

Hinweise für die Praxis

Anwendungsgrenzen der Bestandsuntersuchungen vor einer sachgerechten Instandsetzungsplanung; Teil 1^{*)}

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 diesem Beitrag werden die anzuwendenden Verfahren und deren Anwendungsgrenzen beschrieben.

1 Einleitung

Während in der Vergangenheit der Neubau von Gebäuden das Herz der Bauindustrie darstellte, rückt die Instandsetzung von Bestandsgebäuden auch wirtschaftlich in den letzten Jahren immer mehr in den Fokus der Bauindustrie. Die deutlich gestiegene wirtschaftliche Bedeutung des „Bauens im Bestand“ führt dazu, dass sich auch immer mehr Ingenieurbüros und Prüfstellen mit der Bestandserfassung bestehender Gebäude und mit der Erstellung darauf basierender Instandsetzungsentwürfe beschäftigen. Die der

Bestandserfassung zugrunde liegenden Technischen Regelwerke (DAfStb-Richtlinie „Schutz- und Instandsetzung von Betonbauteilen“ [1] und die ZTV-ING [2]) geben gute Anhaltspunkte dafür, welche Untersuchungen im Rahmen der Bestandserfassung erforderlich sind. Bei tragenden Bauteilen sind diese Technischen Regeln auf Basis der bauaufsichtlichen Vorgaben zwingend anzuwenden, aber auch bei anderen Bauteilen können diese Technischen Regeln dem Bauherrn – sinnvoll angewendet – großen Nutzen bringen. Allerdings sollten sich

- sowohl der sachkundige Planer, der mit der Planung der Instandsetzung betraut ist,
- als auch die Prüfstelle bzw. das Ingenieurbüro, das die Bestandsuntersuchung durchführt,

der Grenzen der angewendeten Verfahren und Geräte bewusst sein. Nicht selten gehen Bauherrn oder Planungsbüros beispielsweise davon aus, dass ein Bewehrungssucher geeignet ist, um ein sachgerechtes Abbild der im Gebäude vorliegenden Bewehrung zu erstellen, unabhängig davon, ob wechselnde Stabdurchmesser in einer Decke vorliegen



Bild 1: Zeitweise auftretende, ungeplante Feuchtezutritte

^{*)} Teil 2 erscheint in **beton** 1+2/2013. Dort findet sich auch das Literaturverzeichnis.

Der Autor:

Dr. rer. nat. Karl-Uwe Voss studierte Chemie an der Westfälischen Wilhelms-Universität, Münster. Nach der Promotion war er beim ZEMLABOR 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 2: Rückpralluntersuchung an Bauwerksbeton (indirektes Prüfverfahren)

oder ob der Bewehrungsgehalt zum Beispiel an hoch bewehrten Stützen sehr groß ist. Auch bei der Bestandsuntersuchung gilt, dass die Messdaten des Geräts auch sachkundig ausgewertet werden müssen, wobei die Anwendungsgrenzen der Geräte zu berücksichtigen sind. In den folgenden Abschnitten sollen einige Hinweise zu den Anwendungsgrenzen der Prüfverfahren und zu den praktischen Problemen im Rahmen einer sachgerechten Bestandserfassung gegeben werden.

Zum anderen soll mittels dieses Beitrags auch die Sensibilität der Bauherrn dafür geschärft werden, dass Bestandsuntersuchungen nur zum Teil vollständig planbar sind. Im Zeitalter von „Geiz ist geil“ wird seitens vieler Bauherrn verständlicherweise erwartet, dass die Anbieter vor Beginn der Bestandsuntersuchung ein belastbares Angebot für die Durchführung von Bestandsuntersuchungen erstellen, ohne dass diese die erforderlichen Informationen über die konkrete Exposition der Bauteile und besondere Bedingungen am Objekt kennen. Plant der Anbieter den Aufwand

- für eine sachgerechte Objektbegutachtung ggf. auch zu unterschiedlichen Zeitpunkten,

