

Bestimmung der korrosionsauslösenden Chloridgehalte zur Bewertung der chloridinduzierten Stahlkorrosion von Stahlbetonbauteilen

In diesem Artikel wird nachfolgend auf die Methoden zur Bewertung des chloridinduzierten Korrosionspotenzials sowie auf die Optimierung der Untersuchungsmethodik eingegangen.

Die Stahlbewehrung ist im alkalischen Zementsteinmilieu des Betons gegen Korrosion geschützt. Der Grund hierfür besteht darin, dass sich bei pH-Werten > 10 eine für Sauerstoff und Wasser nahezu undurchlässige Passivierungsschicht auf der Oberfläche des Bewehrungsstahls ausbildet. Die Passivierung der Bewehrung kann durch veränderte Bedingungen im Umfeld der Bewehrung z. B. durch die Veränderung des pH-Werts aufgrund der Carbonatisierung des Betons oder durch die Einwirkung von Chloriden (z. B. in

Form von Tausalzen) aufgehoben werden. Treten dann Wasser und Sauerstoff hinzu, »rostet« der Bewehrungsstahl, wobei es in der Folge zu einer Volumenvergrößerung und damit zur Bildung von Betonabplatzungen oberhalb des Bewehrungsstahls kommt (Abb. 1).

1 Chloridinduzierte Stahlkorrosion

Während es sich bei der carbonatisierungsinduzierten Stahlkorrosion um ein flächig auftretendes Phänomen handelt, läuft die chloridinduzierte Stahlkorrosion, wie Abb. 2 und Abb. 3 zeigen, häufig in lokal begrenzten Bereichen ab (sog. Lochfraßkorrosion).

Die chloridinduzierte Stahlkorrosion verläuft nur dann in relevanter Geschwindigkeit, wenn der kritische korrosionsauslösende Chloridgehalt auf Höhe des Bewehrungsstahls überschritten wird und die weiteren Voraussetzungen für die Stahlkorrosion (z. B. Zutritt von Feuchtigkeit und Sauerstoff) gegeben sind.

Zur Bestimmung der Gehalte der in den Beton eingedrungenen Chloride sind Proben (Bohrmehl oder Bohrkernscheiben) in

unterschiedlichen Tiefen von der Betonoberfläche aus zu entnehmen. Dabei ist von entscheidender Bedeutung, dass Analysenproben zu entnehmen sind, die »repräsentativ für das zu beurteilende Bauteil« sind. Weiterhin sind die Anwendungsgrenzen der jeweiligen Probenahmeverfahren (Anzahl der Teilproben zur Herstellung einer Mischprobe, Aufmahlen der Proben, Entnahmetiefen) im Rahmen der Probenahme zu beachten [13] und [14].

1.1 Wasserlösliche Chloridgehalte

Neben den unterschiedlichen Probenahmeverfahren haben auch die zur Anwendung kommenden Analyseverfahren einen wesentlichen Einfluss auf die Genauigkeit der Untersuchungsergebnisse. Nor-



Abb. 1 a+b: Korrosion des Bewehrungsstahls



Abb. 2: Erscheinungsbild der Lochfraßkorrosion



Abb. 3 a+b: Erscheinungsbild der Lochfraßkorrosion

mativ ist nur die Anwendung des Verfahrens nach Volhard oder die potentiometrische Titration für die Bestimmung der Chloridgehalte im Beton zulässig, bei denen der Beton mittels Salpetersäure vollständig aufgeschlossen wird.

Im Gegensatz zu dem oben erwähnten Verfahren kommen in der Praxis nicht selten Schnellprüfverfahren (Nachweis mittels UV oder Ionenchromatographie) zur Anwendung, bei denen nicht die Gesamtchloridgehalte sondern nur die wasserlöslichen Chloridgehalte bestimmt werden. Diese Verfahren werden aufgrund der geringeren Prüfkosten und der deutlich größeren Prüfgeschwindigkeit häufig in Verbindung mit dem Verfahren der Bohrmehlentnahme (siehe Abb. 4) bei Objekten wie Parkhäusern oder Tunnelbauwerken eingesetzt.

