

24 (2011)

AKTUELLE FORSCHUNGSERGEBNISSE

Kabellose Potentialfeldmessung an Stahlbetonbauteilen

Wireless Potential Mapping of Reinforced Concrete Structures

K. Reichling, M. Raupach

1 EINLEITUNG

Die chloridinduzierte Korrosion von Stahl in Beton stellt in Regionen, wo Tausalze zum Einsatz kommen oder an maritimen Bauwerken eine der am häufigsten vorkommenden Schädigung an Stahlbetonbauteilen dar. Aus diesem Grund ist es wichtig den Zustand von gefährdeten Bauteilen zu bewerten und regelmäßig zu überwachen.

In den vergangenen Jahrzehnten hat sich die Potentialfeldmessung bewährt, um Bereiche mit einem hohen Korrosionsrisiko zu lokalisieren. Bei der klassischen Methode mit Bewehrungsanschluss und einer extern auf die Betonoberfläche aufgesetzten Referenzelektrode werden üblicherweise die Potentiale an der Betonoberfläche rasterförmig gemessen und mit einer geeigneten Auswertesoftware in ein Falschfarbenbild umgerechnet. Am Institut für Bauforschung der RWTH Aachen (ibac) wird zurzeit ein Verfahren entwickelt, mit dem kritische Bereiche direkt während der Messung angefahren werden können und eine Beurteilung der Potentialverteilung ohne Bewehrungsanschluss möglich ist.

2 POTENTIALMESSUNG OHNE BEWEHRUNGS-ANSCHLUSS

Bei der klassischen Potentialfeldmessung erfolgt die Messung üblicherweise mit Hilfe einer extern an der Betonoberfläche aufgesetzten Referenzelektrode, wobei das Potential mit Hilfe eines hochohmigen Voltmeters gemessen und ggf. abgespeichert wird. Bei diesem Messaufbau sind die Potentialwerte oberhalb korrosionsaktiver Bewehrungsbereiche üblicherweise negativer und weisen hohe Gradienten auf.

Alternativ zur Bewehrung kann ebenfalls eine zweite, extern auf die Betonoberfläche aufgesetzte Elektrode für die Messung herangezogen werden. Die Potentialdifferenz zwischen zwei Messpunkten ist für beide Messmethoden gleich, wobei die Absolutwerte bei der Messung mit Bewehrungsanschluss jedoch um mehrere Hundert mV negativer sein können. Die Messung mit zwei extern aufgesetzten Elektroden ist dadurch begrenzt, dass der absolute Betonwiderstand durch einen

zu großen Elektrodenabstand so hoch wird, dass sich hierdurch eine Beeinflussung der Messwerte ergibt.

Die Idee lag somit in der Entwicklung einer Messmethode (im Weiteren „Delta-Sonde“ genannt), um die Potentialdifferenzen rein über externe Elektroden zu messen. Um einen signifikanten Einfluss des Betonwiderstandes zwischen den Elektroden auszuschließen, sind die Elektrodenabstände kurz und konstant zu halten. Im nachfolgend vorgestelltem Setup werden daher alle Elektroden gruppenweise über die Betonoberfläche bewegt.

3 FUNKTIONSPRINZIP DER DELTA-SONDE

Zwischen drei externen, auf die Betonoberfläche aufgesetzten Elektroden, die sich in den Messpunkten A, B und C befinden (s. Bild 1), werden zwei Potentialdifferenzen gemessen.

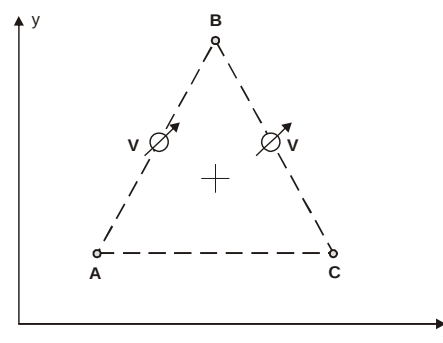


Bild 1: Elektrodenanordnung der Delta-Sonde

Fig. 1: Electrode setup of the Delta-sensor

Mit bekanntem Abstand kann somit der lokale Potentialverlauf rechnerisch ermittelt werden, indem die gemessenen Potentialwerte im dreidimensionalen Raum aufgetragen werden (s. Bild 2). Die Kipprichtung sowie der Gradient der ermittelten Ersatzfläche korrelieren mit dem vorliegenden Potentialverlauf.

Aus diesen Informationen kann ein Vektor ermittelt werden, der parallel zur Betonoberfläche verläuft. Der Vektor liefert Informationen über die jeweilige Richtung zu den negativsten Werten und zum jeweiligen Potential-

gradienten (s. Bild 3). Beide Parameter sind entscheidend für die Lokalisierung kritischer Bereiche. Große Vektorlängen deuten hierbei auf einen hohen Potentialgradienten hin.

