

Zeitschrift: Schweizer Ingenieur und Architekt
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 97 (1979)
Heft: 38

Artikel: Bewährung von Brücken in den Schweizer Alpen
Autor: Rey, Edmond
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-85539>

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: 14.03.2025

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

Bewährung von Brücken in den Schweizer Alpen

Von Edmond Rey, Bern *)

Das Verhalten der Brücken im Betrieb wird durch äussere Belastung wenig beeinflusst. Massgebend sind hingegen die Betriebsbedingungen - Winterdienst, grosse Temperaturschwankungen und die örtlichen geotechnischen Verhältnisse -, denen oft zu wenig Beachtung geschenkt wird. Die Untersuchung der in einer Anzahl Einzelfällen festgestellten Schäden wird durch Hinweise auf die Gestaltung und Ausführung von Brücken ergänzt.

Einleitung

Da das tatsächliche Verhalten von Bauwerken Aufschluss über die gute Beschaffenheit bzw. die Schwächen gibt, welche die Strukturelemente im Betriebszustand aufweisen, können aus seiner Überprüfung wertvolle und für den Planer unentbehrliche Erkenntnisse gewonnen werden, die ihm erlauben, gute Bauwerke zu entwerfen. Es scheint daher unumgänglich, diese Einsichten über die Pathologie der Bauwerke - wenn auch mit Vorsicht und etwelchem Vorbehalt - weiterzugeben, nachdem die diesbezüglichen Fragen geklärt und die Probleme gelöst worden sind.

Unser Ziel ist, die an einer Reihe von Brücken festgestellten Schäden in einigen wichtigen Einzelfällen zu untersuchen, um daraus Lehren für die Anwendung beim Studium und bei der Ausführung neuer Bauwerke ziehen zu können. Die von uns durchgeführte Untersuchung umfasste die Bewertung der festgestellten Schäden sowie deren Ursachen; ferner sollen die Konsequenzen für den Verkehr dargelegt und die Reparaturen zur Instandstellung der Bauwerke beschrieben werden.

Die Schadensuntersuchung stellt eine schwierige Aufgabe dar, ist jedoch eine wertvolle Quelle, um Angaben über das Verhalten der Bauwerke zu gewinnen, weshalb dieselben auch entsprechend berücksichtigt werden sollten. Die Art der Schäden zeigt ausserdem, wie notwendig eine ständige und wirksame Überwachung der Bauwerke im Betrieb ist, damit Schäden und ihre Ursachen aufgedeckt und dadurch sowohl der Umfang der Instandstellungsarbeiten beschränkt als auch die Verkehrssicherheit gewährleistet werden können.

Im Alpengebiet sind, bedingt durch klimatisch ungünstige Verhältnisse infolge starken Schneefalls und zahlreicher Frost- und Tauperioden, Fahrbahn und

Bauwerke der zerstörerischen Wirkung von Schneeräumungsmaschinen und Tausalzen nachgewiesenermassen besonders stark ausgesetzt. Die an den Bauwerken untersuchten Schäden sind im Strassennetz des Kantons Graubünden aufgetreten, und das Tiefbauamt dieses Kantons hat uns freundlicherweise die Benützung seiner diesbezüglichen Unterlagen ermöglicht.

Bevor die Schäden untersucht werden, sollen Natur und Merkmale der Krankheiten beschrieben, bzw. die Probleme aufgedeckt werden, die mit den Schadensursachen sowie mit deren Bedeutung und Folgen eng zusammenhängen.

Schadensursachen

Um das Problem abzugrenzen, seien zwei sich in diesen Auskünften abzeichnende Tendenzen erwähnt: erstens die

verhältnismässig grosse Anzahl Schäden, die infolge der Einwirkung von Sickerwasser und Frost während des Winterdienstes den Phänomenen der Korrosion und Rissbildung sowie den Witterungsverhältnissen im allgemeinen zuzuschreiben sind; als zweite Tendenz ist die Tatsache hervorzuheben, dass beträchtliche Schäden, die sogar bedeutende Verkehrsrestriktionen nötig machten wie im Falle der Crestawald- und Steilerbachbrücke auf der San-Bernardino-Route, an noch nicht sehr alten Bauwerken entstanden sind.