Leider liegen bei den ausschreibenden Stellen im Regelfall keine ausreichenden Kenntnisse über die mit der Anwendung dieser Schnellprüfverfahren in Verbindung stehenden Einschränkungen bei der Bewertbarkeit der Ergebnisse der ermittelten Chloridgehalte vor. Dies wird be-

sonders beim Studium von Ausschreibungstexten deutlich, in denen die Verfahren zur Vorbereitung der Proben i.d.R. nicht genau beschrieben werden. Gerade bei der Bestimmung der wasserlöslichen Chloridgehalte wirken sich die verwendeten Verfahren der Probenvorbereitung (Aufmahlen, Wassermenge und Kontaktzeit mit dem Wasser) aber erheblich auf das ermittelte Prüfergebnis aus.

Ohne konkrete Festlegung der Probenvorbereitungsverfahren werden sich gewinnorientierte Prüfstellen mit hoher Wahrscheinlichkeit für das einfachste und schnellste Vorbereitungsverfahren entscheiden. Bei diesem werden die Bohrmehlproben ohne weiteres Aufmahlen in einer Spritze mit dem Analysenwasser in Kontakt gebracht und die resultierende Prüflösung nach kurzer Kontaktzeit (häufig unter einer Minute) zur Messung verwendet. Auch ist das Verhältnis von der Prüfgut- zur Wassermenge bei diesem Verfahren nicht definiert. Die Rückfindungsrate der Chloride ist hierbei zum einen gering und schwankt zum anderen stark, sodass die tatsächlich vorliegenden Chloridgehalte bei diesem Verfahren auf Basis der ermittelten Untersuchungsergebnisse i.d.R. deutlich unterschätzt werden (siehe Abschnitt 1.3).

Etwas bessere Ergebnisse werden erzielt, wenn das Bohrmehl vor der Untersuchung aufgemahlen wird, da der wasserlösliche Anteil in diesem Fall ansteigt. Allerdings sind die Wiederfindungsraten auch bei diesem Verfahren deutlich geringer, als bei dem sauren Aufschluss (siehe Abschnitt 1.3).

Die besten (genauesten) Ergebnisse werden mit den Schnellprüfverfahren vorgefunden, wenn das Bohrmehl aufgemahlen wird und die Analysenprobe mindestens 24 Stunden im Verhältnis 1:10 mit Wasser geschüttelt wird. Allerdings werden auch bei diesem Verfahren noch geringere Chloridgehalte als an dem säurelöslichen Aufschluss vorgefunden (siehe Abschnitt 1.3).

Ein Planer, der kein konkretes Verfahren zur Probenvorbereitung im LV-Text definiert (Aufmahlen der Probe, Verhältnis zwischen Prüfgut- und Wassermenge sowie Kontaktzeit mit dem Wasser), muss demnach damit rechnen, dass die Prüfstelle das einfachste und kostengünstigste, aber auch das ungenaueste Verfahren bestellungskonform anwendet. Was dies für die Bewertung der Ergebnisse konkret bedeutet, soll nachfolgend diskutiert werden.

1.2 Bewertung der ermittelten Chloridgehalte

Bei den in den einschlägigen Technischen Regelwerken genannten Richtwerten, wie z.B. der Instandsetzungsrichtlinie, handelt es sich um langjährige Erfahrungswerte, die auf Basis der säurelöslichen (und nicht der wasserlöslichen) Chloridgehalte festgelegt wurden.

Anmerkung:

Zur konkreten Beurteilung der kritischen, korrosionsauslösenden Chloridgehalte müsste das Wasser aus den Kapillarporen der Proben ausgepresst und der Chloridgehalt der Kapillarporenflüssigkeit ermittelt werden. Hierbei handelt es sich aus Kostengründen aber nicht um ein anwendbares Verfahren.

