

Hinweise für die Praxis

Anwendungsgrenzen der Bestandsuntersuchungen vor einer sachgerechten Instandsetzungsplanung; Teil 2*)

Karl-Uwe Voss, Neuwied

Aufgrund der deutlich gestiegenen wirtschaftlichen Bedeutung des „Bauens im Bestand“ kommt der Instandsetzung entsprechender Bauteile aus Beton eine immer größere Bedeutung zu. Demzufolge müssen sich in zunehmendem Maße Ingenieurbüros und Prüfstellen mit der Bestandserfassung bestehender Gebäude und der Erstellung darauf basierender Entwürfe für die Instandsetzung befassen. In Abhängigkeit von den Untersuchungszielen sind Bestandsuntersuchungen erforderlich, um die Standsicherheit, Gebrauchstauglichkeit und die Möglichkeiten der Instandsetzung der Bauteile zu ermitteln. In dem Beitrag werden die anzuwendenden Verfahren und ihre Anwendungsgrenzen beschrieben.

3.2.2 Bewertung des Korrosionspotenzials

Stahlbewehrung ist im alkalischen Zementsteinmilieu des Betons gegenüber Korrosion geschützt. Der Grund hierfür besteht darin, dass sich bei pH-Werten > 10 eine für Sauerstoff und Wasser nahezu undurchlässige Oxidationsschicht auf der Oberfläche der Bewehrung ausbildet. Diese Passivierung der Bewehrung kann durch die Veränderung der chemischen Zusammensetzung des Betons z.B. durch dessen Carbonatisierung aufgehoben werden. Treten dann Wasser und Sauerstoff hinzu, findet Stahlkorrosion statt, die zu einer Volumenvergrößerung und damit zu Betonabplatzungen oberhalb des Bewehrungsstahls führt (Bild 12).

Die beiden hinsichtlich der Stahlkorrosion wichtigsten Reaktionsprozesse sind die Absenkung des pH-Werts durch die Carbonatisierung des Betons sowie die katalytische Zerstörung der Oxidationsschutzschicht durch Einwirkung von Chloriden.

Durch Carbonatisierung induziertes Korrosionspotenzial

Carbonatisierte Betonbereiche können durch Ansprühen frischer Bruchflächen mit einer Indikatorlösung (z.B. mit Phenolphthalein) auf der Baustelle anhand von Farbveränderungen nachgewiesen werden. Hierbei ist zu beachten, dass Bohrstaub und Bohrschlamm vor der Prüfung von den Bruchflächen abzuwaschen ist.

Zur sachgerechten Bewertung der Ergebnisse in Bezug auf das Korrosionsrisiko des im Beton enthaltenen Bewehrungsstahls sind in den letzten Jahren Modelle entwickelt worden, mit denen die ermittelten Carbonatisierungstiefen und die Verteilung der Betondeckung statistisch ausgewertet und miteinander in Beziehung gesetzt werden können. Auf Basis derartiger statistischer Auswertungen sind Aussagen zur Korrosionswahrscheinlichkeit des im Beton enthaltenen Bewehrungsstahls über den Schnittpunkt der in Bild 13 dargestellten Kurven möglich.

In dem in Bild 13 dargestellten Fall beträgt die Wahrscheinlichkeit, dass der Bewehrungsstahl im carbonatisierten Beton liegt, ca. 30 %.

Eine derartige statistische Aussage ist selbstverständlich nur dann möglich, wenn die Carbonatisierungstiefe an einer ausreichenden Anzahl von Stellen des Bauteils geprüft wird. Gerade bei der Anzahl der Bauteilöffnungen wird bei entsprechenden Untersuchungen aber gern gespart. Dabei spielt diese einfache Prüfung häufig eine wesentliche Rolle bei der Bewertung der Restlebensdauer von Bestandsgebäuden.

Durch Chlorid induziertes Korrosionspotenzial

Während es sich bei der carbonatisierungsinduzierten Stahlkorrosion um ein flächig auf-

tretendes Phänomen handelt, läuft die Chloridkorrosion häufig punktuell ab (Bild 14 und Bild 15). Diese chloridinduzierte Korrosion wird ausgelöst, wenn der kritische korrosionsauslösende Chloridgehalt auf Höhe des Bewehrungsstahls überschritten wird und die weiteren korrosionsauslösenden Voraussetzungen (z.B. Feuchtigkeit) vorhanden sind.