Die Schadensursachen können schematisch nach drei verschiedenen Kategorien eingeteilt werden, nämlich nach der Konzeption, den Baumaterialien und der Ausführung. Diese Einstufung drängt sich für die Beurteilung des Verhaltens eines Bauwerkes auf; in der Praxis ist dieselbe nicht immer leicht vorzunehmen, da gewisse Schäden gleichzeitig zwei oder sogar drei verschiedene Ursachen haben können.

Entwurfsfehler

Es können zwei Haupttypen von Entwurfsfehlern unterschieden werden, nämlich:

- die Wahl schlechter Lösungen (zum Beispiel den zulässigen Verschiebungen des Brückenoberbaus schlecht angepasste Foundationen) und die Ausführung von Fahrbahnbelägen ohne Isolationsschutz der Fahrbahnplatte gegen das Eindringen von Wasser und die Korrosionswirkung von Tausalz
- die andere Art von Mängeln rührt von schlechten konstruktiven Dispositionen her. Hier wären namentlich



Bild 1. Schäden an der Infrastruktur. Beschädigung von Auflagerbänken, Verschmutzungen und Ausblühungen an den Mauern der Widerlager. Schäden infolge undichter Trennfugen.

Zu beachten: die Anordnung der Auflager, die überprüfbar und unzugänglich sind.

Brücke über den Suretta-Bach in Sufers, Höhe 1420 m, N 13c, Abschnitt Andeer-Splügen, Baujahr: 1959. Die Schäden sind 1972 behoben worden

*) Vortrag, gehalten am Symposium der Internationalen Vereinigung für Brücken- und Hochbau (IVBH), Zürich, 20.-21. September 1979

zu nennen: ungenügende Abmessungen von Betonteilen, die kein korrektes Einbringen des Betons im Innern der Verschalung erlauben; das Fehlen von Betonierlücken; fehlerhafte Bewehrung durch Rissbildung; ungenügende Betonüberdeckung, um die Armierung vor Korrosion zu schützen. Zu erwähnen ist ferner die mangelhafte Entwässerung der Oberflächen von Bauwerksteilen – Auflagerbänke der Pfeiler oder Widerlager – und allgemein aller, insbesondere aber der nicht begehbaren Aussparungen. Dieser Mangel führt auf die Länge zu beträchtlichen Tausalzschäden. Sodann sind die zu leicht gewählten und besonders im Falle der Fugenübergänge den Arbeitsbedingungen nicht angepassten mechanischen Einrichtungen anzuführen. Schliesslich ist noch auf die fehlende Entwässerung der Aussparungen für die Leitschrankenpfosten hinzuweisen.

Materialfehler

Eine Anzahl Schäden werden durch die Verwendung von Materialien verursacht, die von schlechter Qualität oder einfach ungeeignet sind. Als Beispiel sei der Kornaufbau der Zuschlagstoffe genannt – wenn diese z. B. zu wenig feine Teile enthalten – oder die Verwendung von zu weichen, porösen oder frostempfindlichen Zuschlagstoffen, von schieferhaltigem Gestein mit Glimmereinschluss, das demzufolge für die Herstellung von nichtfrostopfindlichem Beton unzureichend ist.

Gerade im Alpengebiet wirft die Wahl des für die Betonherstellung geeigneten Materials Probleme auf, weil man häufig zuviel Weichgestein (Schiefer und Glimmer) in den Zuschlagstoffen antrifft, welches noch nicht durch die Wirkung des Geschiebetransportes hatte eliminiert werden können. Die Untersuchung der Geschiebeführung im Rhein oberhalb des Bodensees ist in dieser Hinsicht sehr aufschlussreich, da der Schlammgehalt im Geschiebe, das der Rhein von seinem Zusammenfluss mit dem Hinterrhein bis zu seiner Einmündung in den Bodensee mitführt, von einigen Prozenten auf 90 Prozent ansteigt.