Aufgrund des hohen Aufwands des o.g. Verfahrens wurden die Richtwerte für die Bewertung der Chloridgehalte auf Basis langjähriger Erfahrungen mit den säurelöslichen Chloridgehalten festgelegt [9]. Danach dürfen im Beton salpetersäurelösliche Chloridgehalte in einer Größenordnung von 0,03 M.-% bezogen auf den Beton enthalten sein.

Anmerkung:

Auch bei diesem Richtwert handelt es sich nur um einen groben Orientierungswert. Bei der sachgerechten Bewertung müssten die ermittelten Chloridgehalte auf die C_3A -Anteile des Zementsteins bezogen werden.

Da die Instandsetzungsrichtlinie bei dem o.g. Richtwert von einem sehr geringen Zementgehalt ausgeht, liegt diese Bewertung auf der sicheren Seite. Zur genaueren Bewertung der Chloridgehalte von Bauwerksproben ist in der Instandsetzungsrichtlinie zusätzlich ein zementbezogener Richtwert von 0,5 M.-% genannt.

1.3 Wiederfindungsrate wasserlöslicher Chloridgehalte

Wie in Abschnitt 1.1 ausgeführt wurde, liegt die Wiederfindungsrate der Chloride bei der Prüfung der wasserlöslichen Anteile im Regelfall deutlich unterhalb der Wiederfindungsrate für die säurelöslichen Anteile. Demnach lassen sich so ermittelte wasserlösliche Chloridgehalte nicht ohne Weiteres mit den Richtwerten vergleichen, die in den einschlägigen Technischen Regelwerken, wie z.B. der Instandsetzungsrichtlinie benannt sind.

Einheitliche Faktoren zur Umrechnung von wasserlöslichen in säurelösliche Chloridgehalte sind nicht bekannt, sodass eine sachgerechte Bewertung von wasserlöslichen Chloridgehalten demnach nur sehr eingeschränkt möglich ist.

Um einheitliche Umrechnungsfaktoren zwischen wasser- und säurelöslichen Chloridgehalten zu ermitteln, erfolgten in der



Abb. 4 a+b: Bohrmehlentnahme

Lydia Hahmann, Rüdiger Knäuper

Stellungnahme aus Sicht eines mittleren Bausachverständigenbüros

Anmerkung zu OLG Düsseldorf, Beschluss vom 29.11.2018, Az. I-10 W 160/18 (JurBüro 2019, 36-37)

Gegenstand des Streitfalls

Das OLG Düsseldorf (*Beschluss vom 29.11.2018, Az. I-10 W 160/18, JurBüro 2019, 36-37*) hat in einer Auseinandersetzung zwischen dem Bezirksrevisor am LG Düsseldorf und einem Sachverständigen entschieden, den Vorschuss des Sachverständigen auf 0 € festzusetzen, da dieser – mit Genehmigung des Landgerichts Düsseldorf – in einem Gerichtsgutachtauftrag einen weiteren Sachverständigen für Untersuchungen/Messungen, die er selbst technisch nicht leisten konnte, hinzugezogen hatte.

Begründet wird das Urteil damit, dass der vom Gericht beauftragte Sachverständige für die Ergebnisse des hinzugezogenen Sachverständigen keine Verantwortung übernehmen kann, dieser somit nicht als Hilfskraft gewertet werden kann und das Gutachten, stützt es sich auf die Ergebnisse des hinzugezogenen Sachverständigen, möglicherweise fehlerhaft und nicht verwertbar sei. Zudem sei den Parteien im Vorfeld nicht die Möglichkeit gegeben worden, den hinzugezogenen Sachverständigen z. B. aus Gründen der Befähigung abzulehnen.

