

Potentialfeldmessung – Neufassung des B3-Merkblatts und Praxisbeispiele

Gino EBELL¹, Christian SODEIKAT², Till Felix MAYER²

¹ BAM Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung, Berlin

² Ingenieurbüro Schießl Gehlen Sodeikat GmbH, München

Kurzfassung

Das Merkblatt B3 „Elektrochemische Potentialmessungen zur Detektion von Bewehrungsstahlkorrosion“ ist im Jahr 2014 in der dritten überarbeiteten Fassung erschienen. Die erste Ausgabe des Merkblattes stammte aus dem Jahr 1990. Seitdem hat sich die Potentialfeldmessung von einer Messaufgabe für Korrosionsexperten zu einer Standard-Prüfaufgabe bei der Instandsetzung von (Verkehrs-)Bauwerken und der Ausführung von KKS-Systemen entwickelt. Dieser Entwicklung trägt die Überarbeitung des Merkblatts Rechnung: Während in früheren Fassungen die Verfahrensbeschreibung im Vordergrund stand, rückten bei den Überarbeitungen sukzessiv Maßnahmen zur Sicherstellung einer einheitlichen Qualität bei der Durchführung und Auswertung der Messungen in den Vordergrund. Dieser Trend setzt sich auch in der Merkblatt-Fassung von 2014 fort. So wurde die Durchführung der Messungen gegenüber der Vorgängerversion weiter spezifiziert. Zusätzlich wurden erstmals Vorgaben zur grafischen Darstellung der Messergebnisse aufgenommen und zur statistischen Analyse von Potentialfeldmessdaten, wie sie im europäischen Ausland z.T. üblich ist, kritisch Stellung genommen. Eine weitere wesentliche Ergänzung des Merkblatts sind die Hinweise zur Ausschreibung, die in der Fassung von 2014 erstmals aufgenommen wurden und dazu beitragen sollen, bis dato häufige Missverständnisse bei der Definition der Messaufgabe und der Abgrenzung zwischen Grundleistungen und zusätzlichen Leistungen zukünftig zu vermeiden und so eine bessere Vergleichbarkeit von Angeboten und höhere Kostensicherheit für beide Seiten sicherzustellen.

Ein wesentliches Element bei der Qualitätssicherung ist die Qualifikation des Prüfpersonals. Entsprechende Fortbildungsprogramme werden von der Bundesanstalt für Materialprüfung bereits seit mehreren Jahren angeboten und sind ab 2016 auch von anderen Ausrichtern geplant. Auf diese Angebote wird in dem Merkblatt explizit hingewiesen. Eine verpflichtende Teilnahme an einer Fortbildung im Sinne einer Zertifizierung ist in dieser Fassung des Merkblatts nicht vorgesehen, soll jedoch in zukünftige Merkblatt-Fassungen aufgenommen werden.

Anwendungsbeispiele aus der Praxis runden diesen Beitrag ab.

Potentialfeldmessung – Neufassung des B3-Merkblatts und Praxisbeispiele

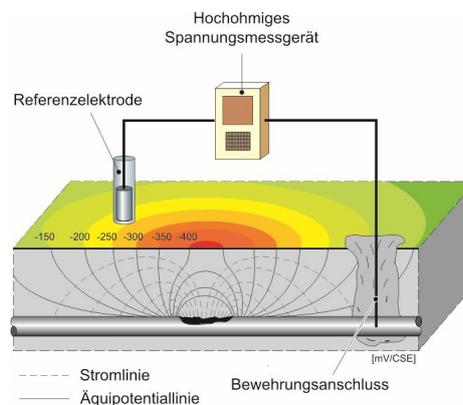
Till Felix Mayer
 Christian Sodeikat
 Ingenieurbüro Schiessl Gehlen Sodeikat GmbH, München

Gino Ebell
 Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung, Berlin

Bauwerksdiagnose 2016, Berlin 25./26.02.2016

Was ist die Potential(feld)messung?

