EBB-Merkblatt 3

Stand: Oktober 2026

EBB KOMPETENZZENTRUM
INSTITUT FÜR ESTRICH, BETON & BELAG

Chlorid, Karbonatisierung und Betondeckung im Stahlbeton

Bewertung im Bestand. Wie der Beton die Bewehrung schützt, wie dieser Schutz verloren geht, was die Werte 0,2 / 0,4 / 0,5 M.-% bedeuten und was nicht, warum die Betondeckung über alles entscheidet und was aus einem Befund folgt, in beide Richtungen.

Erstellt vom EBB Kompetenzzentrum,
Institut für Estrich, Beton und Belag, Nürnberg

- Teil A: Mechanismen. Passivierung, Zementart, Karbonatisierung, Chlorid
- Teil B: Was die Werte bedeuten. Begriffe, Bezugsgröße, Umrechnung, Betondeckung
- Teil C: Untersuchung. Bauteilkarte Tiefgarage, Messgrößen, Analysenverfahren, Ablauf
- Teil D: Bewertung und Folgen. Einstufung, Befunde, Instandsetzungsprinzipien, Zuständigkeiten

© EBB Kompetenzzentrum, Institut für Estrich, Beton und Belag · Inhaber Marco Serra · Neuwieder Straße 4 · 90411 Nürnberg · Telefon +49 1522 4952417 · info@ebb-institut.de
Dieses Merkblatt ersetzt keine Begutachtung im Einzelfall. Original: ebb-institut.de/merkblaetter · Stand Oktober 2026
Alle Rechte vorbehalten. Weitergabe nur unverändert, vollständig und mit dieser Urheberangabe; jede weitergehende Verwendung bedarf der vorherigen schriftlichen Zustimmung. Nutzungsrechte im Einzelnen am Ende des Merkblatts.

Inhaltsverzeichnis

1 Einleitung

Teil A: Mechanismen

2 Wie Beton die Bewehrung schützt

3 Zementart und Portlanditvorrat

4 Karbonatisierung

4.1 Mechanismus

4.2 Wurzel-Zeit-Gesetz und Einflussgrößen

4.3 Einfluss der Zementart

5 Chlorid im Beton

5.1 Herkunft, Eindringen und Profilform

5.2 Gebundenes und freies Chlorid

5.3 Chloridinduzierte Korrosion

5.4 Zusammenwirken mit der Karbonatisierung

Teil B: Was die Werte bedeuten

6 Begriffe, Orientierungs- und Grenzwerte

6.1 Begriffe, die auseinanderzuhalten sind

6.2 Frischbeton: Chloridklassen

6.3 Bestand: der Schwellenwert 0,5 M.-%

6.4 Bezugsgröße Zement oder Beton

6.5 Was „kritisch“ bedeutet

7 Betondeckung und Expositionsklassen

8 Der ungünstige Fall: ein Rechenbeispiel

Teil C: Untersuchung

9 Untersuchung im Bestand

9.1 Bauteilkarte Tiefgarage

9.2 Messgrößen in sinnvoller Reihenfolge

9.3 Analysenverfahren für den Chloridgehalt

9.4 Ablauf der Bewertung

Teil D: Bewertung und Folgen

10 Bewertung, Befunde und Instandsetzungsprinzipien

10.1 Einstufung in vier Stufen

10.2 Vier Befunde und ihre Bewertung

10.3 Instandsetzungsprinzipien und ihre Grenzen

10.4 Wer entscheidet was

11 Häufige Fehlschlüsse

12 Schlussbemerkungen und Regelwerke

1 Einleitung

Stahlbeton funktioniert, weil der Beton den Stahl schützt. Der Schutz ist chemischer Natur: Die Porenlösung des Zementsteins ist stark alkalisch, und in diesem Milieu bildet der Stahl eine dichte Oxidschicht, die ihn passiv hält. Zwei Vorgänge heben diesen Schutz auf, die Karbonatisierung und das Eindringen von Chlorid. Beide werden in der Praxis häufig falsch eingeordnet, und zwar in beide Richtungen: Ein Chloridgehalt wird mit einem Grenzwert verglichen und dann entweder abgehakt oder zum Schaden erklärt, obwohl er für sich allein weder das eine noch das andere belegt. Die Karbonatisierung gilt als „normale Alterung“, obwohl sie ein berechenbarer Vorgang ist, dessen Bedeutung vor allem von der Lage der Bewehrung abhängt.

