

# Risiko & Sicherheit



Institut für Baustatik und Konstruktion, ETH Zürich  
Prof. Dr. Michael H. Faber,  
Dipl.-Ing. Vasiliki Malioka, Dipl.-Ing. Kazuyoshi Nishijima

Projektarbeit SS 2006  
Linda Arnet, Christoph Müller  
Patrick Brun, Ueli Zihlmann

## Zerstörungsfreie Prüfung von Betonelementen und anschliessende Auswertung der gewonnenen Daten mit statistischen Methoden

### Problemstellung

Im Rahmen einer Projektarbeit wird ein Ausschnitt eines Betonelements von ca. 1.5 m<sup>2</sup> mit zerstörungsfreien Methoden untersucht. Das Alter des Elements und die Zusammensetzung des Betons sind unbekannt. Die aus den Messungen erhaltenen Daten müssen analysiert und mit beschreibender und analytischer Statistik ausgewertet werden. Das Ziel der Arbeit bestand darin, festzustellen, ob sich im Element Korrosion gebildet hat und somit, ob die Stabilität noch gewährleistet ist.

### Testmethoden

Die Untersuchung des Betonelements bestand aus vier verschiedenen Tests:

- Messung der Tiefe der Betonüberdeckung, um festzustellen, ob die Armierungseisen ausreichend gegen destruktive Einflüsse geschützt sind.
- Der Schmidt Hammer Test wurde angewandt, um die Homogenität des Betons in Erfahrung zu bringen.
- Potenzialmessungen, welche die Korrosion am Stahl feststellen.
- Messung des elektrischen Widerstands zur Bestimmung der Porosität des Betons und seines Widerstands gegen das Eindringen von schädlichen Stoffen.

### Statistische Auswertungen

Durch Erstellen von Wahrscheinlichkeitspapieren kann die Art der Verteilung der jeweiligen Messwerte ermittelt werden. So kann durch standardmässiges Parameterschätzungsverfahren die jeweilige Verteilung definiert werden um vom kleinen Datensatz allgemeingültige Aussagen zu erhalten.

### Ergebnisse

Es wurde festgestellt, dass die Betonüberdeckung am unteren Teil des Elements geringer ist als oben. Deshalb ist dort die Anfälligkeit auf Korrosion grösser. Zum selben Schluss kommt man auch, wenn die Potenzialmessung ausgewertet wird. Anders der elektrische Widerstand, welcher eine gegenteilige Tendenz erkennen lässt, wobei auch bei dieser Messung keine gefährdeten Stellen vorhanden sind. Beim Schmidt Hammer Test erhält man konstant gute Werte.

### Schlussfolgerungen

Die erhaltenen Werte zeigen auf, dass das Element nahezu keine gefährdeten Stellen hat. Einzig jene Stelle, an der für die Messungen ein Loch gebohrt wurde, muss repariert werden um den Schutz weiterhin zu gewährleisten.

Das vorliegende Betonelement ist durch sehr gute Qualität gekennzeichnet, obwohl der dafür verwendete Beton mit „Korrosions-Beschleunigern“ versetzt wurde.

### Das Untersuchungsobjekt

Ein ca. 1.5m langer Ausschnitt eines insgesamt etwa 20m langen Betonbalkens. Der Träger hat eine I-Form. Sein Querschnitt ist 50cm breit und 1m hoch. 99 Messpunkte verteilen sich entlang der im Beton enthaltenen Eisenstäben (rotes Gitter im Bild), wobei an einem Punkt ein Loch im Beton klappt, wo die Eisenstäbe sichtbar sind.



