

Tunnelabdichtungen im Nationalstrassenbau

Autor(en): **Ruckstuhl, Franz**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizer Ingenieur und Architekt**

Band (Jahr): **105 (1987)**

Heft 50

PDF erstellt am: **20.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-76772>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Tunnelabdichtungen im Nationalstrassenbau

Von Franz Ruckstuhl, Bern

Im Strassentunnelbau der Schweiz sind in der Vergangenheit unterschiedliche Abdichtungen gegen Wassereintritt verwendet worden. Sie hatten den Zweck, eine Beeinträchtigung und Gefährdung der Verkehrsteilnehmer zu verhindern. Der Autor begründet die Fahrraumabdichtung und stellt die verschiedenen Abdichtungen in einem bewertenden Vergleich einander gegenüber.

Einleitung

Nach über 20 Jahren Erfahrung im modernen Strassentunnelbau in der Schweiz ist es sicher angebracht, einmal die Begründung für eine Abdichtung gegen Wassereintritte ausführlicher darzulegen und die Methoden qualitativ zu beurteilen. Dies soll im folgenden in bezug auf die Abdichtung des Fahrraumes von bergmännisch erstellten Tunneln versucht werden.

Begründung für eine Fahrraumabdichtung

Auf einem übergeordneten Strassennetz wie den Nationalstrassen (Tabelle 1) erwartet der Verkehrsteilnehmer mit Recht hohen Fahrkomfort und erhöhte

Sicherheit. Dies gilt trotz oder gerade auch bei den gegenüber gewöhnlichen Strassen höheren zugelassenen Fahrgeschwindigkeiten. Tunnel bilden hierbei Streckenabschnitte, auf denen Unfälle und Brände sehr gravierende Folgen haben können. Die zugelassene Fahrgeschwindigkeit in einem Tunnel darf jedoch nicht beliebig eingeschränkt werden, weil dadurch der Verkehrsfluss auf dem davorliegenden Strassenstück zu stark gestört und damit Unfälle geradezu provoziert würden. Unterhaltsarbeiten in Tunneln führen ebenfalls fast zwangsläufig zu Verkehrsstörungen mit erhöhtem Gefahrenpotential sowohl für die Benutzer als auch für das Unterhaltspersonal.

Abdichtungen des Tunnelfahrtraumes gegen eindringendes Wasser haben deshalb folgende Aufgaben zu erfüllen:

- Verhindern von Glatteisbildung auf der Fahrbahn;

- Vermeiden von Eiskörpern auf Fahrbahn und Gehwegen sowie an der Zwischendecke und in Frischluftzufuhrkanälen (Bilder 1, 2 und 3);

- Ausschliessen von Eiszapfenbildung an der Tunneldecke und der damit verbundenen Gefährdung der Tunnelbenützer bei Herabfallen von Eiszapfen;

- Verhindern, dass Wasser unvermittelt auf die Windschutzscheiben von Fahrzeugen herabprasselt und unerwarteterweise die Sicht unmöglich macht;

- Zuvorkommen einer fortschreitenden und bleibenden Verschmutzung und dadurch Abdunklung des Fahrtraumes, was die Sichtverhältnisse im Tunnel ungebührlich verschlechtern kann;

- Entgegenwirken einem raschen Zerfall der einzelnen Bauteile und aller elektromechanischen Installationen, um damit verkehrsbehindernde Unterhaltsarbeiten langfristig zu vermeiden.

Zudem bringt eine verlängerte Lebensdauer eines jeden Bauwerks erhebliche wirtschaftliche Vorteile. Sie können schon für sich allein grössere Investitionen für eine einwandfreie Tunnelabdichtung rechtfertigen.

Im Tunnelbau ist das Wasser, wie in anderen Bereichen des Strassenbaus, der grösste Kontrahent des Erstellers und des Betreibers. Im Tunnelfahrraum ist die zerstörerische Wirkung des Wassers in Verbindung mit den Fahrzeugabgasen, eingeschlepptem Salz sowie extre-

