

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
 Armin Rauchenstein, Pascal Schütz,
 Stefan Wassmer, Benjamin Wissmann

Zerstörungsfreie Prüfung von Betonelementen und anschliessende Auswertung der erhobenen Daten mit Hilfe statistischer Methoden

Problemstellung/Ziele

Das Hauptproblem von Betonbauteilen ist die Zerstörung der Bewehrung durch Korrosion. Den Bauteilen kann man von aussen meistens nicht ansehen, wie stark die Bewehrung geschädigt ist. Da Bauwerke in der Regel im alltäglichen Leben gebraucht werden, kann man für eine Überprüfung des Zustandes aus statischen Gründen die Bewehrung nicht freilegen. Deshalb bedient man sich in der Praxis zerstörungsfreier Messmethoden. Ziel der Arbeit war es ein Betonelement auf Anzeichen möglicher Korrosion zu überprüfen und eine statistische Analyse durchzuführen.

Erhebung der Daten

Die Erhebung der Daten erfolgte durch vier zerstörungsfreie Messreihen. Als erstes wurde die Bewehrung lokalisiert und die Mächtigkeit der Betonüberdeckung ermittelt. Danach wurde die Härte der Betonoberfläche (Schmidt-Hammer-Test) gemessen. Betonüberdeckung und -härte schützen die Bewehrung vor eindringenden Schadstoffen (z.B. Chloride und Carbonate). Der elektrische Widerstand des Betons (Four Probe Wenner-Test) liefert Aufschluss über die Feuchtigkeit im Beton. Mit Halbzellen-Potentialmessungen werden Spannungsunterschiede zwischen der Bewehrung und einer Referenzhalbzelle gemessen.

Auswertung der Daten

Die erhobenen Daten wurden in einem ersten Schritt elektronisch erfasst und anschliessend sowohl numerisch anhand zentraler statistischer Kennzahlen, als auch graphisch analysiert. Die Ergebnisse wurden zu sogenannten „Color-Maps“ aufbereitet, welche die Interpretationen vereinfachten und sehr gut zur Visualisierung der Zustände im Betonelement beitrugen. Des Weiteren wurde eine Korrelationsanalyse durchgeführt, um mögliche Beziehungen zwischen den einzelnen Testreihen zu ermitteln.

Verteilungsmodelle

Mit Hilfe von Wahrscheinlichkeitspapieren und Parameterschätzung wurden zu den erhobenen Daten Modelle gesucht. Dabei wurde versucht, eine Wahrscheinlichkeitsfunktion zu finden, die möglichst gut zu den Daten passt. Die gefundenen Funktionen wurden danach mittels Chi-Quadrat-Test überprüft.

Schlussfolgerung

Die Messungen und ihre anschliessende Auswertung haben kein signifikantes Gefährdungspotential bezüglich Korrosion am Betonelement erkennen lassen. Die gemessenen Werte übersteigen nirgends die für Korrosion kritischen Grenzen. Dies lässt sich vorallem auf gute Betonqualität zurückführen.

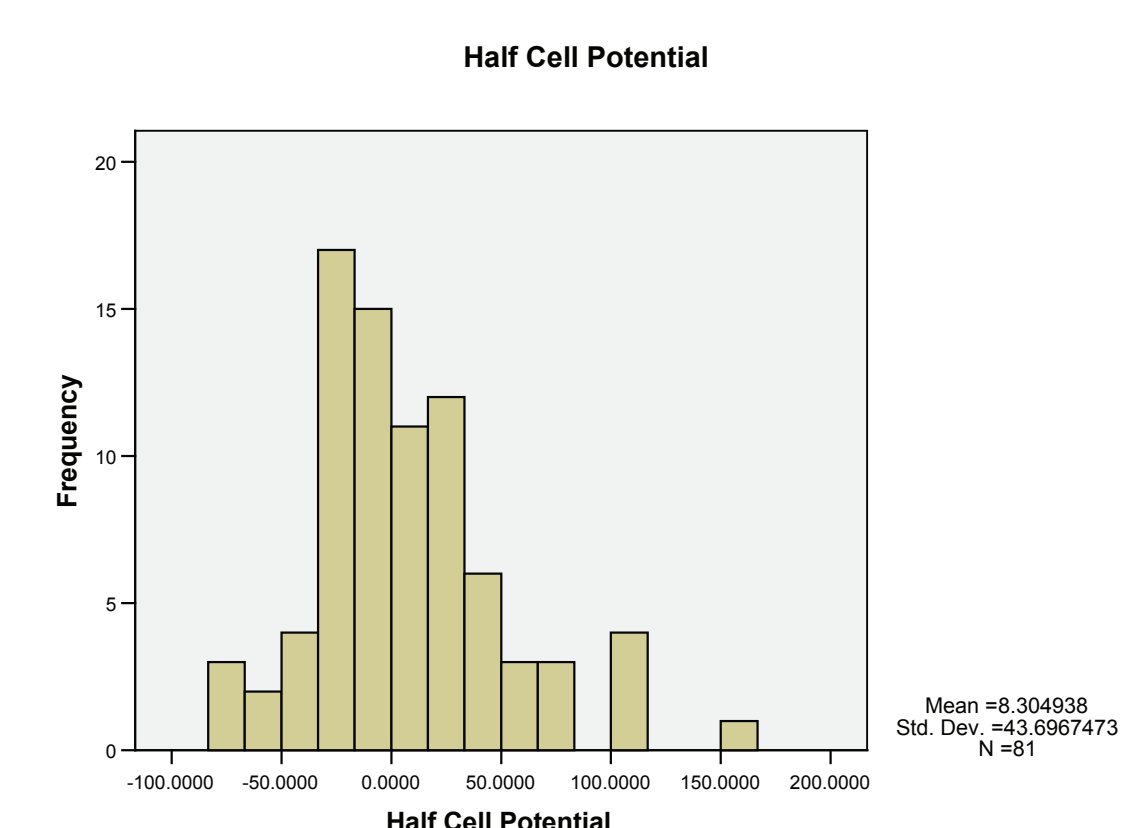
Messungen

Die Messungen wurden an einem alten Versuchsbetonträger vor der Bauhalle durchgeführt. Dabei wurde ein Ausschnitt von zwei auf einen Meter untersucht, auf welchem ein etwa 10 mal 10 cm grosses Messpunktraster aufgetragen wurde. Die roten Linien in der nebenstehenden Abbildung markieren den Verlauf der Bewehrung.