Zur Bestimmung des Gehalts der in den Beton eingedrungenen Chloride sind Proben in unterschiedlichen Tiefen von der Betonoberfläche aus zu entnehmen. Hierfür stehen grundsätzlich zwei Verfahren zur Auswahl:

- das kostengünstigere Verfahren der Entnahme und Untersuchung von Bohrmehlproben
- die Entnahme von Bohrkernen einschließlich der Abtrennung der jeweiligen Schichtlagen im Labor

*) Teil 1 ist in **beton** 12/2012 erschienen.

Der Autor:

Dr. rer. nat. Karl-Uwe Voss studierte Chemie an der Westfälischen Wilhelms-Universität, Münster. Nach der Promotion war er beim ZEM-LABOR in Beckum als Sachbearbeiter und stellvertretender Prüfstellenleiter tätig. Anschließend war er technischer Geschäftsführer der Duisburger Überwachungsverbände und des Baustoffüberwachungsvereins Nordrhein-Westfalen BÜV NW, bevor er als Prüfstellenleiter zum ZEMLABOR zurückkehrte. Seit 2002 ist er Geschäftsführer und Institutsleiter der Materialprüfungs- und Versuchsanstalt Neuwied Forschungsinstitut für vulkanische Baustoffe GmbH. Dr. Karl-Uwe Voss ist öffentlich bestellter und vereidigter Sachverständiger für den Bereich „chemische Analyse zementgebundener Baustoffe“.



Bild 12: Betonabplatzungen durch Korrosion des Bewehrungsstahls

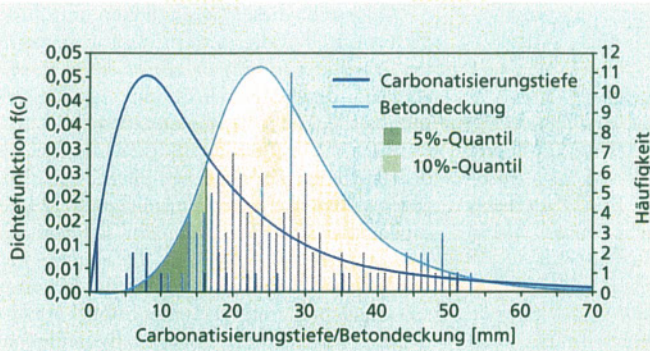


Bild 13: Abschätzung der Wahrscheinlichkeit, dass der Bewehrungsstahl im carbonatisierten Beton liegt



Bild 14: Bereiche mit chloridinduzierter Stahlkorrosion

Die Entnahme von Bohrmehlproben hat den Vorteil, dass das Bauteil durch diese Entnahmekategorie weniger geschädigt wird. Um eine sachgerechte Aussage zu ermöglichen, ist bei der Entnahme von Bohrmehlproben zu beachten, dass die Analysenprobe

auch die Aussagekraft der Untersuchungsergebnisse reduziert. An dieser Stelle sollte kritisch hinterfragt werden, woraus die Analysenprobe im Negativfall bestehen kann. Erfolgt die Entnahme mit einem 16-mm-Bohrer über eine Entnahmetiefe von ca. 1 cm, so kann ggf. nur eine Probe aus einem 32-mm-Gesteinskorn entnommen werden. Bei einer derartigen Probe wird dann ausschließlich der Chloridgehalt des Gesteinskorns ermittelt, der üblicherweise sehr gering ist. Ein Rückschluss auf den Chloridgehalt des Betons (Zementstein + Gesteinskörner) ist hierüber nicht möglich.

Werden ohnehin Bohrkern entnommen (z.B. zur Bestimmung der Betondruckfestigkeit), so können die Bohrmehluntersuchungen mit überschaubarem Zusatzaufwand mit Chloridgehaltsbestimmungen an diesen Bohrkernen ergänzt werden, oder gar ganz auf Bohrmehluntersuchungen verzichtet werden.

Um die Eindringtiefe der Chloride in den Beton zu beurteilen, werden üblicherweise die tiefenabhängigen Chloridgehalte bestimmt, wobei darauf geachtet werden sollte, die direkt mit Tausalzen beaufschlagte Betonoberfläche nicht mit in die Untersuchungen einzubeziehen.