- für eine sachgerechte Auswertung der Untersuchungsergebnisse sowie
- für eine Eingrenzung der geschädigten Bereiche

im Vorfeld ein, so wird er den Auftrag aufgrund eines „zu hohen Preises“ häufig nicht erhalten. Gerade aufgrund der theoretischen „Vergleichbarkeit“ der Angebote auf Basis von Leistungsverzeichnissen gehen Anbieter, die hierfür den Aufwand einplanen, nicht selten leer aus. Dabei werden häufig Äpfel mit Birnen verglichen, da die angebotenen Leistungen – trotz oder gerade wegen der Texte im Leistungsverzeichnis – nicht vergleichbar sind. Im Ergebnis werden sachgerechte Anbieter somit dazu gezwungen, diese Leistungen nicht mehr in den „normalen“ Angeboten zu berücksichtigen, womit die Gefahr besteht, dass auch im Bereich der Bestandsuntersuchungen ein immer intensiveres Nachtragswesen vorangetrieben wird.

2 Allgemeine Voruntersuchungen

Die Verwendung modernster Technik ist in der heutigen Zeit auch im Baubereich zu einem Markenzeichen qualitativ hochwertiger Anbieter geworden. Hierbei wird ab und zu vergessen, dass die einfachsten Methoden zum Teil Aussagen ermöglichen, die mit vertretbarem Aufwand mit der modernsten Technik nicht möglich sind. So ermöglicht bereits eine qualifizierte Beobachtung des Gebäudes bzw. der instanzzusetzenden Bauteile nicht selten eine Eingrenzung z. B. von Bereichen, in denen regelmäßig ungeplante Durchfeuchtungen auftreten oder besondere Expositionen oder besondere Beanspruchungen vorliegen.

So wurde im Rahmen eines Ortstermins kurz nach einem Regeneintritt an einer Brücke der in Bild 1 mit einem blauen Pfeil markierte Bereich vorgefunden, in dem chloridhaltiges Wasser auf eigentlich trockene Bereiche unterhalb der Brücke geleitet wurde. Nur aufgrund dieser Beobachtung konnten entsprechende Maßnahmen im Rahmen der Instandsetzung ergriffen werden, die dieser nicht zu erwartenden Chloridzufuhr Rechnung tragen.

Ohne Kenntnis dieses in diesem Bereich nicht zu erwartenden Zutritts chloridhaltigen

Wassers wäre das Korrosionspotenzial der hier vorliegenden chloridinduzierten Stahlkorrosion nicht erkannt worden. Vielmehr hätte man sich in diesem Bereich nur mit einer carbonatisierungsinduzierten Stahlkorrosion auseinandergesetzt.

Weiterhin sollten im Rahmen der augenscheinlichen Bestandserfassung auch die Beschaffenheit der Betonoberfläche, das Vorhandensein von Rissen, Abplatzungen, Rostfahnen und Hohlstellen dokumentiert werden. Auch in der Bauteiloberfläche vorhandene Feuchtigkeit, Moos- und Algenbildung sowie haftverbundreduzierende Bestandteile sind zu überprüfen.

Bei Rissen sollten bereits in diesem Stadium Rissmarken oder Datenlogger zur Aufzeichnung der Rissbewegungen gesetzt werden, um die Frage nach der möglicherweise vorhandenen Bewegung der Risse frühzeitig zu beantworten. Hierbei ist zu bedenken, dass die Erfassung von Rissbewegungen zum Teil erhebliche Zeit in Anspruch nimmt, da ggf. auch jahreszeitliche Schwankungen zu berücksichtigen sind. Ist die vollständige Bestandsuntersuchung einmal beauftragt, dann läuft die Uhr bis zum geplanten Beginn der Instandsetzung, sodass eine Erfassung möglicher Rissbewegungen dann aus Zeitgründen in der Regel nicht mehr durchgeführt werden soll.

