

Zeitschrift: IABSE reports = Rapports AIPC = IVBH Berichte
Band: 57/1/57/2 (1989)

Artikel: Zustandsuntersuchungen im Strassentunnel San Bernadino
Autor: Ladner, Marc
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-44316>

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: 21.02.2026

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

Zustandsuntersuchungen im Strassentunnel San Bernardino
Investigation of Conditions in the San Bernardino Highway Tunnel
Analyse de l'état du tunnel routier du San Bernardino

Marc LADNER
Dr. sc. techn.
EMPA
Dübendorf, Schweiz



Marc Ladner, geboren 1939, erwarb 1962 das Diplom als Bauingenieur an der Technischen Hochschule in Zürich (ETH), wo er 1968 auch zum Dr. sc. techn. promovierte. Nach einem Studienaufenthalt an der University of Texas at Austin TX, USA, leitet er seit 1971 die Abteilung Massivbau der Eidg. Materialprüfungs- und Forschungsanstalt (EMPA) in Dübendorf.

ZUSAMMENFASSUNG

Nach etwa zwanzigjähriger Betriebszeit müssen im Strassentunnel San Bernardino Instandsetzungsarbeiten durchgeführt werden. Um das Schadensausmass und die klimatischen Bedingungen im Tunnel genau zu kennen, sind vorgängig umfangreiche Zustandsuntersuchungen und Messungen vorgenommen worden, über deren Ergebnisse auszugsweise berichtet wird.

SUMMARY

After a service life of some twenty years the highway tunnel San Bernardino has to be repaired. In order to know more about the existing dimensions of damage as well as the climatic conditions in the tunnel, comprehensive investigations and measurements have been carried out during the two years preceding the repair work. The paper deals with some selected results of these investigations.

RÉSUMÉ

Après une période de service d'environ vingt ans, le tunnel routier du San Bernardino doit être réparé. La grandeur des dégâts et les conditions climatiques dans le tunnel ont été étudiées soigneusement pendant plus de deux ans avant de commencer les réparations. L'article résume quelques résultats intéressants de ces études.



1. DAS BAUWERK

Kernstück einer der wichtigen Alpentransversalen im Schweizerischen Nationalstrassennetz bildet der San Bernardino Strassentunnel. Dieses 6.6 km lange Bauwerk führt je eine Spur der Nationalstrasse N13 in nord-südlicher bzw. süd-nördlicher Richtung durch die östlichen Schweizer Alpen und verbindet so das Hinterrheintal mit dem nach Süden geöffneten Misox. Im Querschnitt (Fig. 1) ist der einröhrige Tunnel in fünf Räume unterteilt, wobei der grösste Teil vom Fahrraum eingenommen wird. Unter dem Fahrraum befinden sich drei Kanäle; durch den mittleren wird die Zuluft zugeführt, während sich in einen der beiden äusseren ein Abwasserrohr und im anderen verschiedene Kabel befinden. Diese drei Kanäle sind unter einander durch je eine Trennwand getrennt, die Abgrenzung nach oben erfolgt jedoch durch die Fahrbahnplatte. Somit bewegt sich der Verkehr auf einer brückenartigen Konstruktion. Dabei ist die Fahrbahnplatte einerseits auf den Trennwänden, andererseits aber auf den seitlichen Auflagern im Gewölbe abgestützt.

Um sich den in grossen Grenzen schwankenden Temperaturen anpassen zu können, ist die Fahrbahnplatte quer zur Tunnelachse alle 25 m durch eine vollständig durchgehende Dilatationsfuge getrennt; die derart entstehenden Teilabschnitte sind ihrerseits wiederum alle 2.5 m durch Scheinfugen unterteilt, die ebenfalls senkrecht zur Tunnelachse verlaufen.