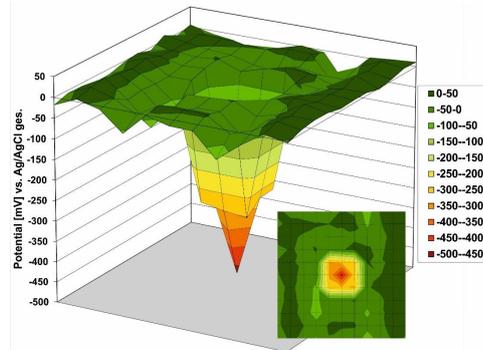
- „Die elektrochemische Potentialmessung ist ein Verfahren zur Beurteilung von Korrosionsprozessen der Bewehrung in Stahlbetonbauwerken.“
- „Bei der Potentialmessung an Stahlbetonbauwerken wird die Potentialdifferenz zwischen dem Bewehrungsstahl im Beton und einer auf der Betonoberfläche aufgesetzten Bezugselektrode ermittelt.“



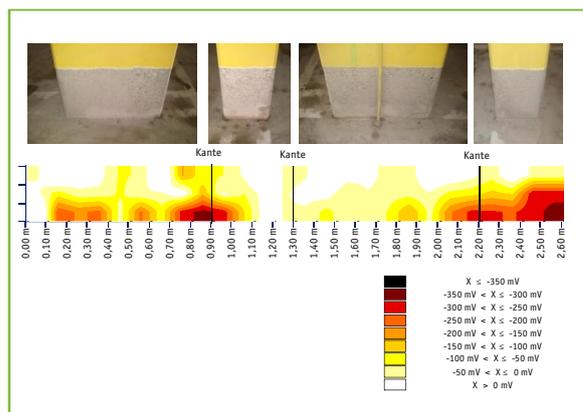
Bauwerksdiagnose 2016, Berlin 25./26.02.2016

Was ist die Potentialfeldmessung?

- „Lokal begrenzte, ausgeprägte Potentialverschiebungen hin zu negativeren Potentialwerten, so genannte Potentialtrichter, sind hierbei häufig Hinweise auf aktive Bewehrungskorrosion.“



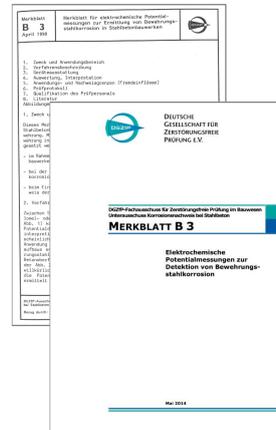
Potentialfeldmessung - Durchführung



Rasterförmige Aufnahme der Potentialwerte an der Oberfläche und graphische Aufbereitung der Messergebnisse

Entwicklung des Merkblatts B3

- Erste Ausgabe des Merkblatts aus dem Jahr 1990 (sechs Seiten)
- Dritte überarbeitete Fassung aus dem Jahr 2014 (neunzehn Seiten)
- Seit Veröffentlichung der ersten Ausgabe Entwicklung der Potentialfeldmessung von der Spezial-Messaufgabe zur Standardprüfung bei Verkehrsbauwerken



Entwicklung des Merkblatts B3

- Weiterentwicklung der Messgeräte hinsichtlich Speicher, Anzeige etc., aber keine grundlegenden Veränderungen bei der Messtechnik (hochohmiges Spannungsmessgerät + Cu/CuSO₄-Referenzelektrode)
- Überarbeitungen des Merkblatts primär zur Sicherstellung einer gleichmäßig hohen Qualität bei der Durchführung und Bewertung der Messungen
 - deutliches Herausstellen von Anwendungsbereich und –grenzen
 - detaillierte Vorgaben zur Vorbereitung, Durchführung und Auswertung der Messungen
 - Vorgaben zu erforderlichen Zusatzuntersuchungen
 - Hinweise zur Ausschreibung
 - Hinweise zur Qualifikation des Prüfpersonals

Merkblatt B3 – Erforderliche Zusatzuntersuchungen

- ▶ Bestimmung der Betondeckung
- ▶ Bohrmehlentnahme zum Erstellen von Chloridtiefenprofilen
- ▶ Visuelle Aufnahme, Kartierung von Rissen und Hohl- bzw. Fehlstellen
- ▶ Stichprobenartige Bewehrungs sondierung
- ▶ Stichprobenartige Bestimmung der Carbonatisierungstiefe
- ▶ Bestimmung des Elektrolytwiderstands (optional)
- Erforderliche Zusatzuntersuchungen sind erforderlich und als solche gesondert auszuschreiben und zu vergüten