Bild 15: Bereiche mit chloridinduzierter Stahlkorrosion

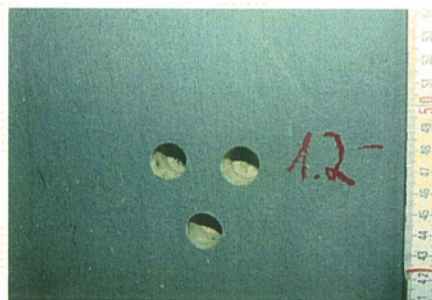


Bild 16: Entnahme von Bohrmehlproben

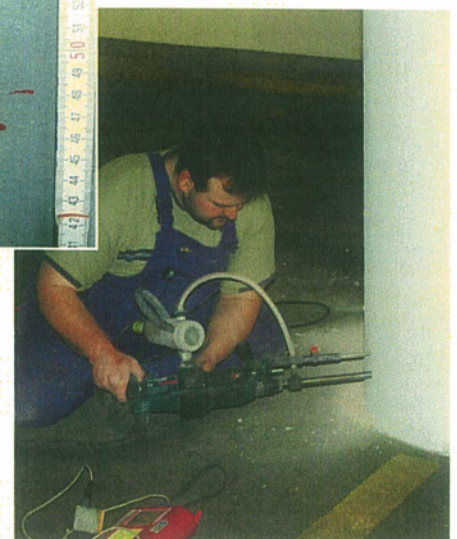




Bild 17: Mit der Potenzialfeldmessung zu untersuchende Stütze

erstoff oder Feuchtigkeit im Bereich des Bewehrungsstahls fehlen. Aus diesem Grunde sind bei der Bewertung der Bauteile neben den absoluten Chloridgehalten auch die Umgebungsbedingungen mit zu berücksichtigen.

3.2.3 Lokalisierung aktueller Korrosionsströme

Neben den oben erläuterten Betrachtungen zur konkreten Bewertung des chlorid- bzw. carbonatisierungsinduzierten Korrosionsrisikos des im Beton enthaltenen Bewehrungsstahls, können mittels der so genannten Potenzialfeldmessung auch im Bauteil konkret auftretende Korrosionsströme gemessen werden. Somit können Flächen in größeren Bauteilen lokalisiert werden, in denen aktuell ein erhöhtes Korrosionspotenzial vorliegt. Hierauf basierend können die instandzuset-

zenden Flächen eingegrenzt und entsprechende Instandsetzungskonzepte ausgearbeitet werden.

Bei der Potenzialfeldmessung wird die Potentialdifferenz zwischen einer von außen angebrachten Elektrode (Messkopf) und dem Bewehrungsstahl gemessen. Das nachfolgende Beispiel zeigt eine Stütze in einem Parkhaus, an der untersucht wurde, bis in welche Stützhöhe die Instandsetzung erfolgen muss (Bild 17).

Auch bei diesem Verfahren handelt es sich nicht um ein völlig zerstörungsfreies Messverfahren, da der Bewehrungsstahl an den zu untersuchenden Bauteilen an einer Stelle frei zu legen ist, um diesen an das Messgerät anzuschließen. Bild 18 zeigt die grafische Darstellung der gemessenen Potenziale, wobei die Korrosionsströme von blau über grün und gelb nach rot zunehmen.

Eine aktiv korrodierende Bewehrung weist im Rahmen der Potenzialfeldmessung ein um mehrere hundert Millivolt negativeres Potenzial auf, als ein im alkalischen Beton passivierter Bewehrungsstahl. Diese Tatsache erlaubt die Lokalisierung korrodierender Bereiche. In der einschlägigen Fachliteratur sind typische Potenziale für unterschiedliche Korrosionsarten (Carbonatisierung, Chloride) genannt.