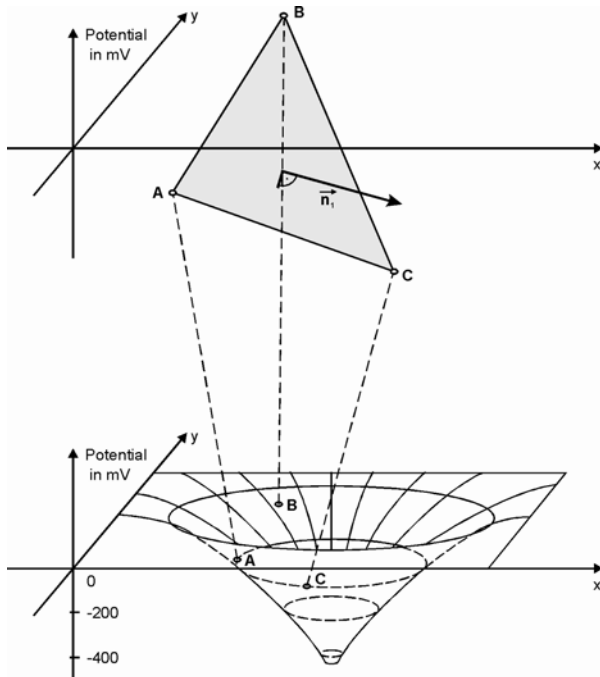


Bild 2: Mit dem Potentialgradienten korrelierende Ersatzfläche (oben) und idealisierte Darstellung des Potentialverlaufs (unten)

Fig. 2: Determined section (top) corresponding with the gradient of the potential funnel in the investigation point (bottom)

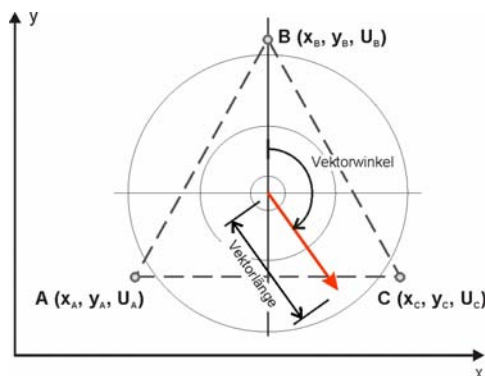


Bild 3: Berechnungsergebnis in Form eines, auf den kritischen Bereich gerichteten, Vektors

Fig. 3: Final generation of a vector pointing at critical areas

4 MESSERGEBNISSE EINER PLATTE

Um die Anwendbarkeit dieser zunächst theoretisch erarbeiteten Methode zu untersuchen, wurden Messungen an einem Plattenprüfkörper mit den Abmessungen

90 x 70 x 12 cm³ und einer mittig angeordneten, aktiven Korrosionsstelle durchgeführt. Alle Bewehrungsstäbe sind elektrisch miteinander verbunden. Die Betonoberfläche wurde 30 Minuten vor dem Messbeginn vorgenaßt.

Zunächst ist eine klassische Potentialfeldmessung mit einer externen Referenzelektrode und einem Bewehrungsanschluss durchgeführt worden. Anschließend wurden Messungen mit dem beschriebenen Aufbau durchgeführt. In Bild 4 sind exemplarisch die Ergebnisse für einen Elektrodenabstand von 10 cm dargestellt.

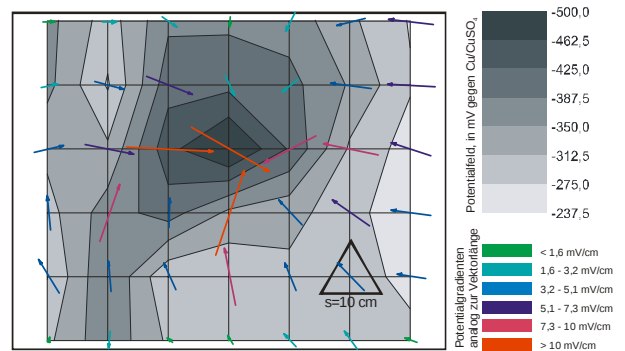


Bild 4: Darstellung des Vektorfeldes und der Potentialverteilung

Fig. 4: Illustration of the vectorfield and the potential distribution

Bei einem Vergleich der Vektorfelder mit dem Potentialfeld kann festgestellt werden, dass die Vektoren zum größten Teil senkrecht zu den Äquipotentiallinien verlaufen und tatsächlich in die Richtungen der größten, negativen Potentialwerte zeigen. Die Vektorlängen korrelieren weitgehend mit den Gradienten, jedoch sind diese über der aktiven Stelle maximal. Hier sollten theoretisch jedoch minimale Vektorlängen vorliegen, da im Zentrum des Potentialtrichters die Gradienten klein sind. Die gewählten Elektrodenabstände führen hier dazu, dass sich die Messpunkte innerhalb der Potentialtrichterwand befinden. Handelt es sich bei dem Trichter nicht um eine stetige, rotationssymmetrische Geometrie, so beeinflussen die lokalen Potentialtäler und -hügel die Neigung der Ersatzebene signifikant. In diesem Fall müssen hinreichend kleinere oder größere Elektrodenabstände gewählt werden um den Einfluss zu minimieren.

Abschließend lässt sich festhalten, dass bei der Betrachtung des gesamten Messbereiches eine Lokalisierung des aktiven Bereiches möglich ist. In Zukunft wird das Verfahren weiterentwickelt um u. a. die Aussagekraft zu verstärken und kritische Bereiche direkt anfahren zu können.

Forschungsförderer: —