Ausschreibung von Potentialfeldmessungen

<p>03..0004. Potentialfeld Auffinden von flächiger Pot Dokumentation</p>	<p>02.04.0020 Potentialfeldmessung Bodenflächen</p> <p>Potentialfeldmessung auf Bodenflächen nach ASTM C876-91 und gemäss Merkblatt B3 der DGZIP April 2008. Auswertung und Ergebnisse der Messungen sind in einem Äquipotentialflächenplan und in einem Summenhäufigkeitsdiagramm farbig darzustellen und dreifach in Farbe auszudrucken.</p> <p>Messrichtung: waagrecht Messraster: 25 x 25 cm</p> <p>HINWEIS: Die metallleitende Durchverbindung der Bewehrung muss vor Beginn der Potentialfeldmessung geprüft werden. nötige Messtermine sind in Abhängigkeit mit dem Ablauf der Instandsetzungs massnahme innerhalb sehr enger Zeitgrenzen mit entsprechend leistungsfähigen Geräten auszuführen. Datenzusammenstellung, Aufbereitung und Darstellung der Daten sind im Einheitspreis einzurechnen.</p> <p>Die Ergebnisse der zur Planung durchgeführten Potentialfeldmessungen können mitverwendet werden.</p> <p>Inkl. Geräte, Material, Transport, Arbeitsgerüste und Leistungen</p>
<p>01.02.7 Potentialfeldm Durchführung Betondeckung Zwischendeck Durchführung Einschl. Herst graphische Au Messraster 0,2 vollflächige M</p>	

Sehr unterschiedliche Detaillierungsgrade bei Ausschreibungen führen zu schlechter Kalkulierbarkeit und mangelnder Vergleichbarkeit

Ausschreibung von Potentialfeldmessungen (Teil 1)

- Angaben zum Objekt (Lage, Bauwerk, Bauteil, Zugänglichkeit)
- zusätzliche Informationen/Unterlagen (sofern verfügbar, z.B. bekannte Vorschäden, Schadensgeschichte, Bauwerksbuch, Prüfberichte, Gutachten, Planunterlagen)
- Angaben zu Zuständigkeiten (Bauherr, verantwortlicher sachkundiger Planer)
- Angaben zum Ausführungszeitraum, Anzahl Bauabschnitte, mögliche Arbeitszeiten
- Verweis auf zugrundeliegende Normen, Regelwerke, Merkblätter, Prüfvorschriften
- Prüffläche (Angabe in m² bei gleichzeitiger Angabe des Messrasters)
- zusätzliche Informationen zur Prüfaufgabe (Bauteil, Material, Lage der Messfläche, Oberflächenbeschaffenheit)

Ausschreibung von Potentialfeldmessungen (Teil 2)

- Angaben zum Leistungsumfang/Leistungsabgrenzung (z.B. Einrüstung, Zugangstechnik, Freilegen von Bauteilen, Verkehrssicherung, Oberflächenvorbereitung, Herstellen von Sondieröffnungen, Sicherungspersonal, Schutzgerüste, Strom, Wasser, Druckluft)
- Angaben zur geforderten Dokumentation
- Auswertung und Bewertung sind im Sinne des Merkblatts Gegenstand der Ausschreibung
- Ergänzende Hinweise (z.B. Ortsbesichtigung vor Angebotsabgabe, Beteiligung Dritter)
- Nebenleistungen/Besondere Leistungen
- Nachweis der Qualifikation des Prüfpersonals.

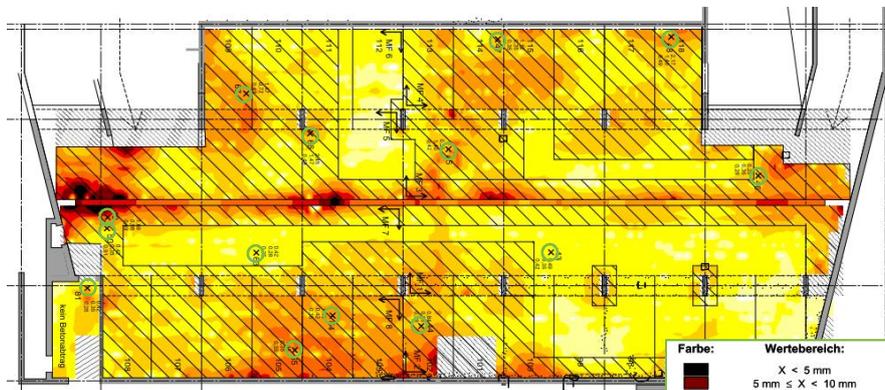
Qualifikation des Prüfpersonals

- Potentialfeldmessung und –auswertung ist eine komplexe Aufgabe, die Sachkunde in Korrosion/Korrosionsschutz, Betontechnologie und konstruktivem Ingenieurbau erfordert
- Nachweis anhand entsprechender Fortbildungsnachweise
- Lehrgang zur Potentialfeldmessung wird von der BAM sowie zukünftig dem ibac (RWTH Aachen) und dem cbm (TU München) angeboten
- Hinweise zu Fortbildungsangeboten auf Webseiten von DGZfP und GfKORR
- Bisher keine Zertifizierung des Prüfpersonals erforderlich; diese ist für zukünftige Überarbeitungen vorgesehen.

