

**Zeitschrift:** Tec21  
**Herausgeber:** Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein  
**Band:** 142 (2016)  
**Heft:** 40: Stützmauern : die Erblast der Boomjahre

**Artikel:** Präventiv verstärkt  
**Autor:** Mayoraz, Frédéric / Opan, Erdjan / Schär, Philippe  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-632800>

#### 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

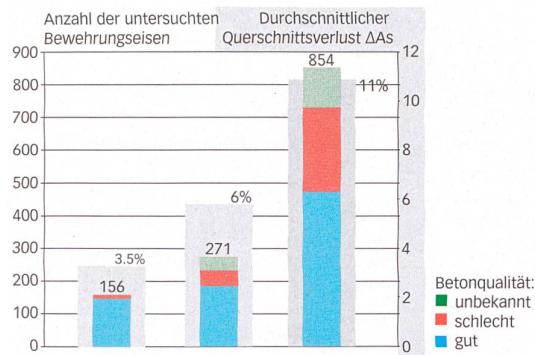
L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées 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:** 16.01.2026

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



Statistische Auswertung der Bewehrungskorrosion.

suchungsmethoden im Massstab 1:1 ergab allerdings, dass zerstörungsärmere Methoden für die Beurteilung des Bauwerkszustands nicht aussagekräftig genug sind. Punktuelle Potenzialmessungen kombiniert mit

galvanostatischen Pulsmessungen stellen die zurzeit vielversprechendsten Methoden für die Ortung von Korrosionsschäden und die Bestimmung der Querschnittsverluste der Bewehrung dar. Doch auch dar diese vermochten bei den drei Stützmauern der A9, an denen sie 2013 getestet wurden, keine zuverlässigen Ergebnisse zu liefern. Deshalb muss der Bauwerkszustand momentan noch weiterhin mit punktuellen und destruktiven Untersuchungsmethoden ermittelt werden, die den geltenden Richtlinien entsprechen. •

*Erdjan Opan, Dipl. Ing. ETHZ, Projektleiter GUMA/OPAN concept;*

*Roman Ryser, Dipl. Ing. FH, Stv. Projektleiter GUMA/OPAN concept;*

*Frédéric Mayoraz, Dr. Ing. EPFL, Projektleiter, GUMA/De Cérenville Géotechnique;*

*Yann Smith, Dipl. Ing. ETHZ, Projektingenieur, GUMA/OPAN concept SA*

#### UNTERHALTSSTRATEGIE IN DIE PRAXIS

# Präventiv verstärkt

Die baulichen Massnahmen an der A9 und A5 gelten als Fallbeispiele für die präventive Strategie des Astra im Umgang mit Stützbauwerken. Die Konstruktionsprinzipien werden bei künftigen Projekten angewendet.

Text: Frédéric Mayoraz, Erdjan Opan, Philippe Schär

Als Pilotobjekte für ein mustergültiges Verstärkungsverfahren boten sich die Stützbauwerke der A9 zwischen Lausanne-Vennes und Villeneuve sowie der A5 zwischen La Neuveville und Biel an. Zwischen 2010 und 2015 wurde ihr offenkundig schlechter Zustand mittels unterschiedlicher baulicher Massnahmen aufgehoben:

Bei Nagelwänden gewährleisten neue permanente Spannanker und Bauteile wie Wände, Longarinen oder Platten den neuen Kraftabtrag. Die Planenden definierten mittels Risikoanalysen, Untersuchungen am Objekt und ergänzender statischer Überprüfungen die erforderliche Ankerkraft, die auf der bestehenden Wand aufgebracht werden sollte. Ergänzend dazu führten sie ein Überwachungssystem ein, das auf Mess- und Kontrollankern basiert und geotechnische Instrumente beinhaltet – etwa Neigungsmesser, Dehnungssensoren oder Piezometer. Für Winkelstützmauern kamen drei

Verstärkungsmethoden der bestehenden Wand infrage: Sie wurden in eine Schwergewichtswand umgebaut durch den Einbau eines Gewichtskörpers auf der Wandrückseite, oder es wurde eine neue Nagelwand mit gespannten Anker oder eine Winkelstützmauer davor betoniert. Für jede bestehende Stützmauer wurde eine Kosten-Nutzen-Analyse nach vorgegebenen Kriterien durchgeführt, um die wirtschaftlichste der drei Lösungen zu eruieren.