Auch diese Messmethode beinhaltet eine erhebliche Gefahr der Fehlbeurteilung durch die bewertende Prüfstelle. So ist festzustellen, dass die in der einschlägigen Fachliteratur genannten Zahlen alleine keine ausreichende Aussagekraft aufweisen. So haben neben den vorliegenden Korrosionsströmen eine Vielzahl von zusätzlichen Faktoren einen Einfluss auf die gemessenen Potenziale. Hier sind u.a. zu nennen:

- Zusammensetzung des Betons
- Schichten mit hohem elektrischem Widerstand (z.B. Kunststoffbeschichtungen, Anstriche oder Hydrophobierungen)
- Betondeckung des Bewehrungsstahls
- Temperatur und Feuchtegehalt des Betons
- Chloridgehalt des Betons
- Sauerstoffgehalt an der Bewehrung

Aufgrund dieser zusätzlichen Einflussfaktoren stellen die in der Literatur genannten Absolutspannungen alleine kein ausreichendes Beurteilungskriterium zur Bewertung vorliegender Korrosionsströme dar.

Auch ist zu beachten, dass die Betonoberfläche vor der Prüfung üblicherweise anzunässen ist, um so eine ausreichende Leitfähigkeit der Oberflächenschicht sicherzustellen. Das hat zur Folge, dass die Feuchtigkeit der Betonrandzone im Rahmen der Messung an angefeuchteten Bauteilen üblicherweise deutlich oberhalb der üblichen Bauteilfeuchte liegt. Dies kann dazu führen, dass die Wasserzugabe auf der Bauteiloberfläche Korrosionsströme ermöglicht, die unter Baustellenbedingungen nie ablaufen würden.

In Bild 19 wird ein üblicherweise trockenes Innenbauteil mit geringer Betondeckung betrachtet, bei dem der Bewehrungsstahl nur eine geringe Betondeckung aufweist und im carbonatisierten Beton liegt. Nun wird die Betonoberfläche vor der Potenzialfeldmessung intensiv vorgemässt, sodass die Leitfähigkeit des Betons im Bereich der Randzone sichergestellt ist. Im Rahmen der Potenzialfeldmessung wurden, wie Bild 19 zeigt, hohe Korrosionsströme (rote und pinkfarbene Bereiche aus Bild 19) festgestellt, da alle Bedingungen für die Stahlkorrosion (carbonatisierter Beton, Feuchtigkeit und Sauerstoff) vorliegen.

Im Rahmen der Bauteilöffnung (Bild 20) wurde an dieser Stelle aber trotzdem keine signifikante Stahlkorrosion vorgefunden, da die Bauteilfeuchte des Betons in diesem Bereich unter den baupraktischen Bedingungen in der Regel so gering war, dass die Stahlkorrosion nicht mit signifikanter Geschwindigkeit abließ.

Aus diesem Grunde bietet es sich an, ergänzende Potenzialfeldmessungen unter den baupraktischen Bedingungen durchzuführen, um festzustellen, ob auch bei der vor Ort vorliegenden Feuchtigkeit Korrosionsströme gemessen werden.

Das Ergebnis einer derartigen trockenen Potenzialfeldmessung ist in Bild 21 darge-