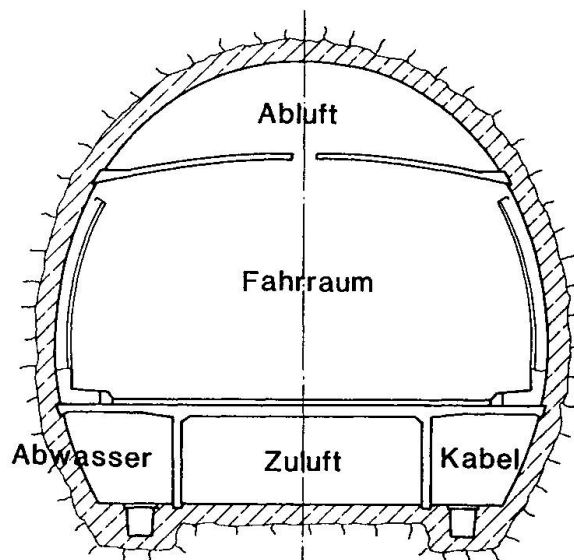


Fig. 1: Querschnitt durch Tunnel

Die Zuluft wird nicht nur von den beiden Portalen aus, sondern ebenso auch durch zwei etwa in den Drittelpunkten, bezogen auf die Tunnellängsachse, angeordnete Kamine eingeblasen, so dass sehr unterschiedlich erwärmte Luftmassen in den Tunnel einfliessen. Da ausserdem im Winter infolge des sehr intensiven Verkehrs von der als wintersicher unterhaltenen Nationalstrasse grosse Mengen Tausalz in den Tunnel eingeschleppt werden, sind sämtliche Bauwerksteile und Einrichtungen im Tunnel einer extrem hohen Chloridbeaufschlagung ausgesetzt. Insbesondere die Betonfahrbahnplatte, und dort wiederum die Zonen in der Umgebung der Haupt- und Scheinfugen, sind somit nicht nur mechanisch, sondern auch chemisch hoch beansprucht.

Nach rund zwanzigjährigem Betrieb des Tunnels haben sich die Mängel und Schäden nun derart verstärkt, dass eine Instandsetzung unumgänglich geworden ist. Um sich aber vorerst einmal ein genaues Bild über das Ausmass dieser Schäden im jetzigen Zeitpunkt machen zu können, und um andererseits auch die genauen klimatischen Verhältnisse sowie die dadurch verursachten Bewegungen der Haupt- und Scheinfugen kennen zu lernen, wurden im Verlauf der letzten zwei Jahre umfangreiche Zustandsuntersuchungen an allen wichtigen Bau- und Einrichtungsteilen sowie auch entsprechende Messungen von Temperatur, Luftfeuchtigkeit und Fugenbewegungen vorgenommen, so dass für die bevorstehende Instandsetzung genügend abgesicherte Grundlagen zur Verfügung stehen, um die Anforderungen, die an die anzuwendenden Materialien zu stellen sind, formulieren zu können. Auf dieser Basis hofft man, eine Qualitätssteigerung bei den Instandsetzungsarbeiten zu erzielen.

2. UNTERSUCHUNGEN UND MESSUNGEN

Sämtliche wesentliche Teile, die für die Betriebssicherheit des Tunnels von Bedeutung sind, wurden in die Zustandsuntersuchungen miteinbezogen. Insbesondere wurden in der Fahrbahnplatte zur Feststellung von Bewehrungskorrosionen Potentialfeldmessungen durchgeführt; die Bewegungen der Haupt- und Scheinfugen wurden in Abhängigkeit der herrschenden Temperatur- und Feuchtigkeitsverhältnisse ebenfalls gemessen und registriert. So ergab sich ein in vier Teile gegliedertes Untersuchungsprogramm, das die folgenden Elemente erfasste:

Stahlbetonbauteile:	Fahrbahnplatte inkl. Potentialfeldmessungen Sohlenbeton Tunneldecke Verkleidungsplatten Betonring
Haupt- und Scheinfugen:	Fugenbewegungen Dübel
Befestigungen, Einbauten:	Halterung der Wandplatten Deckenaufhängungen Lampen, Signale usw.