Dieses Merkblatt erklärt die Zusammenhänge von der Zementchemie bis zur Bewertung im Bestand, mit Zahlen, Normbezügen und den Grenzen dessen, was ein Messwert aussagen kann. Es ist in vier Teile gegliedert: Mechanismen (A), Bedeutung der Werte (B), Untersuchung (C), Bewertung und Folgen (D). Wer nur wissen will, was ein Messwert bedeutet, beginnt mit Teil B; wer eine Untersuchung plant, mit Teil C.

Der Kernsatz vorweg. Die Orientierungswerte für Chlorid sind keine Grenze zwischen „schädlich“ und „unschädlich“. Der Schwellenwert von 0,5 M.-% bezogen auf die Zementmasse ist nach der TR Instandhaltung und der Instandsetzungs-Richtlinie des DAfStb (RL SIB) der Wert, ab dem ein sachkundiger Planer festzulegen hat, ob Maßnahmen erforderlich sind. Er ist weder ein Korrosionsnachweis noch eine Entwarnung darunter. Ob Korrosion *möglich* oder *wahrscheinlich* ist, ergibt sich aus dem Chloridgehalt in der Tiefe der Bewehrung zusammen mit Betondeckung, Karbonatisierungstiefe und Feuchte. Ob sie *läuft*, zeigen erst Potentialfeldmessung und Freilegen. Beides gehört zu einer Bewertung; keines davon ersetzt das andere.

Teil A: Mechanismen

2 Wie Beton die Bewehrung schützt

Zementstein ist kein dichter Körper, sondern ein Gefüge aus Hydratphasen und Poren, die mit Porenlösung gefüllt sind. Diese Lösung ist gesättigt an Calciumhydroxid und enthält zusätzlich die Alkalien des Zements als Natrium- und Kaliumhydroxid. Ihr pH-Wert liegt bei etwa 12,5 bis 13,5. In diesem Bereich bildet Bewehrungsstahl an seiner

© EBB Kompetenzzentrum, Institut für Estrich, Beton und Belag · Neuwieder Straße 4 · 90411 Nürnberg · info@ebb-institut.de · Weitergabe nur unverändert und vollständig · Original: ebb-institut.de/merkblaetter · Stand Oktober 2026 · Dieses Merkblatt ersetzt keine Begutachtung im Einzelfall

Oberfläche eine wenige Nanometer dünne, dichte Schicht aus Eisenoxiden, die Passivschicht. Sie hemmt die anodische Eisenauflösung so stark, dass die Korrosionsgeschwindigkeit praktisch null ist. Der Stahl rostet nicht, obwohl Wasser und Sauerstoff vorhanden sind. Wie viel Porenlösung der Beton enthält, hängt von seiner Porosität ab: Normalbeton hat eine Gesamtporosität von etwa 10 bis 20 Volumenprozent, der Zementstein selbst deutlich mehr; Betone der 1960er- bis 1980er-Jahre liegen wegen der damals üblichen Wasserzementwerte eher am oberen Ende.

Die Passivschicht ist kein dauerhaftes Gut, sondern ein Zustand, der von der Umgebung ständig neu erhalten wird. Sinkt der pH-Wert an der Stahloberfläche, löst sich die Schicht auf und der Stahl korrodiert flächig wie an der Luft; die Grenze wird in der Fachliteratur je nach Betrachtung zwischen etwa pH 9 und 11,5 angegeben, sichere Passivität ohne Chlorid setzt also einen pH-Wert deutlich über 11 voraus. Treten Chloridionen in ausreichender Konzentration an den Stahl, durchbrechen sie die Schicht örtlich, auch bei vollem pH-Wert. Beide Wege führen zur Depassivierung; sie unterscheiden sich im Erscheinungsbild und in der Gefährlichkeit, dazu Kapitel 5.