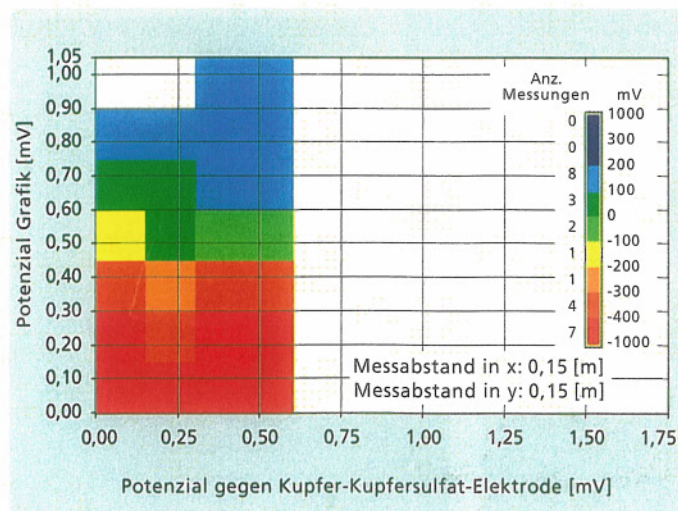


Bild 18: Potenzialverteilung in der Stütze

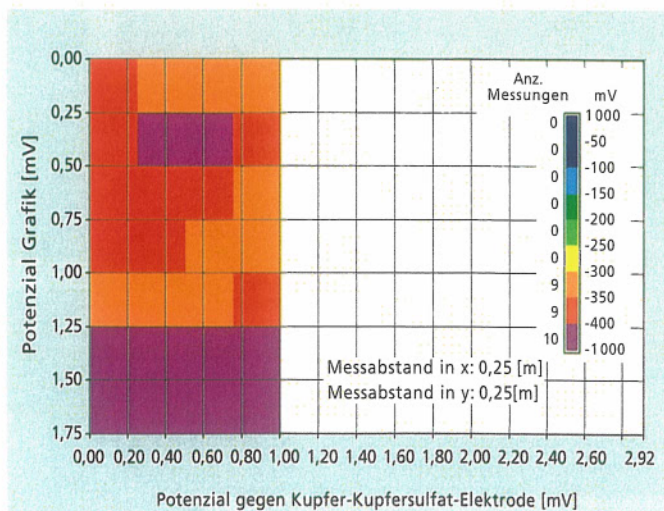


Bild 19: Potenzialverteilung auf einer angehösteten Wandoberfläche

Instandsetzung

Tafel 4: Anzuwendende Verfahren und Anwendungsgrenzen

Verfahren	Zweck der Prüfung	Anwendungshinweise und -grenzen
Rückprallhammer	Indirektes Verfahren zur Abschätzung der Betonfestigkeit	Ermittelte Festigkeiten sind üblicherweise geringer als die der Bohrkernuntersuchung (liegen auf der sicheren Seite).
		In Einzelfällen (z.B. bei starker Carbonatisierung des Betons oder bei Vorhandensein von Gefügestörungen im Beton) können die Rückprallwerte zu hohe Betonfestigkeiten vortäuschen.
		Die Erstellung einer Bezugsgerade B steigert die Aussagekraft der Ergebnisse signifikant.
Bohrkerndruckfestigkeit	Referenzverfahren zur Bestimmung der Betondruckfestigkeit	Abweichungen von den Sollabmaßen und der normativen Vorlagerung der Bohrkernkerne können ebenso wie der Stahlgehalt und die Lage des Bewehrungsstahls im Bohrkern einen erheblichen Einfluss auf die ermittelten Druckfestigkeiten haben.
Verwendung von Bewehrungssuchgeräten	Indirektes Verfahren zur Lokalisierung der Bewehrungsabstände bzw. des Stabdurchmessers	Eine Bauteilöffnung zur Ermittlung der Stabart, des Stabdurchmessers und des Korrosionsgrads der Bewehrung ist an mehreren Stellen der Bauteile vorzusehen. Eine gleichzeitige, zerstörungsfreie Messung von Betondeckung und Stabdurchmesser ist i.d. R. nicht sachgerecht möglich.
		Die Geräte sind i.d.R. nicht geeignet, um Doppelstäbe oder hintereinander liegende Stäbe sachgerecht zu differenzieren (Vorsicht bei der Auswertung von Decken mit wechselndem Stabdurchmesser).
	Indirektes Verfahren zur Ermittlung der Betondeckung	Eine Bauteilöffnung zur Ermittlung des Stabdurchmessers ist auch bei der Bestimmung der Betondeckung zwingend erforderlich. Ansonsten muss der angabengemäß vorliegende Stabdurchmesser aus den Plänen entnommen werden.
		Die Geräte sind i.d.R. nicht geeignet, um Doppelstäbe oder hintereinander liegende Stäbe sachgerecht zu differenzieren. In diesem Falle wird eine zu geringe Betondeckung ermittelt.
Durch Carbonatisierung induziertes Korrosionspotenzial	Bewertung der Carbonatisierungstiefe in Abhängigkeit von der Betondeckung (siehe oben)	Die Messung der Betondeckung ist für eine Vielzahl von Stellen mit sehr geringem Zeitaufwand möglich, die sachgerechte Auswertung der Ergebnisse erfordert jedoch einigen Zeitaufwand.
		Die Betondeckung ist i.d.R. als Quantil- und nicht als Mittelwert anzugeben.
		Bohrstaub und Bohrschlamm sind vor der Prüfung von den Bruchflächen zu entfernen.