Erst, wenn eine vollständige qualifizierte Bestandserfassung vorliegt, kann ein sachgerechter Prüfplan festgelegt und ein entsprechendes Angebot erstellt werden.

3 Detaillierte Bestandsuntersuchungen

In Abhängigkeit von den Untersuchungszielen sind gezielte Bestandsuntersuchungen erforderlich, um die Standsicherheit, Gebrauchstauglichkeit und die Möglichkeit der Instandsetzung der Bauteile zu ermitteln. Diese sind in Abhängigkeit von den vor Ort vorliegenden Schäden und der späteren Nutzung auszuwählen:

- Abschätzung der Tragfähigkeit der Bauteile
- Lokalisierung von Bereichen, in denen ein deutlich erhöhtes Korrosionsrisiko vorliegt

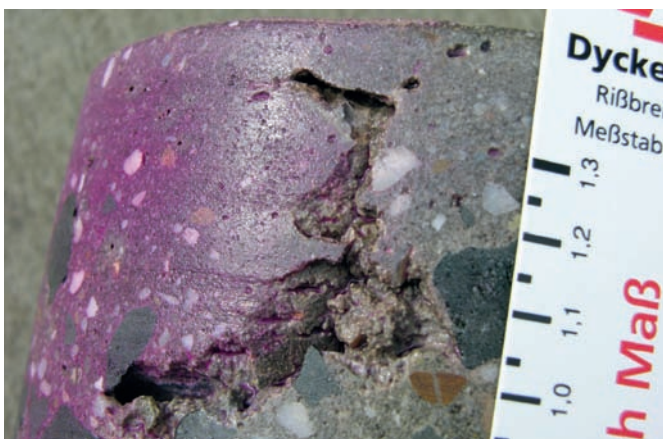


Bild 3: Gefügestörung unter der Betonoberfläche

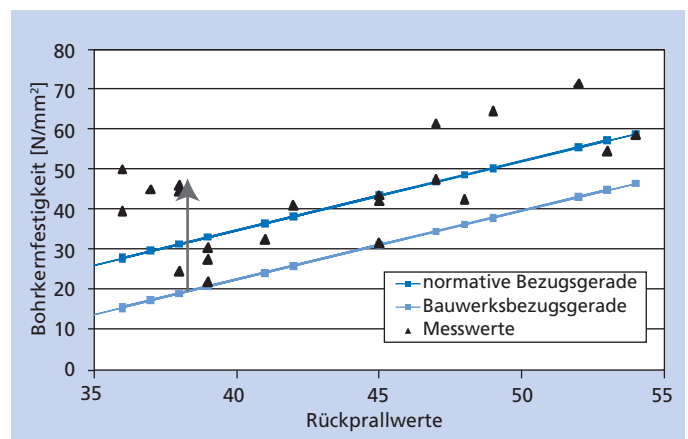


Bild 4: Bezugsgerade B (Rückprallwerte ./.. Bohrkernfestigkeiten)



Bild 5: Entnahme von Bohrkernen



Bild 7: Freigelegter Bewehrungsstahl

- Abschätzung der Restlebensdauer der Stahlbetonbauteile im Bezug auf die Stahlkorrosion
- Beurteilung der Möglichkeit der Instandsetzung der Bauteile

3.1 Abschätzung der Tragfähigkeit der Bauteile über die Bestimmung der Betondruckfestigkeit und der tatsächlich vorliegenden Bewehrungsgehalte

3.1.1 Zerstörungsfreier Nachweis der Betondruckfestigkeit am Bauwerk

Zum Nachweis der Druckfestigkeit von Bauwerksbeton wird aufgrund der einfachen

Handhabbarkeit des Verfahrens und der geringen Prüfkosten häufig der Rückprallhammer nach Schmidt verwendet (Bild 2).