Der hohe pH-Wert ist nur so lange stabil, wie in den Poren fester Vorrat an Calciumhydroxid liegt. Dieser Vorrat ist das Portlandit, $Ca(OH)_2$, kristallin im Zementstein eingelagert. Es entsteht bei der Hydratation der Klinkerphasen Alit (C_3S) und Belit (C_2S): Beide reagieren mit Wasser zu Calciumsilikathydrat (CSH), das die Festigkeit liefert, und zu Portlandit als Nebenprodukt. Beim reinen Portlandzement ergibt das bei vollständiger Hydratation in der Größenordnung von 20 bis 25 M.-% Portlandit bezogen auf die Zementmasse; reale Betone mit unvollständiger Hydratation liegen darunter. Für die Festigkeit ist das Portlandit nahezu wertlos, seine großen Plattenkristalle sind eher eine Schwachstelle im Gefüge. Für die Dauerhaftigkeit ist es der Puffer: Solange festes Portlandit vorliegt, wird gelöstes Calciumhydroxid nachgeliefert und der pH-Wert bleibt hoch, auch wenn Säuren oder Kohlendioxid eindringen; erst nach seinem Verbrauch fällt er. Die Menge an Portlandit je Volumen Zementstein ist deshalb die Alkalitätsreserve des Betons. Sie entscheidet, wie viel Kohlendioxid eindringen kann, bevor der pH-Wert fällt; die CSH-Phasen binden zwar ebenfalls Kohlendioxid, halten den pH-Wert dabei aber nicht.

3 Zementart und Portlanditvorrat

DIN EN 197-1 teilt die Normalzemente nach dem Anteil an Portlandzementklinker und nach der Art der weiteren Hauptbestandteile ein: CEM I mit 95 bis 100 M.-% Klinker, CEM II/A mit 80 bis 94 und CEM II/B mit 65 bis 79 M.-% Klinker neben Hüttensand (S), Kalkstein (L, LL), Flugasche (V) oder Puzzolan (P), die Hochofenzemente CEM III/A mit 35 bis 64, CEM III/B mit 20 bis 34 und CEM III/C mit 5 bis 19 M.-% Klinker. DIN EN 197-5 ergänzt seit 2021 die klinkerärmeren CEM II/C-M (50 bis 64 M.-% Klinker) und CEM VI (35 bis 49 M.-%). Für die Alkalitätsreserve zählt zuerst der Klinkeranteil, weil nur der Klinker Portlandit erzeugt.

Der zweite Einfluss ist chemisch. Hüttensand ist latent-hydraulisch: Er erhärtet mit Wasser erst, wenn ein Anreger die Reaktion in Gang setzt, und dieser Anreger ist im Zement das Portlandit aus dem Klinker. Flugasche, Trass und Silikastaub sind puzzolanisch: Sie enthalten reaktionsfähige Kieselsäure, die mit Calciumhydroxid zu zusätzlichem CSH reagiert. In beiden Fällen wird Portlandit verbraucht, um Festigkeit zu bilden; der Zementstein wird dichter und feinporiger, verliert aber einen Teil seines Puffers. Kalkstein reagiert dagegen nur in geringem Umfang mit den Aluminaten und verbraucht praktisch kein Portlandit; er verdünnt den Klinker lediglich. Die Wirkung ist also zweifach: Weniger Klinker erzeugt weniger Portlandit, und die Zusatzkomponenten verzehren einen Teil davon.

Genaue Portlanditgehalte hängen vom Hydratationsgrad, vom Alter, von der Reaktivität des Hüttensands und von der Nachbehandlung ab und werden im Einzelfall thermogravimetrisch bestimmt. Für die Einordnung genügen Größenordnungen. Die Tabelle leitet sie nachvollziehbar her: Klinkeranteil mal Portlanditausbeute des Klinkers (etwa 20 bis 25 M.-%), abzüglich des Verbrauchs durch die latent-hydraulische oder puzzolanische Reaktion. Es sind Richtwerte, keine Normwerte und keine eigenen Messreihen.