Als Beispiel ist in Fig. 2 die Anordnung einiger Messfühler über den Querschnitt bei einer Hauptfuge (HF 2915) und bei einer Scheinfuge (SF 2920) dargestellt. Da die beiden Fugen im Tunnel nur 12.5 m auseinander lagen, beschränkte man sich bei der Temperaturmessung auf einen Querschnitt. Für die Fugenbewegungsmessungen wurden auf der Fahrbahnplattenunterseite induktive Weggeber montiert, zur Erfassung der Betontemperaturen wurden Temperaturfühler sowohl auf der Unterseite der Fahrbahnplatte als auch unmittelbar unter dem Fahrbahnbelag angebracht; dazu musste von unten her ein Loch in die Fahrbahnplatte gebohrt werden. Die Lufttemperatur- und -feuchtigkeitsfühler befanden sich ebenfalls jeweils in der Nähe der zugehörigen Messstellen am Beton. Da sämtliche Messdaten quasi-kontinuierlich erfasst worden sind, stehen somit Messdaten über eine Zeitperiode von etwas mehr als zwei Jahre zur Verfügung und umfassen insbesondere drei Winter- und zwei Sommerperioden.

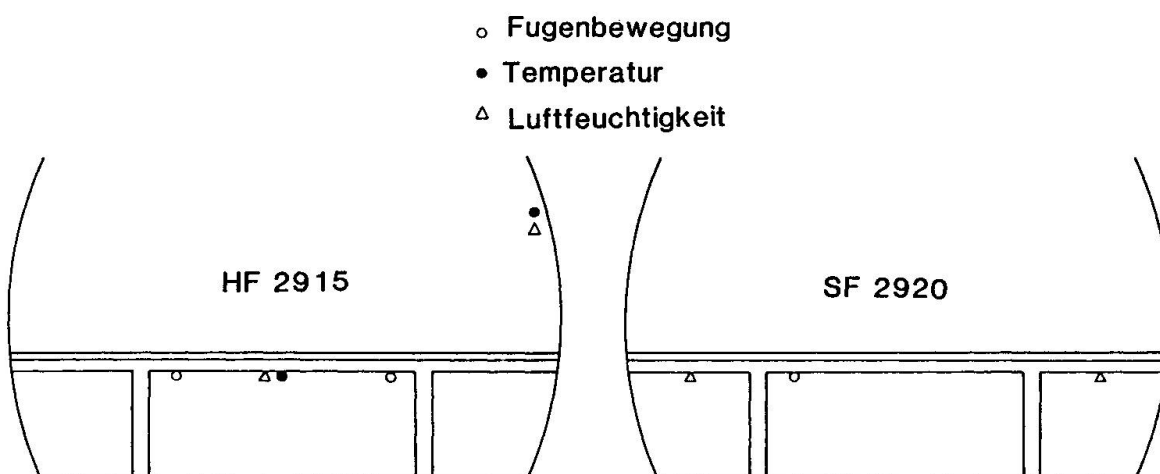


Fig. 2: Anordnung ausgewählter Messfühler über Querschnitt bei Hauptfuge 2915 und bei Scheinfuge 2920



4. ERGEBNISSE

Die Messungen der Fugenbewegungen und der Temperaturen wurden im Winter 1985/86 begonnen und zogen sich insgesamt über etwas mehr als zwei Jahre hin; die Messfühler für die Bestimmung der Luftfeuchtigkeit wurden allerdings erst gegen Ende 1986 versetzt. Fig. 3 zeigt als Beispiel dieser Messungen den Verlauf der Lufttemperaturen im Fahrraum und im Zuluftkanal über diesen Zeitraum sowie die zugehörige Bewegung der Hauptfuge im Bereich des Zuluftkanales auf der Plattenunterseite.