Im Rahmen der Rückprallprüfung wird die Druckfestigkeit des Betons über das elastische Verhalten der oberflächennahen Bereiche des Betons abgeschätzt. Gemäß DIN EN 13791 [3] kann den ermittelten Rückprallwerten nach der Korrektur der Schlagrichtung direkt über Tabellenwerte eine abgeschätzte Festigkeitsklasse zugeordnet werden.

Immer wieder zeigt es sich, dass die Aussagekraft der Rückprallwerte massiv überschätzt wird. So kann die unkritische Verwendung der über die Rückprallwerte abgeschätzten Festigkeitsklasse im Rahmen der Instandsetzung von Bestandsgebäuden kostspielige Folgen haben. Bei der Nutzung der Rückprallwerte nach DIN EN 13791 ist zu berücksichtigen, dass diese üblicherweise sehr auf der sicheren Seite liegen; in Einzelfällen kann sich diese Tendenz jedoch auch umkehren, was zu drastischen Fehlbeurteilungen führen kann.

So können Untersuchungen an carbonatisierten Betonoberflächen mit dem Rückprallhammer zur Überschätzung der Festigkeit des Betons führen. Aus diesem Grunde schreibt die DIN EN 13791 vor, dass der Rückprallhammer nur bei geringen Carbonatisierungstiefen ($< 5 \text{ mm}$) anzuwenden ist. Gerade bei Altbauten ist diese Bedingung normalerweise aber nicht erfüllt.

Darüber hinaus wird mit dem Rückprallhammer grundsätzlich nur das elastische Verhalten der Betonoberfläche bestimmt. Gefügestörungen in tiefer liegenden Bereichen des Betons (Bild 3) können mit dem Rückprallhammer weder erkannt noch berücksichtigt werden.

Aus diesem Grunde ist weder die alleinige Zuordnung der Rückprallwerte über die Tabelle NA.2 der DIN EN 13791 zu den Festigkeitsklassen nach DIN EN 206-1 [4]/DIN 1045-2 [5] noch die Anwendung des Abschnitts 9 der DIN EN 13791 im Regelfall sinnvoll. Vielmehr empfiehlt es sich, neben den Rückprallwerten zumindest vereinzelt auch ergänzend Bohrkernfestigkeiten zu ermitteln.

Im Idealfall können die ermittelten Bohrkernfestigkeiten mit den Rückprallwerten über eine Bezugsgerade korreliert werden. Häufig liefert die Bewertung der Betondruckfestigkeit mittels der Bezugsgeraden gut auswertbare und realistische Ergebnisse, bei gleichzeitig vertretbaren Kosten. Teilweise kommen aber auch hierbei keine auswertbaren Ergebnisse heraus. In Bild 4 ist exemplarisch das Ergebnis einer Bezugsgerade an einem „alten Bestandsgebäude“ dargestellt.