Des weiteren sind die dünnen Zementmörtelüberzüge zu erwähnen, die auf dem Beton der Fahrbahnplatte angebracht werden. Diese Überzüge halten die Verkehrseinwirkung nicht aus; sie werden durch die von den schweren Lastwagen herrührenden Schlägen rasch zerstört. Die Abdeckungsteile werden dadurch vom Bauwerksbeton abgetrennt und so die Abdichtung durchbrochen, was über kurz oder lang zu ihrer und der Zerstörung des Belags führt. Danach sind der Bauwerksbeton und der Beton der Fahrbahnplatte di-



Bild 2. Beton-Tausalzschäden. Korrosionsbeispiel an Widerlagermauern eines Bauwerks infolge Frostwirkung und Einwirkung chemischer Auftaumittel
Zu beachten, dass Wasser durch die Fugenübergänge eindringt, und dass die Auflager unzugänglich sind.
Unterführung des Anschlusses Splügen, Höhe 1450 m, N 13c, Abschnitt Andeer-Splügen, Baujahr: 1965. Die Schäden sind 1970 behoben worden

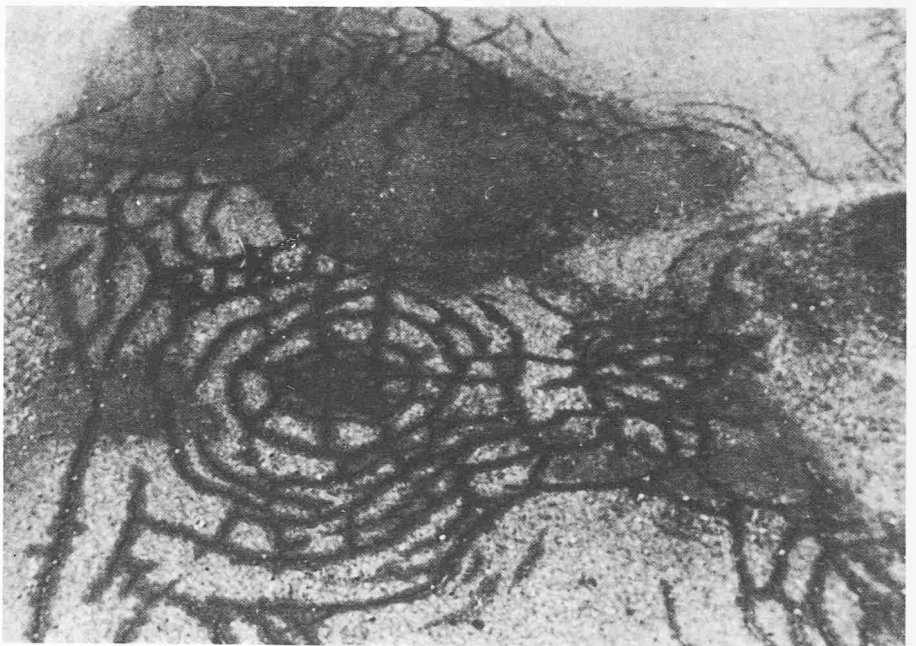


Bild 3. Zerstörung des Belages. Zerstörung des Belages und des Bauwerksbetons durch Frostwirkung und Einwirkung von chemischen Auftaumitteln infolge eines Fehlers einer Abdichtungsrichtung.
Giustia-Brücke in Marmorera, Höhe 1684 m, Julierstrasse, Abschnitt Bivio-Marmorera. Baujahr: 1958

rekt der zerstörenden Korrosionswirkung durch Tausalze ausgesetzt. Beim Material für die Abflussleitungen seien die Korrosionsschäden am Material angeführt, das den chemischen Auftaumitteln nicht standhält. Bei den mechanischen Einrichtungen ist die Zerstörung der elastomeren Auflager mangels Haftung des Auflagermaterials mit der Stahlbewehrung zu erwähnen.

Ausführungsmängel

Allgemein ist zu sagen, dass die an den Brücken im Alpengebiet festgestellten Ausführungsmängel die gleichen sind

wie an allen Bauwerken dieser Kategorie. Diese Mängel, vor allem aber ihre Häufigkeit, wirken sich indessen direkt auf die Qualität und somit auf die Unterhaltskosten des Bauwerkes aus.

