

Zeitschrift: Tec21
Herausgeber: Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein
Band: 127 (2001)
Heft: 31/32: Instandsetzung A2

Artikel: Elektrochemische Chloridentfernung: Praxisbeispiel
Autor: Schmid, Manuel
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-80186>

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: 18.03.2025

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

1
 Reussbrücke Schöni, A2 Kanton Uri
 2
 Prinzipskizze: Aufbau des ECE-Systems



Manuel Schmid

Elektrochemische Chloridentfernung: Praxisbeispiel

Die Elektrochemische Chloridentfernung (ECE) ist ein Verfahren zur zerstörungsfreien Instandsetzung von chloridhaltigen Stahlbetonbauten. Das Verfahren wurde im Sommer 2000 zur Instandsetzung von Brückenpfeilern an der A2 im Kanton Uri angewendet. Die Erfahrungen zeigen, dass dieses Verfahren unter gewissen Bedingungen den anvisierten Erfolg bringt.

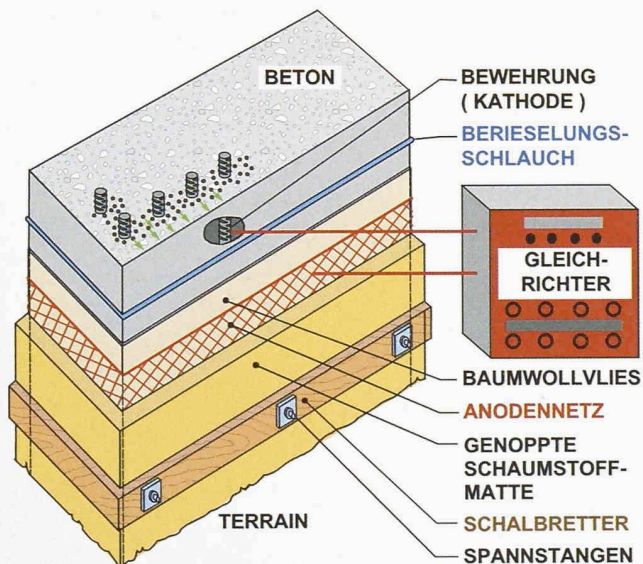
Erste Forschungsberichte über die elektrochemische Chloridentfernung stammen von 1975 aus den USA. Das Verfahren wurde laufend weiterentwickelt und unter dem Namen Norcure von der norwegischen Firma Noteby 1986 zum Patent angemeldet. Die Patente wurden von der Firma «Norwegian Concrete Technology» genutzt, und der Chloridentzug sowie die Realkalisierung werden daher oft nur als NCT-Verfahren bezeichnet.

Die Methode des elektrochemischen Chloridentzuges basiert auf der Tatsache, dass die freien, d.h. nicht im Zement des Betons gebundenen Chloridionen eine negative Ladung aufweisen. Wird zwischen der Betonoberfläche und der Bewehrung ein elektrisches Feld aufgebaut, so bewegen sich die negativ geladenen Ionen von der negativ geladenen Bewehrung (Kathode) weg zur Betonoberfläche hin. Das elektrische Feld wird durch ein auf die Betonoberfläche aufgebrachtes Titanetz (Anode) im Beton erzeugt. Der Gleichstrom wird über einen Gleichrichter (siehe Prinzipskizze) in die Bewehrung eingespeist.

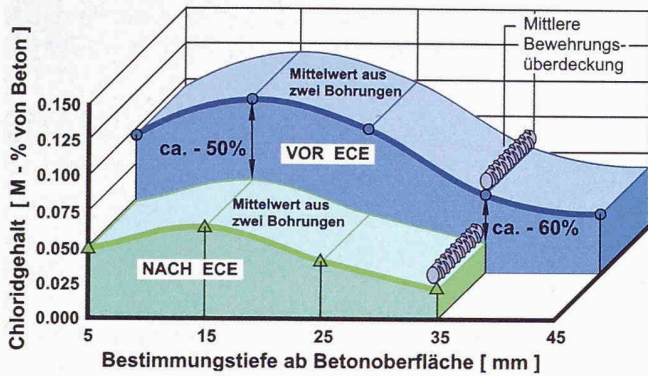
Wirksamkeit

Die Wirksamkeit der elektrochemischen Chloridentfernung wird an der erreichten Reduzierung des Chloridgehaltes im Beton gemessen. Labor- und Felduntersuchungen haben eine Gesamtreduktion zwischen 40% und 85% der im Beton vorhandenen Chloride gezeigt. Von grösserer praktischer Bedeutung ist jedoch die Konzentration der nach der Behandlung noch vorhandenen Chloride auf Bewehrungshöhe und das Tiefenprofil.