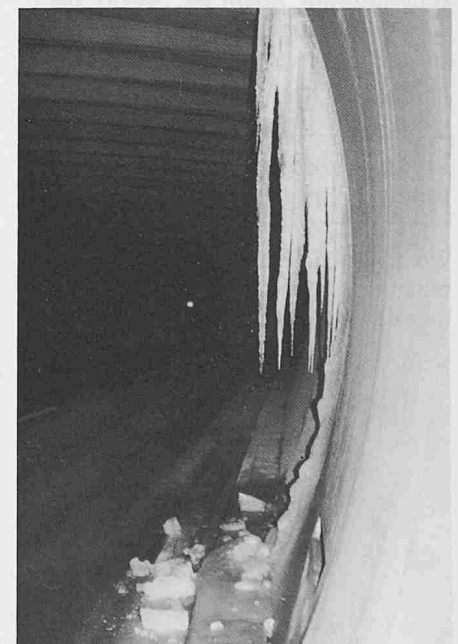
Zusammenstellung / Tableau

Text	Anzahl / Nombre		1- Röhre Tube in/en m	* 2- Röhren Tubes in/en m	Gesamtlänge der Röhren Longueur totale des tubes in/en m
	1- Röhre Tube	2- Röhren Tubes			
Geplant Projetés	21	4	42'838	4'700	52'238
Generell projektiert Projet général établi	6	14	9'505	17'210	43'925
Im Bau En construction	10	12	16'145	11'005	38'155
In Betrieb En service	66	55	47'504	42'348	132'200
TOTAL	103	85	115'992	75'263	266'518
	188				

* Für die Gesamtlänge zweifach berechnen
A multiplier par 2 pour le calcul de la longueur totale

Tabelle 1. Übersicht Nationalstrassentunnel

Bild 1. Eisbildung infolge Wassereintritts durch Fugen und Risse wegen fehlender Isolation



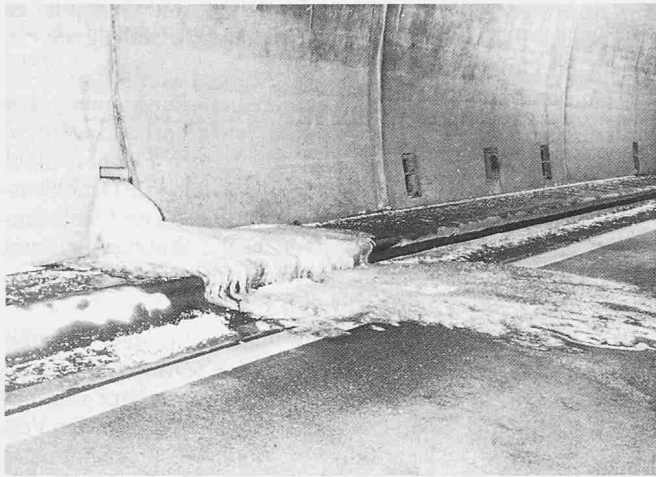


Bild 2. Eisbildung infolge Wassereintritts im Frischluftzufuhrkanal wegen fehlender Isolation

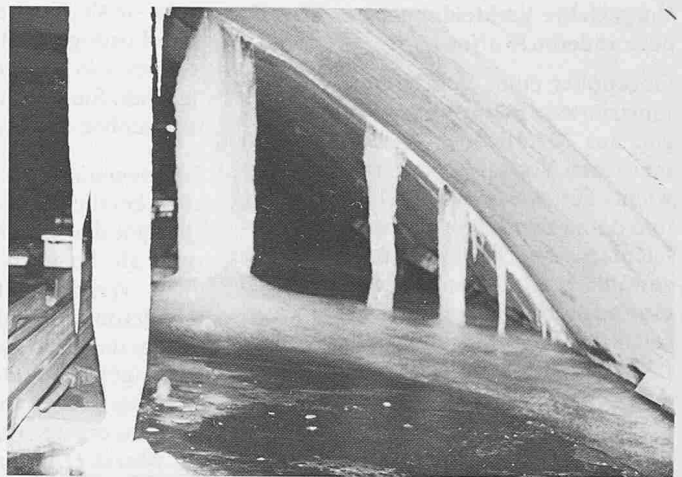


Bild 3. Eisbildung im Kalottenbereich (Frischlufthkanal) und auf der Zwischendecke infolge fehlender Isolation

men Temperaturen (z.B. Gotthard +30 °C) bei hohem Feuchtigkeitsgrad noch aggressiver als bei anderen Kunstbauten.

Methoden zur Abdichtung des Fahrraumes

Im folgenden sollen alle bisher im schweizerischen Nationalstrassenbau angewendeten Methoden zur Abdichtung des Fahrraumes von Untertage-tunneln von der praktischen Erfahrung her qualitativ beurteilt werden.