Es kann unterschieden werden zwischen Ausführungsmängeln in den Abmessungen – Überschreitung der Mass-toleranzen –, zwischen Mängeln bei der Einbringung des Materials – Kiesnester oder Rissbildung infolge schlechter Betonierungsfugen, was Ausblühungen und Schwitzen auf der Sichtfläche der Bauwerke bewirkt – und Fehlern beim Einbau der mechanischen Einrichtungen, was zur Blockierung der be-



Bild 4. Frost- und Tausalzschäden des Fahrbahnbetons. Zustand der Betonbrückenplatte nach der Entfernung des Bitumenmörtelbelages.

Die Instandstellung machte den Abtrag der Abdichtung, das Abspitzen des Betons auf 10 cm Stärke und seinen Ersatz, die Verstärkung der Fahrbahnplattenarmierung und den Einbau einer mit Nylonmatten armierten, bituminösen Abdichtungsschicht, die auf dem Beton des Überbaues haftet, notwendig. Die Schäden wurden 1974 behoben.



Bild 5. Widerlagerverschiebung. Die Schynstrasse durchquert zwischen Thusis und Davos mehrere instabile Hänge, so dass die Widerlager der Bauwerke in Zonen zu stehen kommen, die in Bewegung sind. Eine solche Widerlagerverschiebung wird durch die grosse Verschiebung – ca. 10 cm – zwischen den Randsteinen der Gehwege im Fugenübergang veranschaulicht.

Brücke über den Cugnabach in Sils im Domleschg, Höhe 800 m, Abschnitt Thusis–Tiefencastel, Baujahr: 1952

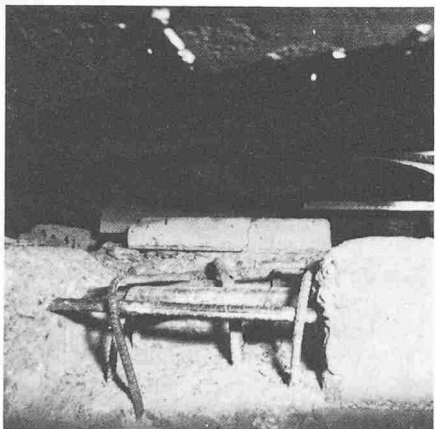


Bild 6. Lagerverschiebung. Die Instandstellung erforderte den Ersatz der einseitig beweglichen Gleitlager durch allseits bewegliche Neotopflager, da die grossen Kräfte aus Zwängungen infolge Handbewegungen nicht aufgenommen werden konnten. Die Sanierungsarbeiten gestalteten sich wegen der schlechten Zugangsverhältnisse bei den Lagern schwierig. Die Schäden sind 1973 behoben worden

weglichen Lager oder zur Zertrümmerung der Übergangsfugen führt. Ferner wurden an den Entwässerungsleitungen von Brückenplatten undichte Stellen beobachtet, wobei sich im Innern der Hohlkasten oder bei andern unzugänglichen Aussparungen Wasser ansammelt und auf dem Boden dieser Bauteile beträchtliche Korrosionsschäden entstehen.

In den Abdichtungsschichten der Fahrbahnen treten Schäden, Loslösungen, Hebungen, Rissbildung und Durchlöcherung vor allem auf, wenn die Haftung an der Betonunterlage nicht gewährleistet ist.

Besondere Fälle

Das Verhalten der in den Alpen in Betrieb stehenden Brücken wird weniger durch äussere Belastung, d. h. durch die Nutzlasten, wofür sie dimensioniert sind, als vielmehr – wie man häufig nicht genügend berücksichtigt – durch die Witterungsverhältnisse beeinflusst. Schneeräumung mittels Tausalzen, deren Entwicklung aus Gründen der Verkehrssicherheit und Bequemlichkeit steigende Tendenz aufweist, sowie zahlreiche Frost- und Tauperioden und grosse Temperaturunterschiede. Ausserdem üben die geotechnischen Verhältnisse – Verhalten der Kriechhänge und Ausmass der Setzungen der Fundationen – in diesem Gebiet einen wesentlichen Einfluss auf das Verhalten der Bauwerke aus.

Die von uns festgestellten Schäden traten an Brücken in der östlichen Alpenregion auf. Sie werden nachstehend durch eine Anzahl Abbildungen von charakteristischen, an verschiedenen Bauwerksteilen aufgetretenen Schäden illustriert (Bilder 1–12).