Durch Chlorid induziertes Korrosionspotenzial	Entnahme von Proben zur Bestimmung der tiefenabhängigen Chloridgehalte	Es ist eine ausreichende Anzahl an Messwerten zu ermitteln, sodass eine statistische Aussage zur Carbonatisierungstiefe möglich wird. Bei der Bewertung einzelner Messwerte liegt gerade unter Berücksichtigung der großen Streubreiten der Carbonatisierungstiefen nur eine sehr geringe statistische Sicherheit vor.
		Aus den statistisch ausgewerteten Carbonatisierungstiefen und der Betondeckung kann die Wahrscheinlichkeit berechnet werden, mit der der Stahl im carbonatisierten Beton liegt.
		Bestimmung der Chloridgehalte am Bohrmehl Hierbei handelt es sich um das kostengünstigere Verfahren, mit etwas reduzierter Aussagekraft. Um Inhomogenitäten auszugleichen, sollten die Analysenproben aus mindestens drei Bohrmehlproben einer Entnahmetiefe bestehen. Die Analysenproben sind vor der chemischen Untersuchung analysenfein zu mahlen.
		Bestimmung der Chloridgehalte an Schichten aus Bohrkernen Hierbei handelt es sich um das teurere und genauere Verfahren, welches das Bauteil aber stärker zerstört. Dieses Verfahren bietet sich in jedem Falle an, wenn ohnehin zerstörende Bohrkernentnahmen (z.B. zur Bestimmung der Betondruckfestigkeit) erforderlich sind. Da eine nasse Entnahme der Bohrkernkerne häufig nicht zu vermeiden ist, sind die Proben für die Chloridgehaltsbestimmung aus den innen liegenden Bereichen der Bohrkernkerne zu entnehmen.
	Bewertung der tiefenabhängigen Chloridgehalte in Abhängigkeit von der Betondeckung (siehe oben)	Ionenchromatografische Bestimmung der wasserlöslichen Chloridgehalte Bei der Anwendung dieses Verfahrens ist zu beachten, dass es sich bei den Richtwerten für die zulässigen Chloridgehalte um langjährige Erfahrungswerte handelt, die auf Basis der Gesamtchloridgehalte und nicht der wasserlöslichen Chloridgehalte festgelegt wurden.
Zulässige Chloridgehalte Die auf den Beton bezogenen Richtwerte der DAfStb-Richtlinie gehen von sehr geringen Zementgehalten aus und liegen demnach i.d.R. sehr auf der sicheren Seite. Für eine Bewertung der zementbezogenen Chloridgehalte ist die Kenntnis des Zementgehalts des Betons erforderlich. Dieser kann durch einen Fachmann entweder grob abgeschätzt, oder besser konkret ermittelt werden.		
Potentialfeldmessung	Indirektes Prüfverfahren zur Eingrenzung der Bereiche, die instandzusetzen sind	Aus den ermittelten Chloridprofilen und der statistisch ausgewerteten Betondeckung können Aussagen zur Wahrscheinlichkeit abgeleitet werden, mit welcher der Stahl im chloridbelasteten Beton liegt.
		Die in der Literatur genannten Absolutspannungen stellen alleine kein ausreichendes Beurteilungskriterium zur Bewertung vorliegender Korrosionsströme dar.
		Das Benässen der Bauteiloberfläche kann dazu führen, dass Korrosionsströme fließen, die unter üblichen klimatischen Bedingungen an den Bauteilen nicht vorliegen. Aus diesem Grunde sollten ergänzend zusätzlich Potentialfeldmessungen unter den baupraktischen Bedingungen durchgeführt werden.