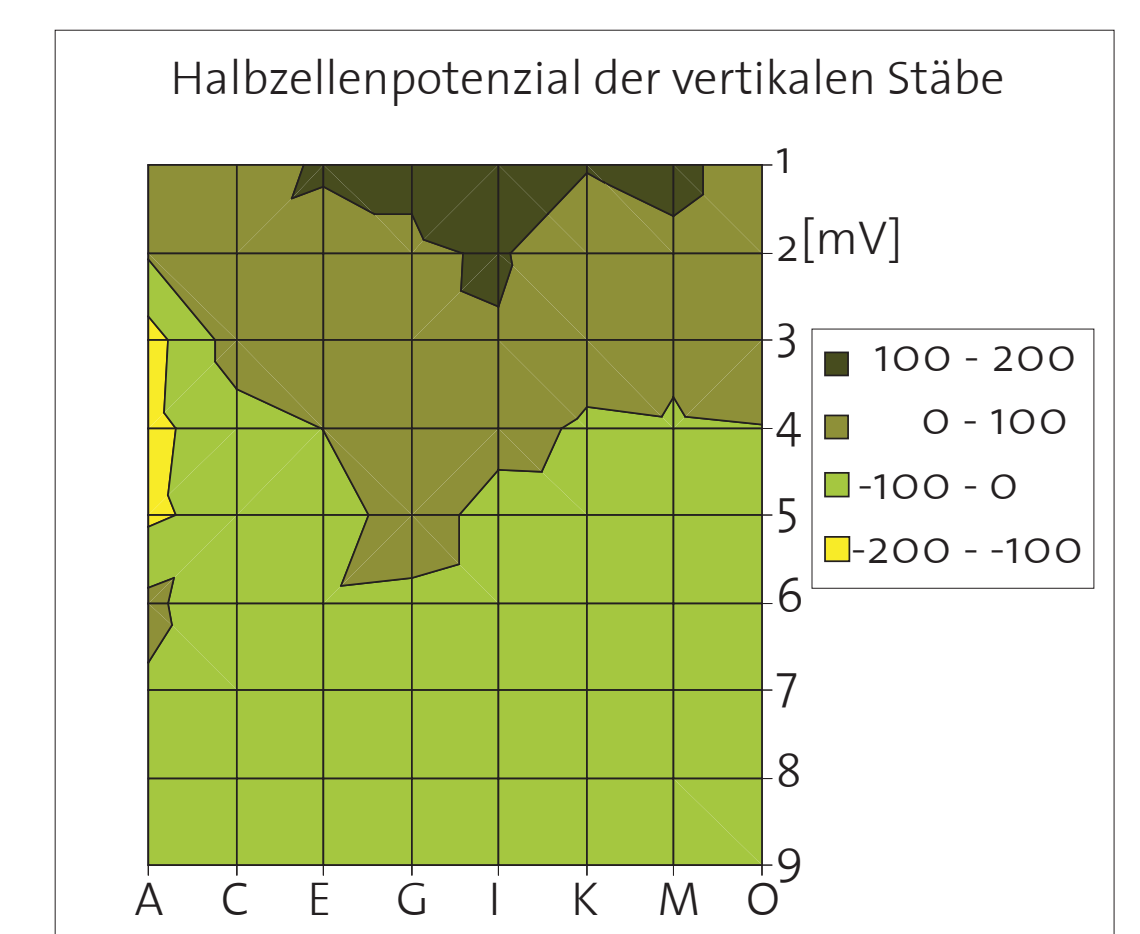
### Korrosion

Mit den Messverfahren wird der Beton darauf getestet, ob er Wasser und andere für die im Beton enthaltenen Eisenstäbe gefährliche Stoffe eindringen lässt. Falls diese Stoffe bis zum Eisen vordringen können, wird die auf den Stäben vorhandene Schutzschicht zerstört und sie beginnen zu rosten. Dabei dehnen sich diese Stäbe aus, was zu kleinen Rissen und Abplatzungen am Beton führt. So verändern sich die statischen Eigenschaften der Konstruktion. Das führt zu hohen Renovationskosten oder im schlimmsten Fall zum Versagen der gesamten Struktur.



### Keine Korrosionsindizierenden Werte

Die Tests werden für die vertikalen und horizontalen Armierungsstäbe, die sich im Beton befinden, einzeln ausgewertet, da die vertikalen sich näher an der Oberfläche befinden. Die Tests ergeben, dass das untersuchte Betonelement in sehr gutem Zustand ist. Die Messung des Halbzellenpotentials lässt nur Werte von -200mV bis +200mV erkennen. Bei Werten zwischen -200 und -100mV besteht eine sehr geringe Wahrscheinlichkeit, dass Korrosion vorhanden ist. Bei Werten grösser als -100mV kann man mit grosser Bestimmtheit sagen, dass diese Orte ungeschädigt und ungefährdet sind. Auch die anderen Messverfahren indizieren keine gefährdeten Stellen.



### Modellierung

Durch Erstellen von Wahrscheinlichkeitspapieren kann die für die Messergebnisse relevante Wahrscheinlichkeitsverteilung ermittelt werden. Durch Parameterschätzung werden die gesuchten Dichtefunktionen definiert um ein Modell für die Messverfahren zu erstellen. So kann von einer Dichtefunktion abgelesen werden, wie gross die Wahrscheinlichkeit ist, bei einer beliebigen Messung auf bestimmte Werte zu stossen.

Bei der Messung des elektrischen Widerstandes findet man zu 0.8% einen gefährdeten Punkt zwischen 0 und 5 kΩcm.