Zementart	Herleitung	Portlandit, Richtwert M.-% des Bindemittels	Reserve im Vergleich zu CEM I
CEM I	95 bis 100 % Klinker, kein Verbrauch	etwa 20 bis 25	Bezugswert
CEM II/A-LL	80 bis 94 % Klinker, Verdünnung, kein Verbrauch	etwa 17 bis 22	geringfügig vermindert

© EBB Kompetenzzentrum, Institut für Estrich, Beton und Belag · Neuwieder Straße 4 · 90411 Nürnberg · info@ebb-institut.de · Weitergabe nur unverändert und vollständig · Original: ebb-institut.de/merkblaetter · Stand Oktober 2026 · Dieses Merkblatt ersetzt keine Begutachtung im Einzelfall

Zementart	Herleitung	Portlandit, Richtwert M.-% des Bindemittels	Reserve im Vergleich zu CEM I
CEM II/B-S	65 bis 79 % Klinker, mäßiger Verbrauch durch Hüttensand	etwa 13 bis 17	deutlich vermindert
CEM II/B-V	65 bis 79 % Klinker, stärkerer Verbrauch durch Flugasche	etwa 10 bis 15	deutlich vermindert
CEM III/A	35 bis 64 % Klinker, Verbrauch durch Hüttensand	etwa 8 bis 12	etwa ein Drittel bis die Hälfte
CEM III/B	20 bis 34 % Klinker, Verbrauch durch Hüttensand	etwa 3 bis 6	etwa ein Achtel bis ein Viertel

Richtwerte, vollständige Hydratation vorausgesetzt; im Einzelfall durch Thermogravimetrie zu bestimmen.

Was diese Zahlen nicht bedeuten: Die Porenlösung eines CEM-III-Betons liegt, solange Portlandit vorhanden ist, ebenso über pH 12,5 wie die eines CEM-I-Betons; die Alkalien des Zements treiben den Wert darüber, bei hüttensandreichen Zementen etwas weniger stark, was für die Passivität ohne Bedeutung ist. Der Unterschied liegt in der Menge des Puffers, also in der Zeit, bis die Karbonatisierung ihn aufgebraucht hat; die Übergangszone zwischen alkalischem und karbonatisiertem Beton ist bei hüttensandreichen Zementen breiter.

Was das für den Bestand heißt. Die Zementart eines Bauteils aus den 1960er- bis 1980er-Jahren ist ohne Unterlagen nur im Labor feststellbar (Hüttensand über den Sulfidnachweis und die blaugrüne Färbung frischer Bruchflächen, Flugasche und Klinkerreste im Dünnschliff), und sie ändert an der Bewertung selten etwas: Karbonatisierungstiefe, Chloridprofil und Betondeckung werden gemessen und zeigen den Zustand unabhängig davon, welcher Zement ihn verursacht hat. Auch die Prognose nach dem Wurzel-Zeit-Gesetz (Kapitel 4.2) braucht die Zementart nicht, weil der gemessene Fortschritt sie bereits enthält. Die Zementart erklärt allenfalls, warum ein Beton schneller oder langsamer karbonatisiert ist (Kapitel 4.3), und sie ist bei der Planung neuer Bauteile ein Dauerhaftigkeitsparameter. Für den Bestand gilt: messen, nicht vermuten.

4 Karbonatisierung

4.1 Mechanismus

Kohlendioxid aus der Luft dringt über die luftgefüllten Poren in den Beton ein, löst sich im Porenwasser und reagiert mit dem Calciumhydroxid zu Calciumcarbonat.

$$Ca(OH)_2 + CO_2 \rightarrow CaCO_3 + H_2O$$

Portlandit und Kohlendioxid werden zu Calciumcarbonat und Wasser

Bei Portlandzementbeton wird der Beton dabei nicht geschädigt, im Gegenteil: Das Calciumcarbonat füllt Porenraum, die Oberfläche wird härter und dichter. Bei portlanditarmen Bindemitteln, etwa CEM III/B oder hohen Flugascheanteilen, greift die Karbonatisierung überwiegend die CSH-Phasen an; dort kann die Randzone poröser werden statt dichter. Das Problem ist in beiden Fällen die Bewehrung: Mit dem Portlandit verschwindet der Puffer, der pH-Wert in der karbonatisierten Zone fällt auf etwa 8 bis 9. Die Karbonatisierung schreitet als Front von außen nach innen fort. Vor der Front liegt der Beton mit vollem pH-Wert, hinter der Front ist der Schutz weg. Erreicht die Front die Bewehrung, beginnt dort bei ausreichender Feuchte und Sauerstoffzufuhr die Korrosion.