Die Nutzungsdauer der neuen Bauwerke beträgt 100 Jahre, während die verstärkten, bestehenden Bauwerke 60 Jahre aufweisen. Bei den Nagelwänden besteht die Möglichkeit, die Massnahmen gegebenenfalls in 25 Jahren zu ergänzen. Die neuen Bauwerke sind monolithisch und ohne Dilatationsfugen konzipiert und somit auch statisch unbestimmt und dauerhaft. Aus der Instandsetzung der Stützbauwerke konnten Lehren bezüglich des Betons, der Anker und der Drainagesysteme gezogen werden.



Das Pilotprojekt für die Verstärkung der Stützmauer an der A5 und A9 umfasste 38 Stützbauwerke und kostete 150 Millionen Franken.

## Gefährdungsanalyse

Angesichts der Vielfalt und Zahl der Stützbauwerke wurde eine Gefährdungsanalyse für den A9-Abschnitt erstellt. Dieser Ansatz gewährleistet ein für die Nationalstrassen kohärentes Vorgehen für die zwei Hauptparameter einer Risikoanalyse: die Eintrittswahrscheinlichkeit und das Gefährdungspotenzial (die Auswirkungen auf die Verfügbarkeit der Autobahn) eines Bauwerkversagens. Für die Stützmauern sind drei Standardgefährdungsklassen definiert, die von der Geometrie des Bauwerks und seinen Abstand zum Verkehrsträger festgelegt werden:

- *maximal*: langer Verkehrsunterbruch auf der Nationalstrasse oder der benachbarten Bahninfrastruktur.
- *normal*: kurzer Verkehrsunterbruch auf der Nationalstrasse/Bahn oder langer Verkehrsunterbruch auf Strassen ab 6.0 m Breite
- *minimal*: kein Verkehrsunterbruch auf der Nationalstrasse/Bahn oder kurzer Verkehrsunterbruch auf Strassen ab 6.0 m Breite.

Das langfristige Ziel ist, alle Stützmauern mit ihrer jeweiligen Standardgefährdungsklasse in die Kunstbau-datenbank KUBA aufzunehmen, um eine automatische erste Priorisierung zu ermöglichen. Eine Analyse durch einen Ingenieur, die weitere Kriterien wie die Mauerhöhe, den Verkehr, die hydrogeologischen Bedingungen und das Ausmass der Verkehrsbehinderung einbezieht, könnte eine zweite Priorisierungsstufe bilden.

An der A9 erhielten 61 der 208 erfassten Bauwerke erste Priorität. Davon wurden 38 ohne vorgängige Untersuchungen vorsorglich verstärkt, um das Risiko auf stark frequentierten Abschnitten mit einem durchschnittlichen Tagesverkehr (DTV) von 40000 bis 60000 Fahrzeugen sofort zu mindern. Die übrigen 23 Bauwerke wurden im Jahr 2010 mit destruktiven Methoden untersucht. Nur vier der untersuchten Stützmauern benötigten keine vorsorglichen Massnahmen und wurden in die nächste UPlaNS aufgenommen. •

Frédéric Mayoraz, Erdjan Opan und Roman Ryser,  
Ingeniegemeinschaft Anker- und Stützmauer GUMA