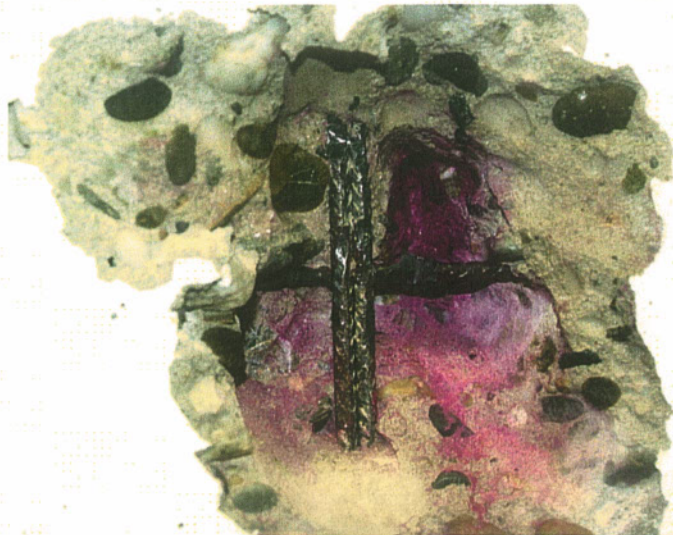


Bild 20: Bewehrungsstahl der Messstelle aus Bild 19

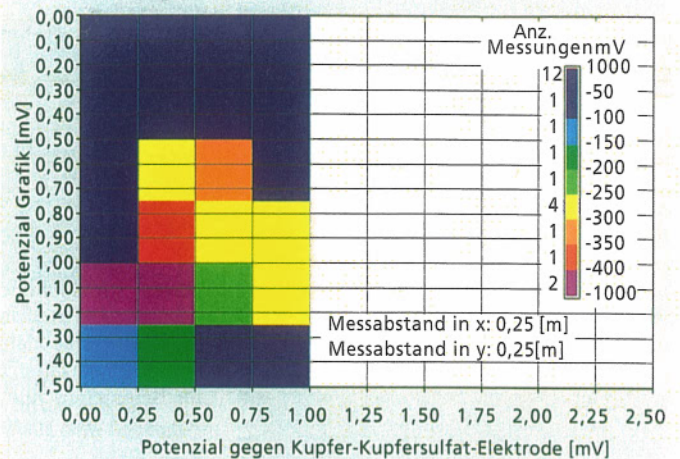


Bild 21: Potenzialverteilung auf einer nicht angegriffenen Wandoberfläche

stellt. Die roten und pinkfarbenen Stellen zeigen hierbei einen Wandbereich, in dem der Bewehrungsstahl auch unter baupraktischen Bedingungen rostete (die Abdichtung der Außenwand wies punktuell eine Schwachstelle auf). Bei den anderen, in Bild 19 rot bzw. pink dargestellten Bereichen der Wand lag der Stahl zwar im carbonatisierten Beton, hier fehlte jedoch die Feuchtigkeit für eine signifikante Stahlkorrosion.

Zusammenfassend ist festzustellen, dass die Potenzialfeldmessung eine sehr gute Methode ist, um Bereiche, die instandzusetzen sind, von denen, für die keine Instandsetzung erforderlich ist, zu unterscheiden. Entsprechende Untersuchungen können besonders bei großen instandzusetzenden Flächen wie z.B. bei Parkhäusern zu einer massiven Kostenreduzierung in der Ausführung führen, da stark geschädigte Bereiche sehr gut von ungeschädigten Bereichen unterschieden werden können. Wie bei vielen anderen technischen Verfahren spielt die sachgerechte Bewertung der Ergebnisse aber auch hier eine entscheidende Rolle. Ein einfaches Vergleichen mit Potenzialen aus der Literatur ist hinsichtlich der Bewertung der Ergebnisse in keinem Fall sachgerecht.

3.3 Beurteilung der Abreißfestigkeit des Betons

Der erste Schritt im Rahmen der Instandsetzung von Stahlbetonbauteilen ist der Abtrag der geschädigten bzw. minderwertigen Bereiche der Stahlbetonoberfläche. Anschließend sind Ersatzschichten (zementgebundene oder kunststoffmodifizierte Systeme) aufzutragen. Vor dem Auftrag dieser Stoffe ist die Abreißfestigkeit der Betonoberfläche nachzuweisen. Üblicherweise ist dies der Zeitpunkt, an dem der Bauherr Spezialisten einschaltet, um zu klären, warum die erwarteten Abreißfestigkeiten nicht erreicht werden. Dies kann zum Beispiel an der nicht sachgerechten Untergrundbearbeitung der ausführenden Firma liegen. Nicht selten wird zu diesem Zeitpunkt aber auch festgestellt, dass die vorhandene Betonqualität nicht aus-

reichend ist, um entsprechende Werte zu erreichen. In diesem Falle ist guter Rat teuer, da die Produzenten der Instandsetzungsstoffe hier die Gewährleistung ablehnen. Die Betonoberfläche kann aber nicht in dem vorbereiteten Zustand belassen werden. In der Konsequenz müssen nun ohne Zeitverzögerung kostspielige Alternativen gesucht werden, die neben der Kostensteigerung erhebliche Verlängerungen der Instandsetzungszeit nach sich ziehen können.