Im vorliegenden Fall war geplant, eine Bezugsgerade zwischen den Rückprallwerten

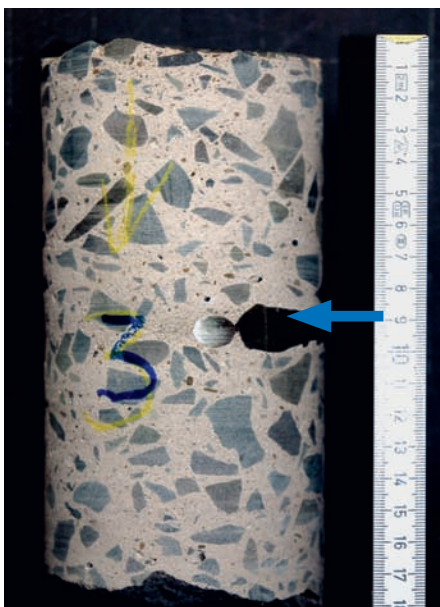


Bild 6: Bohrkern mit einem Bewehrungsstahl in der Bohrkernmitte

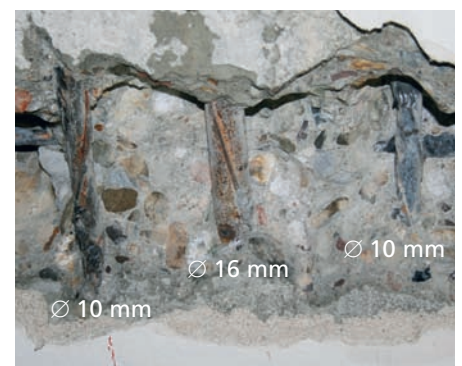


Bild 8: Bestandsdecken mit wechselnden Stabdurchmessern

und den Bohrkernfestigkeiten aufzustellen und die Ergebnisse anschließend nach DIN EN 13791 auszuwerten. Wie Bild 4 zeigt, lieferten die Untersuchungsergebnisse jedoch keine sachgerechte Korrelation zwischen den Rückprallwerten und den Bohrkernfestigkeiten. Vielmehr streuten die Rückprallwerte über große Bereiche der Betondruckfestigkeiten (siehe grauer Pfeil in Bild 4).

Bei diesem Objekt hätte die alleinige Auswertung der Ergebnisse der Rückprallprüfung zu einer massiven Fehlbeurteilung der Betondruckfestigkeit geführt. Im vorliegenden Fall mussten die gesamten Ergebnisse der Rückprallprüfungen verworfen werden und die Bewertung der Betondruckfestigkeit ausschließlich auf Basis der Bohrkernfestigkeiten erfolgen.

3.1.2 Nachweis der Betondruckfestigkeit mittels Bohrkernuntersuchungen

Bei dem Nachweis der Betondruckfestigkeit über die Ergebnisse von Bohrkernuntersuchungen handelt es sich um das Referenzverfahren nach DIN EN 13791. Hierbei werden Bohrkernproben aus den zu bewertenden Bauteilen entnommen (Bild 5) und deren Druckfestigkeit ermittelt.

Der Nachteil dieses Verfahrens besteht darin, dass das Bauteil durch die Entnahme geschädigt wird, sodass eine derartige Probenahme z. B. bei hoch bewehrten und feingliedrigen Stützen aus konstruktiven Gründen oft nicht möglich ist.

Sowohl bei der Probenahme als auch bei der Durchführung der Prüfung sowie bei der Bewertung der Ergebnisse wird häufig nicht beachtet, dass auch bei der Ermittlung der Betondruckfestigkeit von Bohrkernen einige Voraussetzungen erfüllt sein müssen, da diese einen wesentlichen Einfluss auf das Prüfergebnis haben. Hier sind u. a. zu nennen:

- die Position der entnommenen Bohrkernproben im Bauteil
- die Bohrkernabmessungen
- der Stahlanteil und die Lage des Bewehrungsstahls im Prüfkörper
- die Vorlagerung und damit der Feuchtegehalt der Bohrkernproben bei der Prüfung

In diesem Zusammenhang sei besonders auf das Problem der Untersuchung von Bohrkernen hingewiesen, die im Rahmen der Prüfung keine Ausgleichsfeuchte aufweisen. Der Auftraggeberwunsch, die Bohrkernproben am Tag der Probenahme oder spätestens am nächsten Tag auf deren Druckfestigkeit zu untersuchen, ist zwar grundsätzlich erfüllbar, doch können die ermittelten charakteristischen Bauwerksfestigkeiten dann ggf. deutlich von denen der normativen Prüfung abweichen. So sieht die DIN EN 13791 in der Regel vor der Festigkeitsprüfung eine Lagerung an Laborluft von drei Tagen vor, da aufgrund der in den Proben enthaltenen Feuchtigkeit ansonsten mit einer signifikanten Reduzierung der ermittelten Bohrkerndruckfestigkeit zu rechnen ist.