Anwendungsbeispiel – Tiefgarageninstandsetzung

- Tiefgarage, vier Ebenen
 - Baujahr 1995
 - Oberseitig Asphaltbelag auf Vlies ohne Schweißbahn
 - Nach zehn Jahren massive Korrosion an der Deckenuntersicht im Bereich von Rissen
- 
- ▶ baubegleitend vollflächige Potentialfeldmessung, Betondeckungsmessung, Chloridgehaltsbestimmung und Sondieröffnungen zum Festlegen der Abtragsflächen

Anwendungsbeispiel – Tiefgarageninstandsetzung



Potentialfeldmessung in Verbindung mit begleitenden Untersuchungen (Chloridgehaltsbestimmung, Bewehrungs Sondierung, Betondeckungsmessung) ermöglicht Festlegung der Instandsetzungsflächen

Bauwerksdiagnose 2016, Berlin 25./26.02.2016

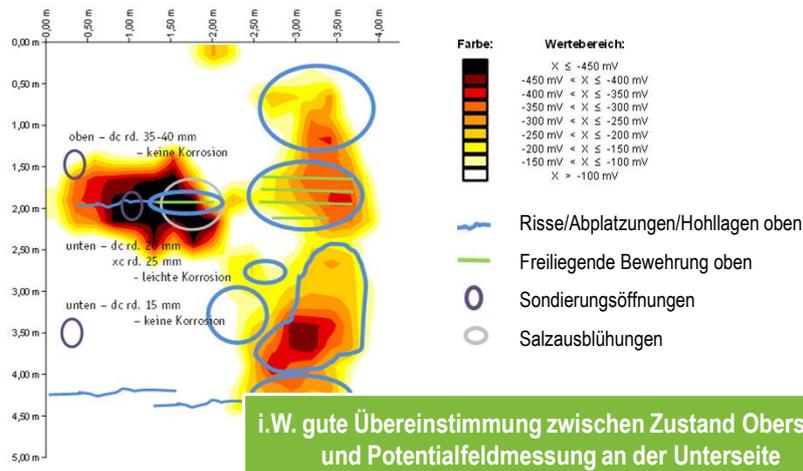
Anwendungsbeispiel – Messung bei unzugänglichen Oberflächen

- Parkhaus, rd. 9.000 m² auf 8 Ebenen
- Deckenstärke rd. 18 cm
- Oberseitig Asphaltbelag, hohl liegend und unterläufig
- An der Deckenuntersicht massive Korrosion an Rohrdurchführungen/Rissen
- Keine Messung von oben möglich
- ▶ Messungen an der Deckenuntersicht und Vergleich mit Ergebnissen an oberseitigen Probeöffnungen

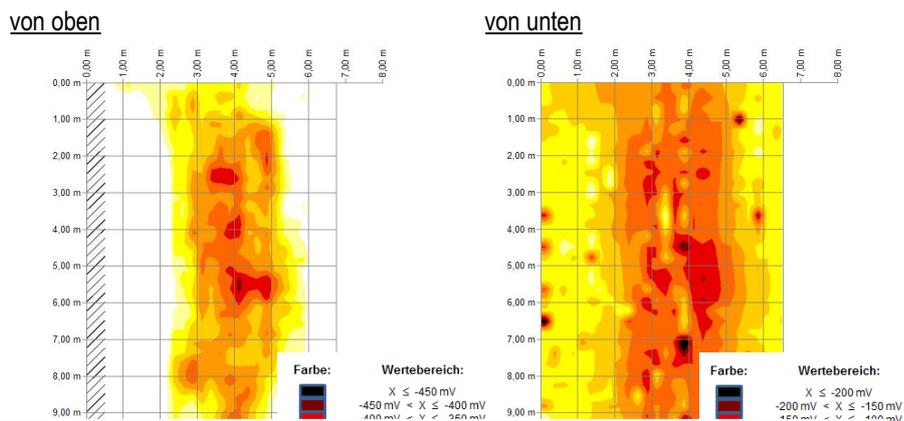


Bauwerksdiagnose 2016, Berlin 25./26.02.2016

Anwendungsbeispiel – Messung bei unzugänglichen Oberflächen



Anwendungsbeispiel – Messung bei unzugänglichen Oberflächen



**Unter besonderen Randbedingungen kann oberseitige Korrosion von unten detektiert werden
Grundsätzlich anhand von Vergleichsmessungen verifizieren!**