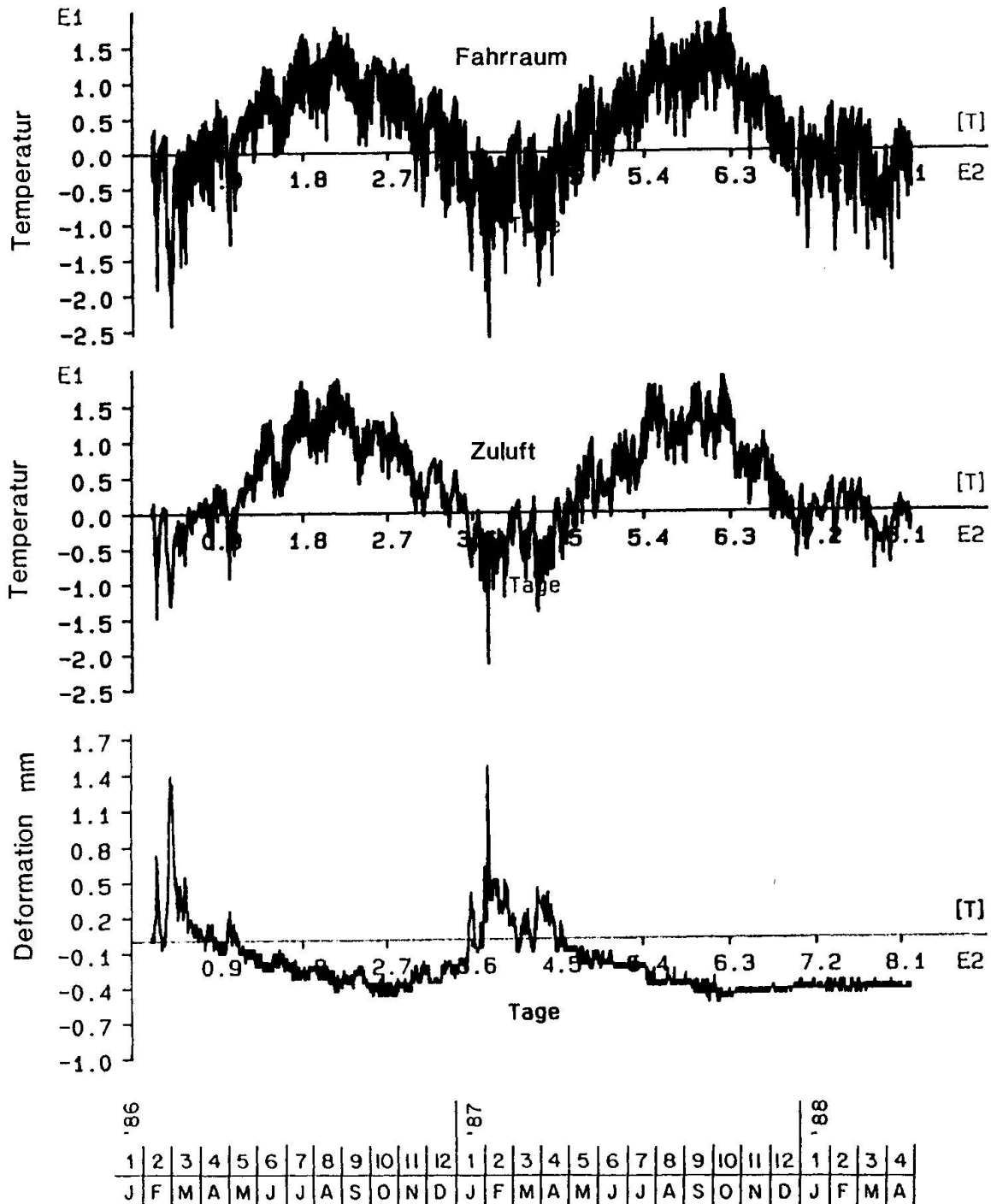


Fig. 3: Verlauf der Lufttemperatur im Fahrraum und im Zuluftkanal im Bereich der Hauptfuge 2915 sowie der zugehörigen Fugenbewegung