4.2 Wurzel-Zeit-Gesetz und Einflussgrößen

Weil das CO_2 durch die bereits karbonatisierte Schicht hindurchdiffundieren muss, wird der Weg mit der Zeit länger und der Vorgang langsamer. Die Karbonatisierungstiefe folgt deshalb in guter Näherung einem Wurzel-Zeit-Gesetz:

$$x_c = k \cdot \sqrt{t}$$

Karbonatisierungstiefe in mm = Karbonatisierungskoeffizient in mm/√Jahr mal Wurzel der Zeit in Jahren

Der Koeffizient k fasst alle Einflüsse zusammen. Er liegt bei dichten Betonen mit niedrigem Wasserzementwert und guter Nachbehandlung im Bereich von etwa 1 bis 3 mm/√Jahr, bei porösen, schlecht nachbehandelten Betonen bei 6 bis 10 mm/√Jahr und mehr. Die Rechnung macht die Spreizung sichtbar: Mit k = 2 ist der Beton nach 50 Jahren rund 14 mm tief karbonatisiert, mit k = 7 rund 50 mm. Die Einflussgrößen, deren Gewicht je nach Bauteil und Exposition verschieden ist:

© EBB Kompetenzzentrum, Institut für Estrich, Beton und Belag · Neuwieder Straße 4 · 90411 Nürnberg · info@ebb-institut.de · Weitergabe nur unverändert und vollständig · Original: ebb-institut.de/merkblaetter · Stand Oktober 2026 · Dieses Merkblatt ersetzt keine Begutachtung im Einzelfall

- **Wasserzementwert und Nachbehandlung:** Sie bestimmen die Kapillarporosität der Randzone und damit die Diffusionsgeschwindigkeit des CO_2. Eine früh ausgetrocknete Betonoberfläche karbonatisiert ein Mehrfaches schneller als eine feucht nachbehandelte.
- **Feuchte:** Die Karbonatisierung ist bei etwa 50 bis 70 % relativer Luftfeuchte am schnellsten. In wassergesättigtem Beton sind die Poren für das Gas verschlossen, der Vorgang kommt fast zum Stillstand; in sehr trockenem Beton fehlt das Wasser für die Reaktion. Deshalb ist in derselben Tiefgarage die Oberseite der Bodenplatte, die im Winter wochenlang nass steht, oft nur wenige Millimeter karbonatisiert, die trockene Deckenuntersicht und die Wände dagegen 20 bis 40 mm. Dieselbe Garage ist am Boden chloridgesteuert, an Decke und Wänden karbonatisierungsgesteuert.
- **Alkalitätsreserve:** Der Portlanditvorrat je Volumen, also Zementgehalt und Zementart, dazu Kapitel 4.3.
- **CO_2-Angebot:** In Tiefgaragen und Parkhäusern liegt die CO_2-Konzentration über dem Freiluftwert; die Tiefe wächst etwa mit der Wurzel der Konzentration, eine Verdopplung bringt rund 40 % mehr Tiefe.
- **Risse und Fehlstellen:** Dort dringt das Gas ungehindert ein, die Front liegt lokal weit vor der Flächenfront.