Zusammenarbeit mit anderen Fachleuten

Wir sind ein Sachverständigenbüro mit zwei öffentlich bestellten Sachverständigen verschiedener Sachgebiete, weiteren angestellten und freiberuflich tätigen Sachverständigen, alle Ingenieure und Architekten, sowie Backoffice-Mitarbeitern. Unseren Umsatz decken wir etwa hälftig aus Privatgutachten und Gerichtsgutachten. Regelmäßig arbeiten wir in Gerichtsgutachtaufträgen wie folgt mit anderen Fachleuten zusammen:

Gerichtlich hinzuzuziehende Sachverständige anderer Sachgebiete

Deuten einzelne Beweisfragen eines gerichtlichen Beweisbeschlusses bereits darauf hin, dass diese ein Sachgebiet betreffen, welches wir nicht abdecken können, geben wir diese Fragen direkt an das Gericht zurück, verbunden mit der Bitte, einen anderen Sachverständigen für diese Spezialgebiete zu beauftragen.

Hinzuziehung von angestellten Hilfskräften

Unsere angestellten Sachverständigen arbeiten Privatgutachten in vielen Fällen persönlich ab. Mehrfach wurden sie auch ohne eigene öffentliche Bestellung schon von Gerichten persönlich beauftragt. Ansonsten arbeiten unsere Ingenieure und Architekten in Gerichtsgutachten – soweit sinnvoll – als qualifizierte

»Hilfskräfte« mit. Sie werden im Gutachten namentlich benannt. Sie arbeiten dann auf Anweisung des gerichtlich bestellten Sachverständigen, bei Recherchen oder bei der Vorbereitung von Öffnungsarbeiten, z. B. bei der Suche nach geeigneten Handwerkern. Der Umfang ihrer Zuarbeit wird im Gutachten – soweit notwendig – erläutert. Örtliche Feststellungen und Bewertungen verantwortet der gerichtlich bestellte Sachverständige. Backoffice-Mitarbeiter erfüllen untergeordnete Tätigkeiten wie z. B. Terminieren und Koordinieren der Ortsterminladungen, Abschrift der Beweisfragen in die Gutachtendateivorlage, abschließende Rechtschreibprüfung, Konfektionierung und Versand, Rechnungsstellung und deren Nachverfolgung, Materialeinkauf, Aktenarchivierung usw. und werden nicht namentlich im Gutachten benannt.

Ziehen wir qualifizierte Hilfskräfte aus dem eigenen Büro hinzu, können gerichtliche Gutachtaufträge zügig und für das Gericht bzw. die Parteien auch kostengünstig zum Abschluss gebracht werden, ohne dass dadurch die Verpflichtung zur persönlichen Gutachtenerstattung berührt ist. Honoriert wird dies im JVEG jedoch in keiner Weise. Vielmehr erlauben die Gesetzeslücken im JVEG es derzeit beispielsweise dem Landgericht Düsseldorf, die Kosten qualifizierter Hilfskräfte lediglich auf deutlich unter Selbstkostenniveau (Arbeitgeberbruttogehalt/252 d und 8 h/d) ggf. zzgl. 15 % Gemeinkostenzuschlag – manchmal wird auch dieser noch gestrichen – zu erstatten. Mitarbeiterausfälle durch Krankheiten oder Weiterbildungen, Zertifikatsauffrischungen etc. bleiben in dieser Erstattungspraxis vollkommen unberücksichtigt. Der Bezirksrevisor des LG Düsseldorf unterstellt, dass die Hilfskräfte acht Stunden am Tag ohne Unterbrechung effektiv arbeiten können, nie krank werden usw. Hier bleibt nicht einmal Zeit für einen Toilettengang. Zur Begründung wird dabei meist der wenig hilfreiche Kommentar »Meyer/Höver/Bach« herangezogen.

Jeder Sachverständige, der schon einmal ein kritisches Controlling durchgeführt hat, weiß, dass der Gemeinkostenzuschlag von 15 % völlig unzureichend ist. Er liegt je nach Bürostruktur eher bei 25–35 %.

Auch die Backoffice-Mitarbeiter können schon mal bei größeren Beweisbeschlüssen mit 100 oder mehr Fragen bis zu acht Stunden mit dem Empfang der Akten, dem Anlegen der Büroakte und den vorbereitenden Schreibebeiten beschäftigt sein. Auch das wird abgetan mit dem Hinweis auf die Schreibpauschale. Ein Witz. Schon gar nicht kann unseres Erachtens diese Tätigkeit mit dem ohnehin unzureichenden Stundensatz von

z. B. 85 € netto des Sachverständigen (Sachgebiet »Schäden an Gebäuden) abgegolten sein.