Wasserdichter Beton als Auskleidung

Die wohl naheliegendste Abdichtungsmethode ist eine Felsverkleidung aus wasserdichtem Beton. In bergmännisch erstellten Strassentunneln erweist sie sich jedoch nicht als wirtschaftliche Lösung, da lediglich höhere als übliche Betonqualitäten zusammen mit einer Netzarmierung Erfolg verprechen. Zudem sind trotz Armierung Risse im Beton nie ganz auszuschliessen. Nachträgliche Probleme mit der Wasserdichtigkeit und Karbonatisierung müssen deshalb bei dieser Methode langfristig einkalkuliert werden.

Abdichtungen mittels Innenbeschichtung

Das Aufbringen einer Innenbeschichtung auf die Felsverkleidung wäre an sich auch eine sehr wirtschaftliche Art der Abdichtung. Diese Innenbeschichtung muss jedoch, um ihrer Funktion gerecht zu werden, dem ganzen Wasserdruk standhalten, alle auch später sich einstellenden Risse überbrücken und dazu noch alterungsbeständig sein. Die bisherige Erfahrung mit diversen Innenbeschichtungen in Nationalstrassentunneln liess erkennen, dass diese Abdichtungsart langfristig nicht befriedigen kann.

Drainagefugen in der Aussenverkleidung

Auch diese Art der Tunnelabdichtung bietet sich als eine sowohl einfache als auch kostengünstige Methode an. Sie taugt jedoch nur, wenn zwischen den Fugen kein Wasser austreten kann, was erfahrungsgemäss meist nicht zutrifft. Auch zusätzliche Drainagebohrungen in den Fugen sind noch keine Garantie für den vollen Erfolg dieser Abdichtungsmethode.

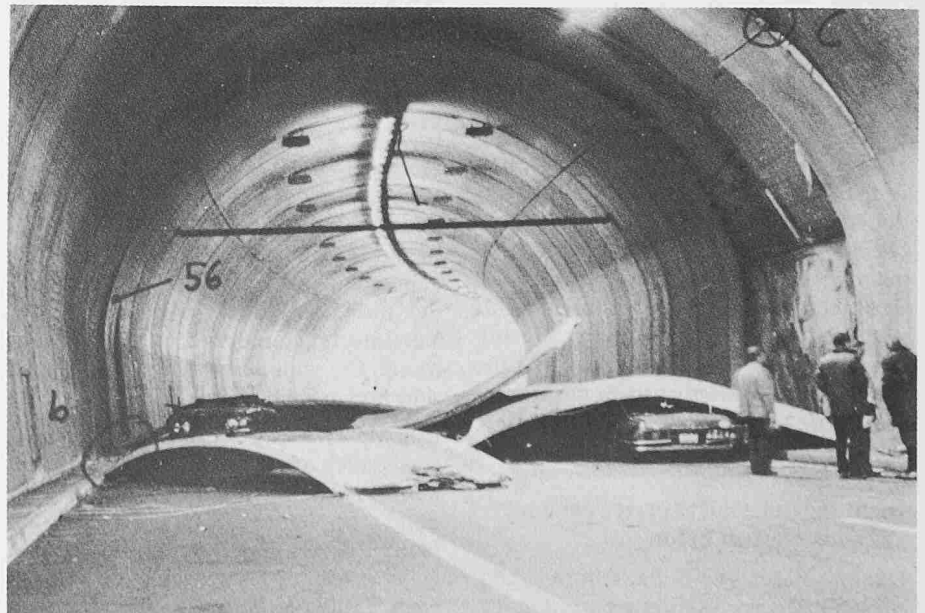
Vorgestellte Verkleidung aus vorfabriziertem, armiertem Beton

Die Vorteile dieser Abdichtungsmethode liegen in der raschen Herstellung und in der glatten, relativ gut geschlossenen Oberfläche, was die Tunnelreinigung erleichtert.

Die Hauptnachteile dieser Methode sind:

- Die Stabilität bei einem Fahrzeuganprall ist nicht immer gewährleistet (Bild 4).
- Die Halterungen korrodieren trotz Verwendung von «rostfreiem» Stahl, und damit ist die Sicherheit der Tunnelbenutzer in Frage gestellt.
- Die Armierung weist nicht immer eine ausreichende Betonüberdeckung auf und gibt infolge der Karbonatisierung und Salzeinwirkung Anlass zu Problemen.
- Die Auswechslung schadhafter Elemente ist mühsam, Lagerhaltung und Entsorgung sind nicht leicht zu bewerkstelligen.
- Die Dichtigkeit der vielen Fugen ist auf längere Zeit nicht immer garantiert, die Abdichtung damit nicht vollständig.
- Bei Tunneln mit einer Zwischendecke bleibt der Kalottenbereich mit allen nachteiligen Folgen ohne Abdichtung.

