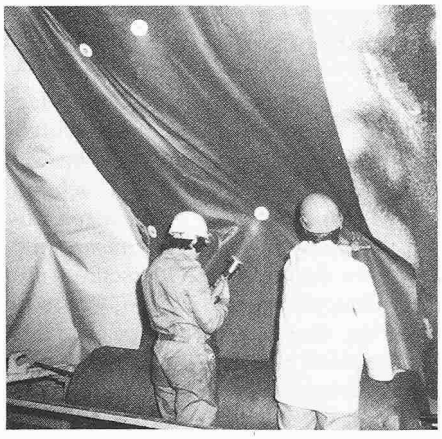

Bild 6. Bohren eines zusätzlichen Befestigungspunktes an der Nahtstelle der PVC-Folie

Bild 7. Die Vliesunterlage wird mit einem Nagelgerät mit Spezialstandplatte befestigt

Im heutigen Untertagebau werden für Drainagen vor allem *Kunststoffhalbschalen* verwendet, die mit *Gunit* überdeckt werden. Provisorisch befestigt werden diese Halbschalen mit einem schnellabbindenden Zement.

Hauptisolation

Auch im Gotthardtunnel ist die Hauptisolation in den Zonen eingebaut worden, in denen akute Frostgefahr besteht. Im Nordportal wurden etwa 500 m, im Südportal etwa 1000 m voll isoliert. Ausserdem sind sämtliche Lüftungsschächte, Kavernen und Nischen isoliert.

Für die Hauptdichtung wurde *elastische Kunststoffolie aus PVC* verwendet. Diese 1,5 bis 2,0 mm dicken Folien haben gegenüber starren Dichtungen den Vorteil, dass sie Bewegungen wie Schwinden und Kriechen des Betons und allfällige Erdbewegungen unbeschädigt überstehen. Im Gotthardtunnel kamen vor allem Sarnafil- und Sika-Folien zu Verwendung.

Damit diese PVC-Folie nicht durch die rauhe Oberfläche des Granits verletzt wird, muss eine Ausgleichsschicht dazwischen gelegt werden. Sie schützt die Folie vor allem beim Betonieren gegen die scharfen Kanten des Gunites. Der *Aufbau des Abdichtungssystems* sieht dann wie folgt aus:

- *Ausgleichsschicht.*
  Spezialvliesunterlage: etwa 300 bis 400 g/m² oder Schaumstoff-Vliesunterlage von mind. 10 mm Stärke.
- *Befestigung.*
  PVC-Teller mit Spezial-Nägeln: durchschnittlich 3 bis 4 Stk./m²
- *Dichtung.*
  Vorgefertigte PVC-Pläne: etwa 1,3 bis 2,5 m breit, Länge = Tunnelumfang im Gotthardtunnel etwa 22 m.

Verlegt wurden die Folien von Spezialgerüsten aus. Im Haupttunnel wurde mit einem Rollgerüst gearbeitet, während in den Lüftungsschächten, die vertikal und zum Teil schräg verlaufen, ein Spezialgerüst zum Einsatz kam (Bilder 4 und 5).

Befestigung der Hauptisolation

Eingangs erwähnten wir die besonderen Verhältnisse, die im Tunnelbau angetroffen werden. Untersuchen wir die Eigenschaften, die für Befestigungen gefordert werden, ergeben sich eine Anzahl Punkte.

Dichtigkeit:
Das Befestigungssystem darf die Dichtigkeit der Isolation nicht beeinträchtigen.

Haltewerte:
Die Auszugs- und Querlastwerte müssen auch ausreichen bei Belastungen, die durch «Wassersäcke» auftreten, eine Gefahr, die vor allem bei Untertagebauten besteht, in denen die Betonieretappe zeitlich verschoben ist.

Korrosion:
Ausreichender Schutz bis die Betonschale erstellt ist.

Untergrund:
Genügende Vebindung mit der Gunitunterlage von etwa 3 cm.

Wirtschaftlichkeit:
Befestigung sollte in einem Arbeitsgang erstellt werden.

Energie:
Wenn möglich stromunabhängig, um genügend Bewegungsfreiheit zu gewährleisten.

Es zeigte sich, dass mit einem geeigneten Bolzensetzapparat und den entsprechenden Elementen die optimale Lösung dieses Problems gefunden werden konnte. (In Zusammenarbeit mit den beteiligten Firmen hat unsere Firma spezielle Standplatten entwickelt, die in der Form auf die entsprechenden PVC-Teller angepasst sind.) Dabei handelt es sich um ein System, das sich auch für Folienbefestigungen weltweit durchge-

setzt hat. Es besteht aus einem Nagelgerät, das über Kartuschenenergie die Spezialnägel in den Untergrund treibt. Dabei wird die Energie auf einen Kolben übertragen, der ähnlich wie ein Hammer auf den Nagel schlägt. Dieses System der *Direktbefestigung* lässt sich sowohl auf Beton wie auch auf Stahl verwenden.