Empfehlungen für die Projektierung von neuen Bauwerken

Die nachstehenden Empfehlungen beschränken sich auf die Aufzählung der wichtigsten Massnahmen, die hinsichtlich der Verbesserung der Qualität und Dauerhaftigkeit der Bauwerke zu treffen sind. Sie sind nicht vollständig, weshalb der Leser betreffend weitere Einzelheiten die zitierte Literatur beachten möge [1, 2, 3].

Konstruktive Gestaltung

Unterbau

- Für die Bauwerksteile sind einfache Formen mit genügend grossen Abmessungen zu wählen, die eine zuverlässige Ausführung ermöglichen.
- Der Übergang von Luft zu Wasser bzw. Baugrund ist der Korrosion be-

sonders ausgesetzt. Diese Tatsache ist bei der Wahl des Baustoffes und des Korrosionsschutzes zu berücksichtigen.

- Damit ein genügender Rostschutz der Bewehrung gewährleistet ist, wird eine hinreichende Betonüberdeckung empfohlen.
- Betonüberdeckungen von mehr als 50 mm erfordern eine Sicherung gegen Abplatzen der Betonoberfläche, z. B. Einlage von Drahtnetzen.
- Die Oberflächen der Bauwerksteile sind durchgehend mit genügend Gefälle zu versehen (mindestens 8%). Alle Hohlräume müssen begehbar, d. h. mindestens 0,70 m breit und 1,50 m hoch sein.
- Die Auflagerbänke der Pfeiler und Widerlager sind einwandfrei zu entwässern, ebenso die Übergänge an den Brückenden.
- Das Hinterfüllungsmaterial von Widerlagern, Stütz- und Flügelmauern muss das Abfließen von austre-

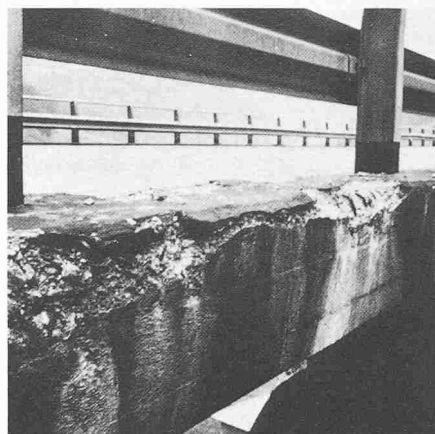


Bild 7. Tausalz- und Frostschäden am Brückenrand. Zerstörung des Brückenrandes durch Einwirkung von Frost und chemischen Auftaumitteln. Brücke über den Vorderrhein in Splügen, Höhe 1450 m, N 13c, Abschnitt Andeer–Hinterrhein, Baujahr: 1962. Die Instandstellung machte die Sanierung der Randeinfassung und die Anwendung einer Schutzabdichtung notwendig. Die Schäden sind 1978 behoben worden

tendem Wasser ohne Ausschwehmwirkungen ermöglichen.

- Wassersammelrinnen und Ablaufleitungen sollen grosszügig dimensioniert und in einen Vorfluter geleitet werden.

Überbau

Allgemein

- Die Fläche, die der Witterung ungeschützt ausgesetzt ist, soll möglichst klein sein.
- Es ist dafür zu sorgen, dass alle Bauwerksteile für den Unterhalt und die Wartung leicht und ohne übermässigen Aufwand zugänglich sind.
- Für die Entwässerungssammelleitungen sind Rohrdurchmesser von mindestens 200 mm vorzusehen; die Leitungen sollen mindestens an ihrem Ende einen Putzstutzen aufweisen.

- Alle Hohlräume sind gut zu entwässern und zu belüften.