Bild 4. Stabilitätsverlust einer vorgestellten Verkleidung aus vorfabriziertem, armiertem Beton infolge Anpralls durch Pkw (glücklicherweise gab es lediglich einige leicht verletzte Personen). Im Nationalstrassentunnel wurde danach dafür gesorgt, dass sich dieser Fall nicht wiederholt



Vorgestellte Verkleidungen aus Metall oder anderen Stoffen

Gegenüber einer Verkleidung aus vorfabriziertem Beton weisen Verkleidungen aus Metall oder anderen Stoffen meist den Vorteil eines geringeren Gewichts auf, was einen allfälligen Ersatz und damit den Unterhalt wesentlich erleichtert. Das Material kann zudem so gewählt bzw. behandelt werden, dass eine bessere Helligkeit im Fahrraum erreicht und die Reinigung stark vereinfacht wird. Hinzu kommt, dass diese Art der Verkleidung wenig Raum im Querprofil erfordert und deshalb oft die einzig mögliche nachträgliche Abdichtungsart ist.

Als Nachteile müssen dieser Art der Verkleidung folgende Punkte angestrichelt werden:

- Die Verletzbarkeit durch den Verkehr ist relativ hoch.
- Alle Metallteile (z.B. Halterungen) sind der Korrosion ausgesetzt.
- Der Preis pro m² ist erheblich höher als bei vorfabriziertem Beton.
- Bei Tunneln mit einer Zwischendecke ist die Abdichtung des Kalottenbereichs ebenfalls nicht gelöst.

Zudem ist darauf zu achten, dass das gewählte Material nicht brennbar ist und bei Erhitzung keine giftigen oder aggressiven Dämpfe abgibt. Es darf im Brandfall nicht zersplittern und auf die Fahrbahnen fallen und auch keinen starken Rauch entfachen.

Eine Untervariante zu vorgestellten Verkleidungen aus Metall oder anderen Stoffen bildet eine Noppenfolie, die auf das Trag- bzw. Innengewölbe aufgebracht und durch Spritzbeton (mit Netzarmierung) überdeckt und gehalten wird. Bei dieser Abdichtungsmethode fallen ausser dem Preis alle bereits angeführten Nachteile weg; sie weist auch den Vorteil des geringen Platzbedarfs auf. Hingegen sollten bei dieser Methode die Helligkeit und Struktur der Oberfläche verbessert werden, um inhärente Nachteile des Spritzbetons wettzumachen.

Hinzu kommt, dass die Noppenfolien untereinander dicht verschweisst werden sollten, damit nicht bei den Nähten oder Überlappungen Wasser hindurchgelangt, durch nachträgliche Risse im Spritzbeton in den Fahrraum austritt und dadurch Verschmutzung, Eisbildung und Zersetzung auftreten. Eine Netzarmierung kann zudem bei Karbonatisierung und Salzeinwirkung üble Überraschungen bieten.

Dichtungsfolie mit Stützverkleidung aus unarmiertem Beton

Da bei dieser Methode sämtliche bereits genannten Nachteile entfallen, er-

weist sie sich immer mehr als bestgeeignete Lösung zur Abdichtung des Fahr-raumes von Strassentunneln im Untertagebau. Sie wird deshalb im Nationalstrassenbau am häufigsten angewandt.

Selbstverständlich hängt der Erfolg auch bei dieser Abdichtungsart von der Qualität des Materials und der Ausführung ab. So muss die Folie lückenlos dicht verschweisst und unbeschädigt mit Beton verkleidet werden. Sie muss zudem dauerhaft sein und allfällige Bewegungen und Drücke des Gebirges, ohne zu reissen oder durchstossen zu werden, ertragen können. Heute bietet der Markt Folien an, die diesen Anforderungen weitgehend gerecht werden. Ihre Qualität wird zudem laufend verbessert. Diese Abdichtung stellt gegenwärtig im Untertagebau die klassische Methode dar. Schwierigkeiten bei der Aufbringung und nachträgliche Misserfolge traten bisher relativ selten auf.