Auch die Menge und die Lage der Bewehrung im Prüfkörper spielt bei den erzielbaren Bohrkernfestigkeiten eine wesentliche Rolle. So ist zu beachten, dass parallel zur Betonoberfläche verlaufende Bewehrungsstäbe (gerade, wenn sich diese in der Mitte der Prüfkörper befinden, wie dies in Bild 6 der Fall ist) zu einer Reduzierung der ermittelten Bohrkernfestigkeiten führen können. Bohrkernproben mit senkrecht zur Betonoberfläche verlaufenden Bewehrungsstäben eignen sich normalerweise überhaupt nicht zur Bestimmung der Bohrkernfestigkeit.

3.1.3 Ermittlung der Bewehrungsgehalte

Zum Nachweis sowohl der Bewehrungsgehalte als auch der Betondeckung in Stahlbetonbauteilen haben unterschiedliche Gerätehersteller Bewehrungssuchgeräte in ihrem Programm, mit denen die Stahlbewehrung lokalisiert sowie der Bewehrungsgehalt und die Betondeckung zerstörungsarm bestimmt werden können.

Trotz aller Werbeversprechen der Geräteanbieter kann auf eine exemplarische Bauteilöffnung auch bei diesen sog. zerstörungsfreien Messmethoden nicht vollständig verzichtet werden. So ist eine sachgerechte Bestimmung des Stabdurchmessers durch vollständig zerstörungsfreie Prüfungen in der Praxis nicht mit ausreichender Genauigkeit möglich. Langjährige Erfahrungen im Bereich der Bestandsuntersuchungen haben gezeigt, dass mittels der Bewehrungssuchgeräte z. B.

Tafel 1: Ergebnis einer Bauteilöffnung

Bewehrung der Stahlbetondecken									
Messbereich	Bauteil	Bemerkung	Stabart		Stabdurchmesser durch Öffnung	Betondeckung	Carbonatisierungstiefe	Korrosionsgrad	
					Messwert			Einstufung	Materialabtrag
3	Wand	Bereich knapp oberhalb eines durchfeuchteten Bereiches	horizontal	–	–	–	22 mm	–	–
			vertikal	gerippt	Doppelstab mit jeweils 4,8 mm	18 mm		Stufe A	< 1 %
4	Wand	augenscheinlich keine Schäden	horizontal	gerippt	4,4 mm	28 mm	18 mm bis 26 mm	keine Korrosion	
			vertikal	gerippt	Doppelstab mit jeweils 4,8 mm	24 mm		Stufe A	< 1 %
		augenscheinlich keine Schäden	horizontal	gerippt	–	–	23 mm	–	–
			vertikal	gerippt	Doppelstab mit jeweils 4,5 mm	3 mm		Stufe B	ca. 1 %
5	Wand	augenscheinlich mit Durchfeuchtungen unterhalb der Wanddurchführung	horizontal	gerippt	13 mm	29 mm	18 mm	Stufe A	< 1 %
			vertikal	gerippt	4,0 mm	3 mm		Stufe C	ca 5 %
7	Wand	augenscheinlich keine Schäden	horizontal	gerippt	4,9 mm	34 mm	20 mm	Stufe A	< 1 %
			vertikal	gerippt	Doppelstab mit jeweils 5,0 mm	29 mm		Stufe A	< 1 %
Stufe 0)	Es liegen keine Hinweise auf eine Stahlkorrosion vor.								
Stufe A)	Die Stahloberfläche ist weitgehend mit festhaftendem Zunder bedeckt, aber im Wesentlichen frei von Rost.								
Stufe B)	In der Stahloberfläche zeigt sich eine beginnende Rostbildung, verbunden mit der Abblätterung von Zunder.								
Stufe C)	Der Zunder lässt sich leicht abschaben und es liegen augenscheinlich ansatzweise Rostnarben auf.								
Stufe D)	Augenscheinlich liegen massive Rostnarben vor.								