Massivbauweise

- Für alle Bauteile sind einfache Formen mit genügend grossen Abmessungen zu wählen, die eine zuverlässige Ausführung ermöglichen.
- Alle Betonkanten sind mit Dreiecksleisten zu brechen. Schnittwinkel zweier Betonflächen von weniger als 90° sind möglichst zu vermeiden. Stahlbetonteile sollen mindestens 0,15 m dick sein.
- Die Oberflächen der Bauwerksteile sind mit genügend Gefälle zu versehen (mindestens 4%).
- Es ist darauf zu achten, dass die Armierungspläne eine einwandfreie Ausführung der Armierung und das korrekte Einbringen des Betons erlauben.
- Um unkontrollierte Rissbildung zu vermeiden, ist die rechnerisch ermittelte Bewehrung, wo nötig, durch konstruktive Bewehrung zu ergänzen.
- In der Bewehrung sowie der Spannkabelführung sind, wenn immer möglich, etwa alle 0,50 m Betonierlücken von mindestens 0,12 m Breite anzuordnen, um das einwandfreie Vibrieren des Betons zu gewährleisten.

Stahlbauweise

- Die einzelnen Konstruktionselemente sollen aus Gründen der Herstellung und des Unterhaltes einfache Formen mit nicht zu geringen Abmessungen aufweisen.
- Stellen, wo sich Wasser und Schmutz ansammeln könnten, sind bei der Ausbildung von Stahlbauwerken zu vermeiden.
- An geschweissten Konstruktionen sind die durch das Schweissen hervorgerufenen Spannungen durch konstruktive und fertigungsmässige Anordnungen möglichst klein zu halten.
- Improvisationen auf der Baustelle führen oft zu Schäden, die erhöhten Unterhalt zur Folge haben. Der Projektverfasser soll sich deshalb schon im Planungsstadium mit der Ausführung und den Transportmöglichkeiten der einzelnen Bauwerksteile befassen.
- Ein einwandfrei aufgebaute und sorgfältig ausgeführter Korrosionsschutz verlängert die Lebensdauer und vermindert wesentlich die Unterhaltskosten der Bauwerke aus Stahl.
- Die Konstruktionen sind im Sandstrahl- oder gleichwertigen Verfahren zu reinigen. Der Grundanstrich ist unmittelbar anschliessend aufzubringen.
- Die Grund- und Deckanstriche sind bezüglich der einwandfreien gegen-



Bild 8. Frostschäden in Hohlkästen von Kastenträger. Frostschäden an unzugänglichen Hohlkastenboden. Die Schäden werden durch die Korrosionswirkung der Tausalze verursacht. Als Folge von Wasseraustritten aus Rohrleitungen hat sich das Wasser in den Hohlkästen angesammelt. Die Korrosion des Betons erreichte 7 cm Tiefe

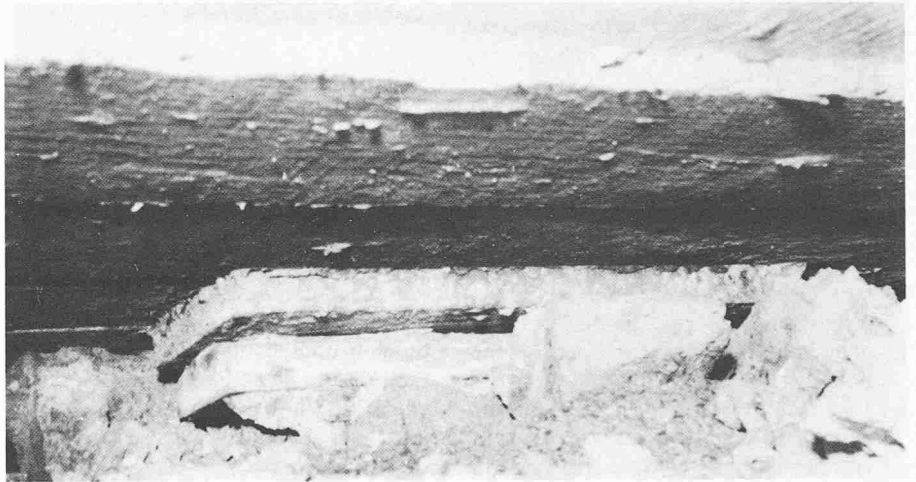


Bild 9. Zerstörung der Mörtelunterlagen von Gleitlagern. Zerstörung der Mörtelunterlagen von Gleitlagern durch Frost; Schäden, die der fehlenden Entwässerung der Mörtelunterlagen zuzuschreiben sind. Brücke über den Steilerbach, Sufers, N 13c, Höhe 1420 m, Abschnitt Andeer-Hinterrhein, Baujahr 1959. Die 1972/73 durchgeführte Instandstellung machte die Erneuerung der Abdichtung, die Entwässerung der Hohlkästen sowie den Ersatz der Lager und Fugenübergänge nötig