Wie bei vorgestellten Verkleidungen ist auch bei dieser Abdichtungsart eine wichtige Voraussetzung für den langfristigen Erfolg, dass die Entwässerung am Fuss der Abdichtung immer einwandfrei funktioniert. Falls dies nicht gewährleistet ist (mangelhafte Ausführung und Unterhalt, Versinterung usw.), kann das Wasser die Folie unterlaufen, bei Schwachstellen (Fugen, Risse, Kiesnester usw.) den Beton der Stützverkleidung durchdringen und damit die Tauglichkeit der Abdichtung in Frage stellen. Dies kann selbstverständlich nur bei einer Abdichtung vorkommen, die nicht den gesamten Querschnitt umfasst, was aber in der Schweiz bei Strassentunneln im Untertagebau der Regelfall ist, da sie selten ins Grundwasser zu liegen kommen.

Bei dieser Methode ist es empfehlenswert, eine Drainmatte vollflächig bergseitig der Abdichtung anzubringen. Sie dient als Schutz der Folie und erleichtert zudem deren Aufbringen, auch an sehr nassen Stellen. Bei richtiger Wahl der Matte wird, selbst bei hohem, nachträglich aufkommendem Druck des Gebirges und Zusammenpressen beim Betonieren der Stützverkleidung, dem Wasser ein Weg nach unten in die Drainage offengehalten. Damit ist Gewähr geboten, dass etwaige Schwachstellen in der Folie überbrückt werden. Mit der Versinterung einer geeigneten Drainmatte ist, wenn überhaupt, nur nach sehr langer Zeit zu rechnen.

Das Material sowohl für die Drainmatte als auch für die Folie darf bei Tunneln im Untertagebau nicht selbstbrennend sein oder bei Brand giftige Dämpfe oder Rauch in grösseren Mengen abgeben. Andernfalls würde man während der Bauarbeiten die Gefährdung

von Menschenleben und kostspielige Schäden am Bauwerk fahrlässig in Kauf nehmen.

Anstelle von Folien kann auch eine Dichtungshaut aufgespritzt werden. Dies ist aber auf nassen Flächen nicht problemlos. Bei Stellen mit Druckwasser können zudem Blasen und Ablösungen eintreten, da die Stützverkleidung normalerweise nicht rasch genug wirksam sein kann.

Gegenwärtig werden in den neueren Strassentunneln der Schweiz durchweg PVC-Folien als Dichtungshaut verwendet. Dies schliesst aber die künftige Verwendung von noch besser geeignetem Material, sobald der Markt es anbietet, nicht aus.

Schlusswort

Der alte Spruch «Viele Wege führen nach Rom» muss in bezug auf Tunnelabdichtungen ergänzt werden um «davon führen jedoch wenige zum vollen Erfolg». Ein auch bescheidener Quadratmeterpreis, multipliziert mit einer sehr grossen Fläche, ergibt für jeden Strassentunnel stets eine bedeutende Ausgabensumme. Es lohnt sich deshalb, schon aus finanziellen Gründen, der Wahl der Tunnelabdichtung die gebührende Beachtung zu schenken. Hier wie anderswo gilt jedoch die Lebensweisheit, dass das Billigere langfristig nicht zwangsläufig das Wirtschaftlichere sein muss. Die praktische Erfahrung mit diversen Methoden der Tunnelabdichtung sollte bei allen neuen Projekten berücksichtigt werden, um Fehlinvestitionen und Folgeschäden nicht bereits von Anbeginn «eingeplant» zu haben. Zusätzlich ist noch festzuhalten, dass der Untertagebau ein rauhes und noch nicht leicht beherrschbares Metier ist, bei dem Methoden der Abdichtung, die hohe Ansprüche an die Ausführung stellen, noch mehr als anderswo fehl am Platze sind.

Wenn hier ausschliesslich dargelegt wurde, weshalb Abdichtungen gegen eindringendes Wasser im Fahrraum ihre volle Berechtigung haben, sei zum Schluss doch noch unterstrichen, dass diese auch bei anderen Tunnelteilen wie Zentralen, Buchten, Nischen, Querstellen und Schächten erfahrungsgemäss unerlässlich sind. Alle hier beschriebenen Methoden sind prinzipiell auch dort anwendbar, und ihre qualitative Beurteilung gilt sinngemäss wie für den Fahrraum eines Untertage-Strassentunnels.