Anwendungsbeispiel – Korrosion im Rissbereich

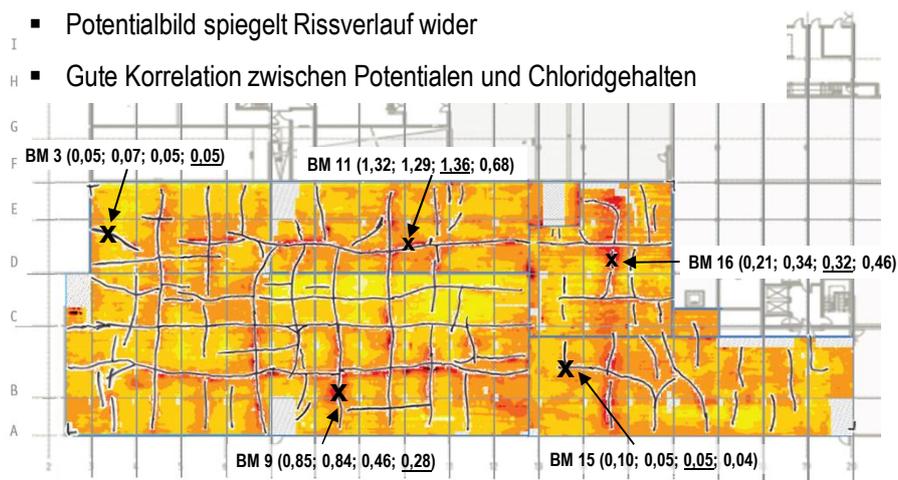
- Parkhaus, rd. 12.000 m² auf 2 Ebenen
- Baujahr ca. 1995
- Zementgebundener Verbundestrich ohne Abdichtung
- Ausgeprägte Rissbildung in der Bodenplatte



Bauwerksdiagnose 2016, Berlin 25./26.02.2016

Anwendungsbeispiel – Korrosion im Rissbereich

- Potentialbild spiegelt Rissverlauf wider
- Gute Korrelation zwischen Potentialen und Chloridgehalten



Bauwerksdiagnose 2016, Berlin 25./26.02.2016

Anwendungsbeispiel – Korrosion im Rissbereich

Bezeichnung	Bohrtiefe von/bis	Ct in M-%/z*	Beton-deckung C _{min}	Tiefpunkt	Potential	Potential-gradient
[-]	[mm]	[M-%/z]	[mm]	[-]	[-]	[-]
BM 3	0 - 20	0,05	66	Nein	 -250 mV < X < -200 mV	Nein
	20 - 40	0,07				
	40 - 60	0,05				
	60 - 80	0,05				
BM 9	0 - 20	0,85	61	Ja	 -450 mV < X < -400 mV	Ja
	20 - 40	0,84				
	40 - 60	0,46				
	60 - 80	0,28				
BM 11	0 - 20	1,32	56	Ja	 -450 mV < X < -400 mV	Ja
	20 - 40	1,29				
	40 - 60	1,36				
	60 - 80	0,68				
BM 15	0 - 20	0,10	49	Ja	 -300 mV < X < -250 mV	Nein
	20 - 40	0,05				
	40 - 60	0,05				
	60 - 80	0,04				
BM 16	0 - 20	0,21	54	Nein	 -400 mV < X < -350 mV	Ja
	20 - 40	0,34				
	40 - 60	0,32				
	60 - 80	0,46				

Keine Korrosion

Korrosion

Korrosion

Keine Korrosion

Korrosion

* Chloridgehalt bezogen auf den Zementgehalt bei einem Verhältnis Beton/Zement von k = 7,5

Anwendungsbeispiel – Korrosion im Rissbereich

- Festlegen instand zu setzender Risse anhand Potentialfeldmessung und zusätzlicher Untersuchungen
- Verifizierung durch Sondieröffnungen



Zusammenfassung

- Potentialfeldmessung ist mittlerweile eine etablierte Methode zum Auffinden chloridinduzierter Bewehrungskorrosion
- Merkblattüberarbeitung 2014 mit dem Ziel, eine gleichmäßig hohe Qualität bei der Durchführung und Bewertung der Messungen sicherzustellen
 - detaillierte Hinweise zur Durchführung und Auswertung der Messungen
 - Empfehlungen zur Ausschreibung ermöglichen Kostensicherheit und Vergleichbarkeit
- Fortbildungsangebote an BAM, ibac, cbm über DGZfP abrufbar
- Unter Berücksichtigung der individuellen Randbedingungen sehr effiziente Untersuchungsmethode für eine wirtschaftliche und zuverlässige Zustandserfassung und Instandsetzungsplanung