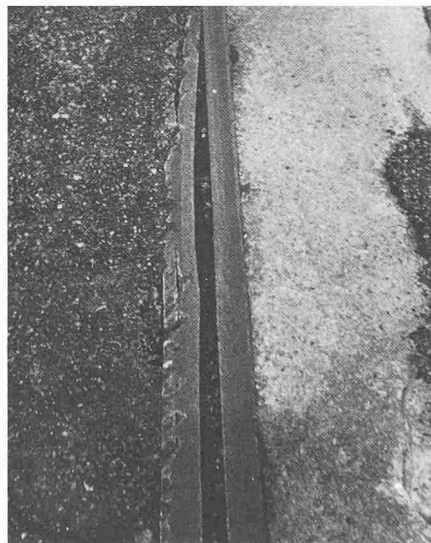


Bild 10. Zerstörung von Fugenübergängen durch Schneepflüge. Die im Belag vorstehenden Fugenübergänge werden von den Schneepfluglamellen beim Darübergleiten aufgespiesst. Die Fugen von zu leichter Bauart halten der wiederholten Beanspruchung während des Winterdienstes nicht stand

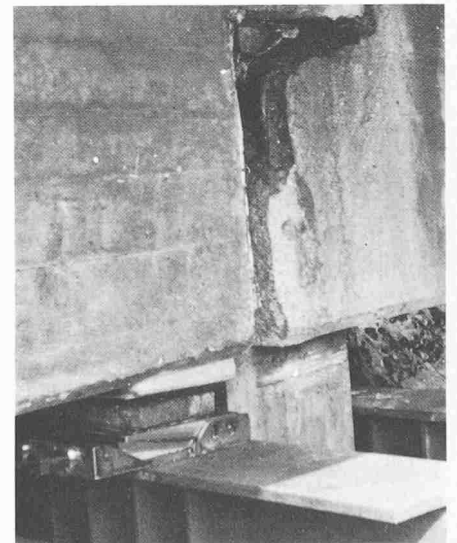


Bild 11. Beschädigtes Gerbergelenk. Die Gerbergelenke des gleichen Bauwerks wurden ausserdem durch das Eindringen von Oberflächenwasser, das durch den undichten Fugenübergang in das Rohrleitungswasser gelangte, schwer beschädigt. Brücke von Crestawald in Sufers, Höhe 1400 m, N 13c, Abschnitt Andeer-Hinterrhein, Baujahr: 1958

seitigen Haftung aufeinander abzustimmen. Längere Zeit der Witterung ausgesetzte Grundanstriche sind vor dem Aufbringen des Deckanstriches sorgfältig von ausgewitterten Teilen (z. B. Zinkkarbonat) zu reinigen.

Fahrbahn

- Die Oberfläche der Fahrbahnplatte von Strassenbrücken muss an jeder Stelle ein eindeutiges Gefälle aufweisen (mindestens 2,5%, in Ausnahmefällen 2%).
- Das Bauwerk und besonders die der Witterung ausgesetzten Bauwerksteile müssen durch einen wasserdichten Belag geschützt werden, um das Eindringen von Wasser oder korrodierenden Lösungen zu verhindern.
- Die Brüstung bzw. der Konsolkopf von Strassenbrücken sind den Einwirkungen von Witterung und Tausalz besonders ausgesetzt. Es ist dort besondere Sorgfalt auf die Erzielung eines widerstandsfähigen Betons zu verwenden.

Lager, Gelenke, Übergangskonstruktionen

- An Pfeilern, Widerlagern wie auch am Überbau sind konstruktive Massnahmen anzuordnen, um den Ausbau defekter Lager jederzeit zu ermöglichen. Sie sind in den entsprechenden Ausführungsplänen deutlich festzuhalten.
- Lager und Gelenke sollen erhöht angeordnet sein, damit direkter Wasserzutritt möglichst vermieden wird; sie müssen für die Wartung von allen Seiten gut zugänglich sein.
- Verschleissteile sollen einfach ausgetauscht werden können.