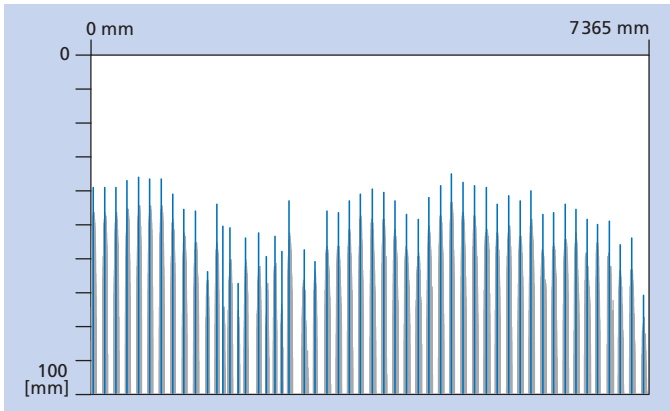


Bild 9: Ortung der im Stahlbeton enthaltenen Bewehrungsstähle

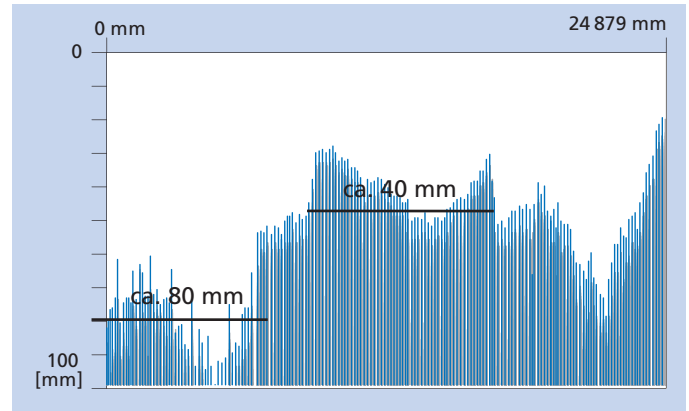


Bild 10: Bereiche mit stark unterschiedlicher Betondeckung

weder Doppelstäbe differenzierbar sind, noch hintereinander liegende Stäbe sachgerecht aufgelöst werden können (Bild 7).

Auch die gleichzeitige Erfassung von Stabdurchmesser und Betondeckung ist in der Praxis nicht möglich, was z. B. bei Bestandsdecken mit wechselnden Stabdurchmessern (Bild 8) zu Problemen führen kann.

Erfolgt eine Bauteilöffnung zur Bestimmung des Stabdurchmessers, so können hieraus auch weitergehende Informationen gewonnen werden, die für die Bewertung des Objekts ebenfalls hilfreich sind (Tafel 1):

- Glattstahl oder gerippter Stahl
- Betondeckung zum Abgleich mit dem Messgerät
- Carbonatisierungstiefe
- Ausrichtung der Bewehrung
- Korrosionsgrad und Materialabtrag der Bewehrung

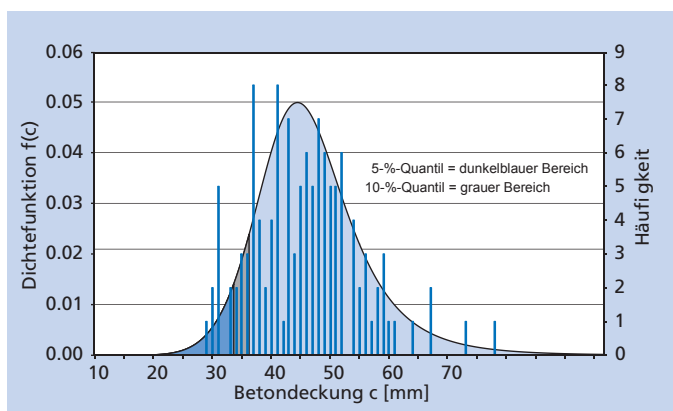


Bild 11: Auswertung einer Betondeckungsmessung

Die zerstörungsfreie Messung des Bewehrungsgehalts oder auch der Betondeckung ist über große Flächen in geringer Zeit möglich (Bild 9 und Tafel 2). Derartige Daten können dann ggf. mit den vorliegenden Bestandsunterlagen abgeglichen werden.