Fazit 1

Die Hinzuziehung von Hilfskräften wird so für einen Arbeitgeber im gerichtlichen Gutachtauftrag zum erheblichen Zuschussgeschäft. Der gerichtlich bestellte Sachverständige macht deshalb besser alles allein, vom Postempfang über Schreibearbeiten bis hin zum Verpacken der Gerichtsakte nach Fertigstellung des Gutachtens und anschließendem Postgang. Für die Gerichte und die Parteien wird das teurer. Die Gutachtenerstattung zieht sich in die Länge. Wertvolle Zeit, die der qualifizierte Sachverständige eigentlich für Gutachteninhalte aufwenden könnte, wird hierbei vergeudet. Ein solches Unverständnis der Kommentatoren/der Revisoren steht konträr zur heutigen arbeitsteiligen Welt. Es empfiehlt sich hier mit Neufassung des JVEG radikale Abhilfe zu schaffen, um tatsächlich die gesetzgeberseits gewünschte zügige und vor allem zeitgemäße Gutachtenerstattung zu ermöglichen.

Die Zeiten, wo der Handwerksmeister nach einem erfolgreichen Arbeitsleben ehrenamtlich Gutachten erstattete, sind schon seit Jahrzehnten vorbei.

Hinzuziehung von fremden Hilfskräften

Hinzuziehung von fremden Hilfskräften z. B. in Form von Handwerkern für Öffnungen vermeiden wir nach Möglichkeit. Öffnungen sollen die klagenden/antragstellenden Parteien oder die Gerichte in Abstimmung mit den Eigentümern organisieren. Die Haftungsfragen sind im Vorfeld zu klären. Der gerichtlich bestellte Sachverständige kann weder für handwerkliche Fehler haften, die ggf. nach dem gerichtlichen Ortstermin beim Wiederverschließen entstehen, noch kann er ggf. erforderliche Bauüberwachungsleistungen erbringen. Hierfür müsste er ansonsten immer alle Parteien hinzuladen. Gerichte und Parteien bedenken bei einer solchen Forderung überhaupt nicht, welcher logistische Aufwand damit unter Umständen verbunden sein kann.

Teamgutachten

Wir arbeiteten zudem bereits mehrfach in Teamgutachten/Gemeinschaftsgutachten. Einzelne Gerichte ermöglichen/wünschen dies sogar ausdrücklich. Mit der Erstattung der Vergütung gab es bislang keine Probleme. Die Sachverständigen wurden ggf. auch gemeinsam zur Erläuterung geladen.

Hinzuziehung von Laboren/Messinstituten/(Unter-)Sachverständigen

Labore/Messinstitute haben wir bislang nicht als »Hilfskräfte«, wie im Artikel Dr. Bleutges im Heft »Der Bausachverständige«, 2/2016, aufgezeigt, hinzuzuziehen gewagt.

Für uns stellen Labore, Prüfinstitute oder Sachverständige mit speziellem Messgerät, Messtechnik und Know-how (Unter-)Sachverständige dar, die Prüf- bzw. Messergebnisse liefern. Dies betrifft in unseren Sachbereichen beispielsweise Untersuchungen wie Röntgen- und Ultraschalluntersuchungen, Blower-Door-Messungen, Festigkeitsprüfungen oder chemische und biologische Analysen.

Auf Grundlage dieser Mess-/Prüfergebnisse nehmen wir unsere Bewertungen vor und beantworten die über die reinen Messergebnisse hinausgehenden Beweisfragen des Gerichts. Das Labor oder Messinstitut muss – selbstverständlich – in vollem

Umfang für seine Messergebnisse haften. Dafür werden die Untersachverständigen schließlich beauftragt. Wir übernehmen ausschließlich Verantwortung für unsere Bewertung.