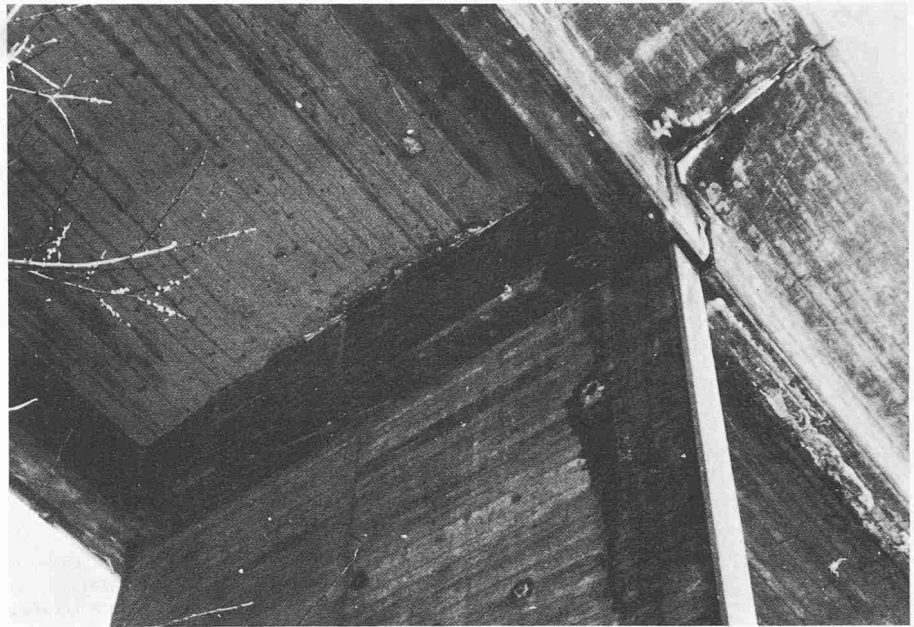


Bild 12. Untersicht des Gerbergelenkes vor Instandstellung. Die Instandstellung des Bauwerks machte den Ersatz der beschädigten Lager, den Einbau neuer dichter Fugenübergänge sowie die Erneuerung der Abdichtung und des Belags der Fahrbahnplatte nötig. Die Schäden sind 1972/73 behoben worden

Massnahmen während des Baues

Es sollen frostbeständige Zuschlagstoffe verwendet werden. Die wesentlichen Faktoren, die die Betonbeständigkeit beeinflussen, sind vor allem: die Zusammensetzung des Betons (einschliesslich der Zusatzmittel, insbesondere der Luftporenbildner), die richtige Mischdauer, Verschalung, Verdichtung, Nachbehandlung und genügende Umhüllung der Bewehrung. Betonflächen, die stark dem Frost und der Wirkung der Tausalze ausgesetzt sind, erfordern ausserdem zusätzliche Schutzmassnahmen, um eine gute Beständigkeit zu gewährleisten. Es handelt sich insbesondere um Imprägnierungen, Anstriche, Überzüge, Glasuren. In je-

dem Fall ist das entscheidende Problem die genügende Haftung mit dem Beton.

(Der Artikel erscheint in französischer Sprache in Heft 9 der Zeitschrift «Strasse und Verkehr».)

Literaturhinweise

- [1] Periodische Untersuchungen der Brücken: Richtlinie zu Art. 34 der Norm SIA. 160 (1970).
- [2] Hamik, A. B.: «Frosttausalz-Einwirkungen auf Beton». Veröffentlichung Nr. 23 der FBH/S.I.A. 81-91, 1977.
- [3] Rösl, A.: «Schutz von Beton gegen Frost- und Frost/Tausalz-Schäden». Zwischenbericht des Institutes für Baustoffe, Werkstoffchemie und Korrosion, ETHZ, 1978.

Adresse des Verfassers: Edmond Rey, Adjunkt, Bundesamt für Strassen- und Flussbau, Monbijoustr. 40, 3003 Bern.