3.2 Lokalisierung von Bereichen mit erhöhtem Korrosionspotenzial und Abschätzung der Restlebensdauer der Stahlbetonbauteile

Neben der Beurteilung der Tragfähigkeit der Bauteile spielt die Lokalisierung von Bereichen mit erhöhtem Korrosionspotenzial im Rahmen der Durchführung vorbereitender Untersuchungen eine maßgebliche Rolle. Zur Lokalisierung von Bereichen mit erhöhtem Korrosionspotenzial können nach der qualifizierten Bestandserfassung augenscheinlich erkennbarer Korrosionsschäden

in Abhängigkeit von der vorliegenden Exposition der Bauteile die nachfolgend aufgeführten Maßnahmen ergriffen werden:

Messung der Betondeckung inkl. der statistischen Auswertung der Ergebnisse im Vergleich zu den im Objekt vorliegenden Carbonatisierungstiefen sowie ggf. ermittelten Chlorideindringtiefen

Lokalisierung von Korrosionsströmen in den Bauteilen und Zuordnung zu Bauteilbereichen mit hohem Korrosionsrisiko

3.2.1 Messung der Betondeckung

Die Ermittlung der Betondeckung erfolgt mit dem in Abschnitt 3.1.3 beschriebenen Verfahren. Auch an dieser Stelle ist darauf hinzuweisen, dass exemplarische Bauteilöffnungen zwingend erforderlich sind, wenn eine sachgerechte Bewertung des Korrosionsrisikos erfolgen soll. Die zerstörungsfreie Messung der Betondeckung ist über große Flächen in sehr geringer Zeit möglich. Ausschreibungstexte wie „Messung der Betondeckung an zehn Stellen“ sollten aus diesem Grund eigentlich der Vergangenheit angehören. Auch sind derartige Einzelmessungen nicht geeignet, um die vorliegende Betondeckung sachgerecht zu bewerten. Darüber hinaus kann die großflächige Erfassung der Betondeckung auch da behilflich sein, wo es darum geht, lokale Bereiche mit reduzierter (oder auch erhöhter) Betondeckung (Bild 10) mit vertretbarem Aufwand zu lokalisieren.

Bei der Auswertung der Betondeckungsmessungen (Bild 11) ist zu beachten, dass die einfache Berechnung der Mittelwerte der Betondeckung nicht geeignet ist, um diese zu bewerten. Vielmehr sind die Quantilwerte der Betondeckung gemäß dem DBV-Merkblatt „Betondeckung und Bewehrung“ [6] zu ermitteln und in Abhängigkeit von der geplanten Exposition zu bewerten. Bei üblichen Expositionsklassen ist dabei das sog. 5%-Quantil (bei der Expositionsklasse XC1 das 10%-Quantil) zu bestimmen und mit den Anforderungen der DIN 1045-1 [7] (Tafel 3) zu vergleichen.

Tafel 2: Ergebnisse der Bestimmung der Bewehrungsgehalte

Messbereich	Messfeldgröße		Abstand und Durchmesser der Bewehrung	
	Richtung 1 horizontal	Richtung 2 vertikal	Richtung 1 horizontal	Richtung 2 Vertikal
Messlinien 1.3 und 2.3	7,37 m	3,72 m	ca. 150 mm	ca. 166 mm
			(Bauteilöffnung) 1 x 6 mm Doppelstab 1 x 4 mm Doppelstab	(Bauteilöffnung) 2 x 8 mm

Tafel 3: Mindestbetondeckung in Abhängigkeit von der geplanten Expositionsklasse

Expositionsklasse	Mindestbetondeckung c_{min} [mm]
XC1	10
XC2, XC3	20
XC4	25
XD1, XD2, XD3	40
XS1, XS2, XS3	40