Um im Vorfeld einer Instandsetzung beurteilen zu können, ob der Beton zur Applikation eines Instandsetzungssystems bzw. einer Beschichtung geeignet ist, sollte die Abreißfestigkeit des Betons in der Tiefe bestimmt werden, bis zu welcher der Beton im Rahmen der Instandsetzung abzutragen ist. Zu diesem Zweck kann die sog. potenzielle Abreißfestigkeit des Betons in der geplanten Abtragtiefe im Rahmen der vorgelagerten Laboruntersuchungen bestimmt werden.

Werden die Anforderungswerte im Rahmen dieser Laboruntersuchung nicht erreicht, so kann der Beton nur unter besonderen Bedingungen instandgesetzt werden, die im Vorfeld der Instandsetzung sachgerecht geplant und ausgeschrieben werden können und müssen.

Bei der Festlegung der Anforderungswerte für die Abreißfestigkeit ist zu beachten, dass der Beton nicht, wie weitläufig angenommen, bei allen Varianten eine Abreißfestigkeit von im Mittel 1,5 N/mm² aufweisen muss. Vielmehr liegen die erforderlichen mittleren Abreißfestigkeiten in Abhängigkeit von dem zu applizierenden Instandsetzungssystem zwischen 0,8 N/mm² und 1,5 N/mm². Zu den Besonderheiten bei der Durchführung der Abreißprüfung am Objekt wird in [8] ausführlich eingegangen.

4 Zusammenfassung

Aufgrund der deutlich gestiegenen wirtschaftlichen Bedeutung des „Bauens im Bestand“ kommt der Instandsetzung entspre-

chender Bauteile aus Stahlbeton auch eine immer größere Bedeutung zu. Bereits ca. 50000 € sollten ausreichen, um die wesentliche Geräteausrüstung für eine Bestandsuntersuchung anzuschaffen. Leider wird dabei häufig vergessen, dass auch gut ausgebildetes Personal zur Verfügung stehen muss, das in der Lage ist, einen sachgerechten Prüfplan festzulegen, die entsprechenden Prüfungen durchzuführen und die Ergebnisse fachgerecht zu bewerten.

Im Rahmen der zu erbringenden Leistungen ist auch zu berücksichtigen, welche Anwendungsgrenzen die eingesetzten Verfahren aufweisen und unter welchen Rahmenbedingungen die Verfahren nicht mehr anwendbar sind. Leider entsteht der Eindruck, dass die Nutzer der entsprechenden Prüfverfahren (ebenso wie die Vermarkter der Prüfgeräte) oftmals selbst nicht mehr bewerten können, wo die einzusetzenden Verfahren ihre Anwendungsgrenzen haben. Leider stimmen hier Anspruch (der Geräteanbieter) und Wirklichkeit nicht selten nur wenig überein. In Tafel 4 sind die anzuwendenden Verfahren und deren Anwendungsgrenzen zusammengefasst.

Literatur

- [1] DAfStb-Richtlinie „Schutz- und Instandsetzung von Betonbauteilen“ (Fassung Oktober 2001)
- [2] ZTV-ING-StB „Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Ingenieurbauten“
- [3] DIN EN 13791 „Bewertung der Druckfestigkeit von Beton in Bauwerken oder in Bauwerksteilen“ (Fassung Mai 2008)
- [4] DIN EN 206-1 „Beton – Festlegung, Eigenschaften, Herstellung und Konformität“ (Fassung Juli 2001) in Verbindung mit den Teilen A1 (Fassung Oktober 2004) und A2 (Fassung September 2005)
- [5] DIN 1045-2 „Tragwerke aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton – Festlegung, Eigenschaften, Herstellung und Konformität – Anwendungsregeln zu DIN EN 206-1 (Fassung August 2008)
- [6] DBV-Merkblatt „Betondeckung und Bewehrung“ (Fassung Juli 2002)
- [7] DIN 1045-1 „Tragwerke aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton – Bemessung und Konstruktion“ (Fassung August 2008)
- [8] Mann, O.: Prüfung der Oberflächenzugfestigkeit von Beton. beton 61 (2011) H.1, S. 14–18