QUERSCHNITT PFEILER



3
Chloridprofile vor und nach der ECE-Behandlung
4
Aufbau des ECE-Systems am Bau



Die Reduktion der Chloride hängt von folgenden Parametern ab:

- Chloridgehalt und -profil vor der Behandlung
- Betonporosität
- Bewehrungsüberdeckung und Bewehrungsgehalt
- Behandlungsdauer und effektiv eingespeiste Stromstärke
- Betontemperatur

Die Wirksamkeit kann durch Behandlungspausen erhöht werden. Die elektrochemische Entsalzung weist einen mit steigender Temperatur höheren Wirkungsgrad auf. Deshalb wurde die Behandlung in den Monaten Juli und August 2000 durchgeführt.

Ausgangslage

Die beiden Brückenobjekte, bei welchen das ECE-Verfahren zur Instandsetzung der Pfeiler angewendet wurde, befinden sich in der Bauwerksgruppe 4 Wasen-Göschenen der A2-Nordrampe. Die Pfeiler waren rund 15 Jahre dem aus der Freifallentwässerung der Brücken herabtropfenden Wasser ausgesetzt. Es waren nur diejenigen Pfeiler betroffen, die im Einflussbereich der Entwässerungen lagen. Mit Hilfe von Potenzialmessungen wurden die Pfeilerflächen eruiert, bei welchen der Beton chloridhaltig ist. An Bohrkernen wurden die Chloridprofile bestimmt. Die Chloride waren durch die Wechselwitterung (nass - trocken) in der Lage, bis in eine Tiefe von 50 mm vorzudringen. Die Überdeckung der Bewehrung liegt zwischen 30 und 40 mm. In Sondierfenstern konnte festgestellt werden, dass die Bewehrung zum grössten Teil noch nicht korrodiert war.

Instandsetzungsziel

Das von der Bauherrschaft vorgegebene Ziel, die tragenden Bauwerksteile so instandzusetzen, dass innerhalb der nächsten 50 Jahre keine Intervention mehr notwendig ist, war die Grundlage für die Planung der Instandsetzungsmassnahmen.

Die im Beton der Pfeiler vorhandenen Chloride stellen ein gewisses Korrosionsrisiko für die Bewehrung dar. Im Bereich der Arbeitsfugen ist der Beton sehr porös und bildet daher punkto Dauerhaftigkeit der Pfeiler eine Schwachstelle. Die Pfeiler sind stark der Witterung (Föhn, Schlagregen) ausgesetzt.

Unter Berücksichtigung all dieser Faktoren und der Tatsache, dass sich die Bewehrung und der Beton zurzeit noch in annehmbarem Zustand befinden, wurde das ECE-Verfahren zur Verminderung der Korrosionsgefährdung der Pfeiler gewählt. Bei der Wahl des Instandsetzungsverfahrens wurde das Kriterium der Substanzerhaltung stark gewichtet. Im Werkvertrag wurden die zu erreichenden Restchloridgehalte bei zwei Referenzpfeilern festgelegt.

Betriebs- und Erfolgskontrolle

Die Betriebskontrolle während der Ausführung wurde dem Unternehmer zugewiesen. Dazu gehören:

- Sicherstellung der Benetzung der Betonoberfläche
- Überwachung und Protokollierung der Betriebsparameter (Strom, Spannung, Temperatur, Zeit)

Die im Werkvertrag beschriebene Erfolgskontrolle erfolgte durch den Projektverfasser:

- Chloridprofile vor und nach der ECE-Behandlung
- Chloridanalysen im abfliessenden Wasser (Nullprobe, 1/4/11/18/48 Tage)

Nach einer Betriebsdauer von 9 Wochen wurde an der Referenzfläche die in der nebenstehenden Grafik ausgewiesene Reduktion von durchschnittlich 50 bis 60 % erreicht.

Dort, wo die Chloride grössere Eindringtiefen - bis hinter die Bewehrung - erreicht haben, musste die Behandlung nach zweiwöchigem Unterbruch wieder für vier Wochen weitergeführt werden.