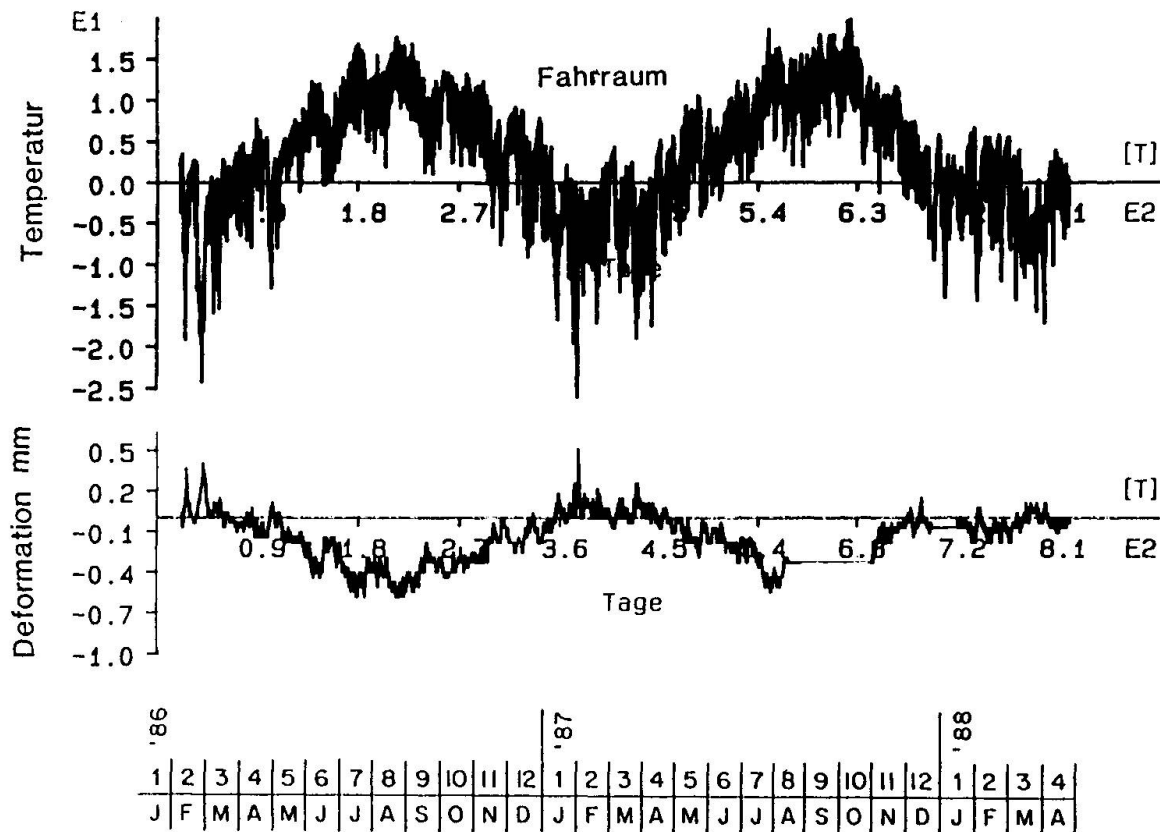


Fig. 4: Verlauf der Lufttemperatur und der Fugenbewegung bei Scheinfuge 2920

Zunächst lässt sich feststellen, dass die Fugenbewegungen einen doppel U-förmigen Verlauf aufweisen. Da mit den Messungen im Winter begonnen wurde, konnte in den meisten Fällen zu Beginn der Messperiode ein Öffnen der Fuge beobachtet werden. Die Grösse der relativen Fugenöffnung lag bei den Hauptfugen in der Grössenordnung von 1.5 mm.