Dieses Prozedere gleicht dem jedem bekannten Vorgehen eines Allgemeinmediziners. Der Allgemeinmediziner lässt Blut u. Ä. in Laboren untersuchen und stellt auf Grundlage dessen seine Diagnose und verordnet eine Therapie. Wir haben noch nicht gehört, dass ein Gericht das Labor mit einer Blutuntersuchung beauftragt, diese dann anfordert und an den sachverständigen Mediziner weiterleitet.

Müssen Voruntersuchungen/Messungen/Prüfungen erbracht werden, bitten wir das Gericht im Vorfeld um Zustimmung und beantragen für die zusätzlichen Untersuchungen auf Grundlage eines eingeholten Angebots entsprechenden Kostenvorschuss.

Bislang gingen wir davon aus, dass – bei Zustimmung des Gerichts – Einwände der Parteien hinsichtlich Befangenheit o. Ä. geklärt wurden. Zumindest bestand mit Einholen einer gerichtlichen Genehmigung zur Hinzuziehung von (Unter-)Sachverständigen hierzu die Möglichkeit seitens des Gerichts.

Optimalerweise rechnet das hinzugezogene Labor/der Messsachverständige direkt nach seinen üblichen Vergütungssätzen mit dem Gericht ab. Das Gericht würde dadurch für das Labor oder Prüfinstitut zum Auftraggeber. Detailabsprachen zum Untersuchungsumfang/-aufwand und Organisatorisches zur Probenentnahme, deren Verpackung und Versand bleiben in den Händen des gerichtlich bestellten Sachverständigen. Ggf. entnimmt dieser selbst die Proben oder beaufsichtigt, wenn sinnvoll, die Probenentnahmen, er legt Beprobungsorte fest und stimmt die Untersuchungstiefe und ggf. die einzusetzenden Messverfahren ab. In der Praxis sieht das aber völlig anders aus.

In der Regel werden wir auch von Seiten des Gerichts zur Prüfung der Abrechnung des hinzugezogenen (Unter-)Sachverständigen aufgefordert. In kleineren Aufgabenumfängen (z. B. einfachen Analysen von Schimmelpilz-Klebefilmproben) fanden Laborrechnungen kleineren Umfangs auch schon als Fremdkosten in der JVEG-Abrechnung Eingang.

Diese Art der Hinzuziehung von Laboren, Spezialwissenschaften (Biologen, Chemikern) und Prüfinstituten wird seit langem so in unserem Büro praktiziert, ohne dass dies bislang zu Kürzungen oder Vergütungsverlusten im gerichtlichen Gutachtauftrag geführt hat. Der einführend benannte Düsseldorf OLG-Beschluss verunsichert jedoch diesbezüglich nun.

Mit dem OLG-Urteil wären selbst kleine Schimmelpilzprobenuntersuchungen für 80 € zukünftig direkt vom Gericht zu beauftragen. Diese könnte dann die Parteien um Zustimmung befragen und den Kostenvorschuss um beispielsweise 80 € erhöhen und bei den Parteien anfordern. Der Zeitverlust wäre enorm.

Fazit 2

In unserer hochspezialisierten Arbeitswelt lässt es sich nicht vermeiden, dass ein Bausachverständiger für z. B. Schäden an Gebäuden zur Klärung komplexer technischer Fragen Fachleute aus Sondergebieten oder Spezialgeräte hinzuziehen muss, zumal auch die Anschaffung, Vorhaltung (Wartung/Kalibrierung) oder auch nur der einzelne Einsatz teurer Messgeräte im gerichtlichen Gutachtauftrag nach JVEG keinerlei Honorierung findet.

Folgt man den Kommentaren, so wäre dies alles bereits mit dem Stundensatz des Sachverständigen erfasst. Das ist in Anbetracht der derzeitigen Höhe des Sachverständigen-Stundensatzes nach JVEG absurd. Droht nun bei Hinzuziehung von Untersachverständigen die Unverwertbarkeit des Gerichtsgutach-