Eine Überwachung des Korrosionszustandes der Bewehrung mittels Potenzialmessungen ist sinnvoll. Sie ist aber wegen der erforderlichen Zeit für die Depolarisation erst nach einigen Monaten möglich. Diese Kontrolle wird im Frühling 2001 durchgeführt und mit der Referenzmessung vom Frühling 2000 verglichen.

Erfahrungen

Das Verfahren zur elektrochemischen Instandsetzung von chloridhaltigen Stahlbetonbauten hat sich an den Brückenpfeilern an der A2 im Kanton Uri bewährt.

Die im Werkvertrag festgelegten Ziele wurden nach einer Behandlungsdauer von insgesamt 13 Wochen erreicht. Die Substanz der Pfeiler konnte mit der gewählten Instandsetzungsmassnahme erhalten werden. Dank der klaren Abgrenzung der zu behandelnden Flächen durch die umfangreichen Voruntersuchungen konnten Kosten bei der Ausführung eingespart werden. Die Voruntersuchungen bildeten ebenfalls die Grundlage für die Erfolgskontrolle.

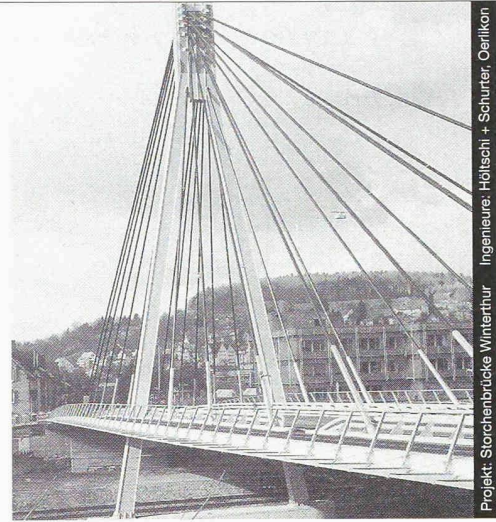
An der Betonoberfläche zeigten sich nach der Behandlung Verfärbungen, und der Zementstein wurde unter dem Anodennetz oberflächlich zerstört. Als Abschluss des ECE-Verfahrens wurde eine vollflächige Spachtelung und eine abschliessende, leicht pigmentierte Versiegelung ausgeführt. Damit sollen die Dauerhaftigkeit der Pfeiler erhöht und die Unterschiede zwischen den behandelten und den unbehandelten Flächen ausgeglichen werden. Die Kosten beliefen sich auf etwa Fr. 2000.-/m². Insgesamt wurden rund 100 m² behandelt.

Manuel Schmid, eidg. dipl. Bauing. ETH/SIA,
Ernst Winkler + Partner AG, Rikonerstrasse 4,
8307 Effretikon

Literatur

- 1 Schiessl P.: Ibac Hochschule Aachen, Elektrochemische Entfernung von Chloriden als Instandsetzungsverfahren korrosionsgefährdeter Stahlbetonbauwerke, Forschungsbericht F 387 (Bericht T 2666), Februar 1995, IRB-Verlag, Stuttgart
- 2 Elsener B., Molina M.: Elektrochemische Chloridentfernung an Stahlbetonbauwerken, IBWK ETH Zürich, Forschungsauftrag Astra 97/92, Dezember 1992
- 3 SIA-Dokumentation D 065, Teil 5, Korrosion und Korrosionsschutz: Elektrochemische Schutzverfahren für Stahlbetonbauwerke, November 1990

Brücken in Stahl



Projekt: Storchbrücke Winterthur
Ingenieure: Höltschi + Schürter, Oerlikon

Nur mit diesem Baustoff sind die grössten Spannweiten möglich, dies mit Berücksichtigung der Wirtschaftlichkeit und des vorteilhaften Leistungsgewichtes. Stahl bietet eine nahezu unerschöpfliche Fülle von Möglichkeiten, Ihre Ideen zu verwirklichen.

Wir informieren Sie gerne kompetent und ausführlich.



Tuchschnid Engineering AG
Kehlhofstrasse 54, CH-8501 Frauenfeld

Telefon 052 728 81 11
Telefax 052 728 81 00

Pfahlfundationen

- Bohrpfähle
- Ortsbetonpfähle «DELTA»
- Vibro - Ortsbetonpfähle
- Vorfabrizierte Betonpfähle
- Holzpfähle
- Presspfähle für Unterfangungen
- Mikropfähle und Anker
- Wasserbauarbeiten

EGGSTEIN AG

Spezialgrundbau

Industriestrasse 12

6011 Kriens

Telefon 041/348 04 50

Telefax 041/348 04 51