## Rezepturen mit reduziertem Zementgehalt

Für das Beanspruchungsniveau, dem eine Stützmauer ausgesetzt ist, ist ein Beton der Druckfestigkeitsklasse C25/30 oder C30/37 ausreichend. Einerseits erlaubt die tiefere Druckfestigkeit eine reduzierte Mindestbewehrung zur Begrenzung der Rissbreite. Andererseits erfordert der hohe Frost-Tausalz-Widerstand des Betons (Expositionsklasse XF4) einen entsprechend hohen Zementanteil, was zwei Auswirkungen hat: Der effektive Tragwiderstand wird deutlich höher als bei der gewünschten Betonklasse (Überfestigkeit von bis zu vier Klassen), und der Beton schwindet stärker. Diese Effekte führen dazu, dass die Mindestbewehrung erhöht werden muss, was höhere Kosten und einen grösseren Rohstoffverbrauch verursacht. Deshalb wurden in Zusammenarbeit mit den Betonlieferanten Rezepturen entwickelt, deren Zementgehalt reduziert ist, die CEM II/A-L und Flugasche enthalten, einen w/z-Wert von etwa 0,45 aufweisen und denen Luftporenbildner zugesetzt werden, ohne jedoch die spezifischen Eigenschaften des Betons zu beeinträchtigen. Die Überfestigkeit wird somit um zwei Klassen abgestuft und die Mindestbewehrung zur Begrenzung der Rissbreite reduziert.

Die Betonarten der bestehenden Stützwände der A9 wurden je nach Zusammensetzung, festgestellten Schäden und Alkali-Aggregat-Reaktion-(AAR)-Risiko in fünf Kategorien eingeteilt. Die mechanischen Eigenschaften des Betons ändern sich im Zug einer AAR-Entwicklung (Reduktion der Festigkeitswerte und des Elastizitätsmoduls, Restquellmass). Diese wurde zwar mittels Laborergebnissen prognostiziert, jedoch lassen

sich die so gewonnenen Ergebnisse nicht im gewünschten Mass auf die Bauwerke anwenden.

Wenn möglich, sollten alter und neuer Beton nicht kraftschlüssig miteinander verbunden werden. Das neue Material kann dann ungehindert schwinden, und die verbleibende Ausdehnung des alten Betons wird nicht auf den neuen übertragen. Bei den Varianten ohne gespannten Anker dürfen Polymerbitumen (PBD) als Trennschicht eingesetzt werden. Bei der Planung wurde eine angemessene Mindestbewehrung ermittelt und die Details der Ankernischen sorgfältig erarbeitet.

Bei den verankerten Bauwerken tragen auch die charakteristischen Konstruktionsdetails zur Dauerhaftigkeit der Bauwerke bei. Versuchsanker wurden bei jedem verankerten Bauwerk eingesetzt, um die Tragfähigkeit der Ankerwand – insbesondere im Bereich von Sandsteinschichten – zu bewerten. In einigen Fällen mussten die Ankerbereiche zuvor abgedichtet werden.

## Neuer Aufgabenbereich

Bestehende Stützmauern instandzusetzen und zu verstärken gehört zu den neuen Aufgabenbereichen der Bauingenieure. Im Rahmen dieser Projekte wurden entsprechend neue Entscheidungsvorgänge und konstruktive Details ausgearbeitet.

Auf dieser Grundlage stehen nun kohärente Methoden zur Verfügung, um Stützbauwerke zu überprüfen und ihre Verstärkung durch bauliche Massnahmen zu planen. •

*Frédéric Mayoraz, Dr. Ing. EPFL, Projektleiter GUMA/De Cérenville Géotechnique;*

*Erdjan Opan, Dipl. Ing. ETHZ, Projektleiter GUMA/OPAN concept;*

*Philippe Schär, Dipl. Ing. EPFL, Projektleiter der Abteilung Strasseninfrastruktur West des Astra*



Oben: A9 bei Le Lanciau VD: Verstärkung einer bergseitigen Nagelwand mittels vorgespannter Ankerwände.

Unten: A9 bei Les Curnilles VD: Verstärkung einer talseitigen Winkelstützmauer mit einer vorbetonierten, vorgespannten Nagelwand. Unter der Brücke erfolgten die Bauarbeiten unter erschwerten Bedingungen.