Betrachtet man hingegen die grössten Fugenbewegungen, die sich zwischen den Jahreszeiten (Winter/Sommer) ergeben, dann betragen diese Werte für die Hauptfugen etwa 2.2 mm, bei den Scheinfugen jedoch nur etwa die Hälfte. Mit kurzzeitigen und sehr häufig wiederkehrenden Fugenbewegungen in der Grössenordnung von ± 0.1 mm muss unabhängig von der jeweils herrschenden Temperatur zu allen Jahreszeiten gerechnet werden, vereinzelte Spitzenwerte von bis 1.2 mm bei den Hauptfugen bzw. von bis 0.5 mm bei den Scheinfugen können ebenfalls jederzeit auftreten.

Zum Zustand der Fahrbahnplatte im Bereich der Fugen haben die Untersuchungen ergeben, dass kein Zusammenhang zwischen der Karbonatisierungstiefe und der Korrosion der Bewehrung besteht. Ausserdem beschränken sich die Schäden im Beton und an der Bewehrung praktisch vollständig auf den Fugenbereich; Schäden in Plattenmitte konnten beinahe keine beobachtet werden. Zudem sind auch bei den Fugen die grössten Schäden bei den Hauptfugen zu erkennen, die ausnahmslos gerissen sind und grössere Fugenöffnungen aufweisen als die Scheinfugen, die sehr oft nur Fugenöffnungen von Haarrissbreite zeigen. Eine weitere interessante Feststellung konnte schliesslich noch in materialtechnischer Hinsicht gemacht werden, indem sich kein erkennbarer Zusammenhang zwischen der Betonqualität (Festigkeit) und dem gemessenen Chloridgehalt des Betons erkennen liess. Zudem sind Korrosionsschäden an der Bewehrung nur auf der Plattenunterseite gefunden worden, obwohl auch auf der Plattenoberseite im Fugenbereich Chloridgehalte von 1% bis 3%, bezogen auf die Zementmasse, gemessen worden sind!



Schliesslich soll auch noch auf die gute Korrelation zwischen den beobachteten Schäden und den Ergebnissen der Potentialfeldmessungen hingewiesen werden. Hier kann gesagt werden, dass im oberflächlich trockenen Zustand die -350 mV Isopotentiallinie (Potential vs. CuSO_4) alle Korrosionsprozesse umfasst. Es werden damit auch Zonen erfasst, in denen die Korrosion eben erst begonnen hat und die noch keine sichtbaren Schäden aufweisen. Hingegen ist immer dann mit starken Schäden wie etwa Flächenabtrag oder gar lokale Korrosionen zu rechnen, wenn sich die Bewehrung in einer Zone befindet, die Potentiale unter -450 mV, bzw. solche aufweisen, die um etwa 250 mV negativer liegen als der durchschnittliche Potentialwert der intakten Zone.

Die häufigsten Schadensformen und -ursachen der Fugenbereiche sind abschliessend nochmals in Tabelle 1 zusammengefasst. Es zeigt sich, dass in erster Linie das Eindringen der Chloride bei den Undichtheiten sowie die grossen Bewegungen infolge der Temperaturschwankungen für die Schäden in diesen Zonen verantwortlich gemacht werden muss.

Bauteil oder Bauelement	Häufigste Schadensform Befund	Hauptschadensursache
Hauptfugen	Korrosionserscheinungen Ausblühungen, Rissbildungen	Eindringen von Chloriden infolge Undichtheiten, grosse Rissbewegungen infolge Temperaturänderungen
Scheinfugen	Schäden nur bei etwa 40% aller Fugen, Erscheinungsbild jedoch grundsätzlich ähnlich jenem der Hauptfugen	Gleiche Ursachen wie bei Hauptfugen, obwohl kleinere Bewegungen der Fugen

Tabelle 1: Häufigste Schadensformen und -ursachen im Bereich der Fugen

5. VERDANKUNG

Der Verfasser möchte an dieser Stelle den Verantwortlichen des Tiefbauamtes des Kantons Graubünden, insbesondere Herrn P. Mantovani, ganz herzlich dafür danken, dass sie ihm die Veröffentlichung der Ergebnisse gestattet haben.