Die einzige *Schwierigkeit* mit dieser Art zu befestigen, trat im Lüftungsschacht Bäzberg auf. In ihm war der Fels so ausgezeichnet, dass auf den ausgefrästen Granit keine Gunitschicht aufgebracht werden musste. Der Ausgleichvlies wurde daher direkt auf den Granit befestigt. Da der Granit Festigkeiten aufweist, die weit über den normalen Beton- oder Stahlfestigkeiten liegen, stösst man an die Grenzen dieses rationellen Verfahrens. Im Lüftungsschacht Bäzberg mussten daher für etwa 30000 Befestigungen die Löcher vorgebohrt werden. In das vorgebohrte Loch von 6 mm Durchmesser wurde danach ein Spengler-Nagel eingeschlagen (Bilder 6 und 7).

Für die *Verbindung zwischen Folie und Befestigungspunkt* wurden im Gotthard grundsätzlich *zwei Verfahren* angewendet (Bilder 8 und 9). Dabei hat es sich gezeigt, dass das im Südportal verwendete Verfahren der *Hochfrequenz-Schweissung* sich nicht eignete. Staub, Schmutz und vor allem Feuchtigkeit führten immer wieder zu Störungen bei der Anlage. Aus diesem Grund wurde in den Kavernen und Nischen sowie im Isolationsabschnitt Südportal auf das *Heissluftverfahren* umgestellt, das sich in der Folge bewährt hat. Beibehalten wurde das im Nordportal verwendete Befestigungssystem mit den Spezialnägeln.

Die *Haftfestigkeit* der Kunststoffdichtungsbahn auf dem PVC-Teller ist so bemessen, dass sich die Folie vom Teller löst, bevor sie verletzt wird (Bild 10).

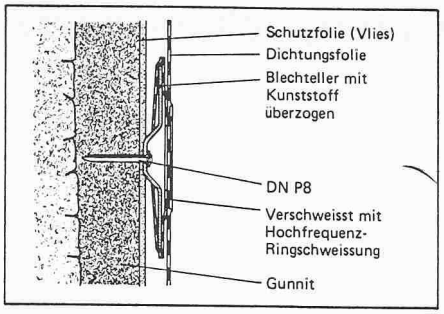

Bild 8. Südportal. Verbindung Teller–Folie. Hochfrequenz-Ringschweissung

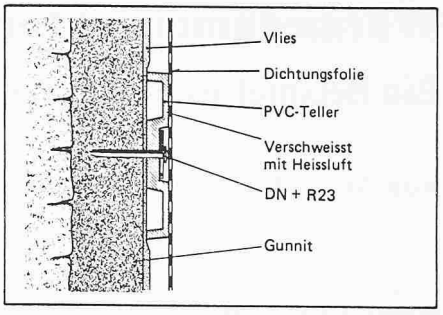

Bild 9. Nordportal und Lüftungsschächte. PVC-Teller verschweisst mit Folie durch Heissluftverfahren

Bild 10. Die Folie wird mit Heissluft auf den PVC-Teller geschweisst

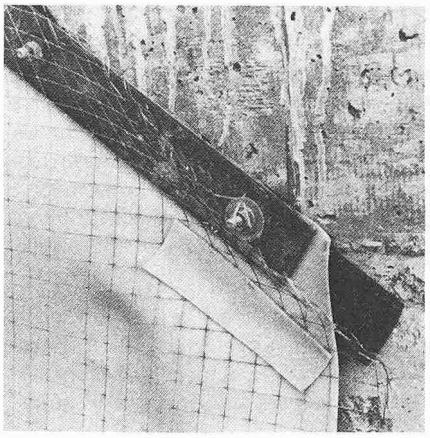

Bild 11. Folienabschluss

Stossverbindungen und Anschlüsse

Die Stossverbindungen werden mit einer *doppelten* Schweissnaht ausgeführt. Durch das Einlegen eines Kunststoff-Drahtes bei der thermischen Schweissung entsteht nach seinem Entfernen ein Hohlraum, wodurch jederzeit die Möglichkeit besteht, mit Druckluft die Schweissstelle zu prüfen. Anschlüsse an Reinigungsstützen usw. sind mehrheitlich mit einem Doppelflansch ausgeführt. Die Abschlüsse der Abdichtung werden mit einem Flacheisen und Kitteinlagen alle 15 bis 20 cm auf dem Beton befestigt (Bild 11).

Isolation im Gotthardtunnel

Tunnel
70000 m² Folie Sarnafil, verlegt durch Gunimperm SA, Bellinzona

Lüftungsschächte
50000 m² Sika-Folie, verlegt durch Isomat-Bau AG, Zürich

Es wurden etwa 450000 Befestigungen mit dem Hilti-Direktmontagesystem gemacht.

Adresse des Verfassers: *R. Wagner*, Hilti Technik AG, Gartenfhofstr. 17, 8036 Zürich