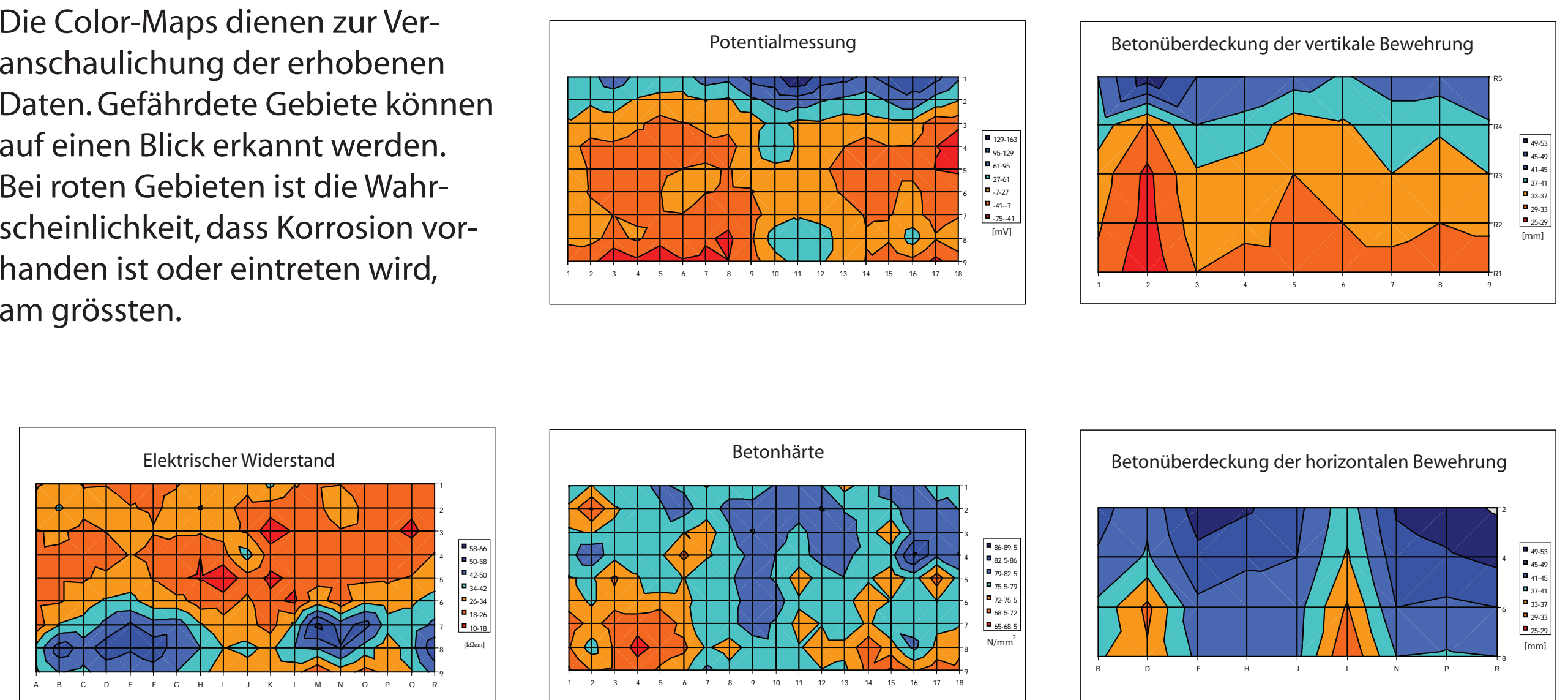
Statistische Auswertung

	Concrete Coverdepth (mm)	Electrical Resistivity (kΩcm)	Half Cell Potential (mV)	Compressive Strength (N/mm ²)
N	81	81	81	81
Mean	39.14	29.61	8.30	76.35
Std. Deviation	6.49	10.96	43.70	4.11
Variance	42.18	120.18	1909.41	16.94
Range	27	49	238	19.5
Minimum	26	11	-75	67
Maximum	53	60	163	86.5
Percentiles				
25	33.5	22.25	20.9	73.54
50	39.5	26.5	-0.5	77.1
75	44.25	35.25	27.5	79.39



Color-Maps

Die Color-Maps dienen zur Veranschaulichung der erhobenen Daten. Gefährdete Gebiete können auf einen Blick erkannt werden. Bei roten Gebieten ist die Wahrscheinlichkeit, dass Korrosion vorhanden ist oder eintreten wird, am grössten.



Verteilungsmodelle

Mit Hilfe von Wahrscheinlichkeitspapieren wurde versucht herauszufinden, welchen Verteilungen (Normal-, Lognormal- oder Gumbelverteilung) die erhobenen Daten folgen. Je besser die Punkte der Messungen sich der Gerade annähern, desto besser folgen sie der entsprechenden Verteilung. Danach wurden die Parameter der gefundenen Verteilungen mittels "Maximum Likelihood Methode" bestimmt.