Abschätzung der Restzeit. Umgekehrt lässt sich aus einer gemessenen Karbonatisierungstiefe und dem Bauteilalter der Koeffizient des vorhandenen Betons bestimmen und daraus abschätzen, wann die Front die Bewehrung erreicht: Ein Bauteil mit 9 mm Karbonatisierungstiefe nach 11 Jahren hat $k = 9 / \sqrt{11} = 2{,}7$ mm/√Jahr; bei 25 mm Deckung erreicht die Front die Bewehrung rechnerisch bei einem Bauteilalter von $(25 / 2{,}7)^2$, also in der Größenordnung von 80 bis 90 Jahren, bei 10 mm Deckung bei rund 14 Jahren, im Beispiel also drei Jahre nach der Messung. Vor jeder solchen Zahl sind ihre Grenzen zu nennen: Die Abschätzung setzt gleichbleibende Bedingungen voraus, gilt nur für die Karbonatisierung und sagt nichts über Chlorid; sie wird sinnvoll als Spanne aus Mittelwert und 90-%-Wert der Karbonatisierungstiefe (Kapitel 9.2) angegeben, und über das Vielfache des Beobachtungszeitraums hinaus ist sie nur als Größenordnung belastbar, also „Jahrzehnte“ oder „wenige Jahre“, nicht „85 Jahre“. Bei wechselnd durchfeuchteten Bauteilen liegt der wahre Zeitexponent unter 0,5; wurde k am selben Bauteil unter derselben Exposition bestimmt, ist das Wurzel-Zeit-Gesetz dort auf der sicheren Seite. So eingeordnet ist die Abschätzung das einfachste Mittel, einer Eigentümergemeinschaft eine Größenordnung der verbleibenden Zeit zu nennen statt eines Adjektivs.

4.3 Einfluss der Zementart

Zwei Wirkungen der Zementart stehen gegeneinander. Die dichtere Porenstruktur hüttensand- und flugaschehaltiger Zemente verlangsamt die Diffusion; die geringere Alkalitätsreserve beschleunigt das Fortschreiten der Front. In der Bilanz überwiegt bei hohen Austauschraten der zweite Effekt. Vergleichsuntersuchungen und zusammenfassende Auswertungen, etwa des RILEM-Ausschusses TC 281-CCC zur Karbonatisierung von Betonen mit Zusatzstoffen, ordnen den Karbonatisierungswiderstand bei gleichem Wasserbindemittelwert in der Reihenfolge CEM I vor CEM II vor CEM III ein; zwischen CEM I und CEM II/A ist der Unterschied oft gering, bei CEM III/B deutlich. Als Größenordnung aus der Literatur: Der Karbonatisierungskoeffizient liegt bei sonst gleichen Bedingungen für CEM III/A etwa um den Faktor 1,2 bis 1,5, für CEM III/B etwa um den Faktor 1,5 bis 2 über dem eines Portlandzementbetons.

Dazu kommt die Empfindlichkeit gegen schlechte Nachbehandlung: Hüttensand und Flugasche reagieren langsamer als Klinker; trocknet die Oberfläche früh aus, bleibt die Randzone besonders porös, und der Beton verliert seinen Vorteil beim Chlorid.

CEM II und CEM III sind nicht „schlechter“. Beim Chlorid sind sie im Regelfall besser: Der Chloriddiffusionskoeffizient gut nachbehandelter Hochofenzementbetone liegt nach Literaturangaben um ein Mehrfaches unter dem von Portlandzementbetonen gleichen Wasserzementwerts, und der höhere Aluminatgehalt des Hüttensands bindet mehr Chlorid als Friedelsches Salz. Für Bauteile in Expositionsklasse XD3, also Parkdecks und Tiefgaragen mit Tausalzeintrag, werden hüttensandhaltige Zemente deshalb bewusst eingesetzt. Der Preis ist die kleinere Alkalitätsreserve. Welche Eigenschaft im Einzelfall zählt, entscheidet die Einwirkung: Bei reiner Karbonatisierung (XC) der Portlanditvorrat, bei Chlorid (XD, XS) die Dichtheit und die Bindekapazität. Beton, der beidem ausgesetzt ist, braucht vor allem eines: ausreichende Betondeckung.

© EBB Kompetenzzentrum, Institut für Estrich, Beton und Belag · Neuwieder Straße 4 · 90411 Nürnberg · info@ebb-institut.de · Weitergabe nur unverändert und vollständig · Original: ebb-institut.de/merkblaetter · Stand Oktober 2026 · Dieses Merkblatt ersetzt keine Begutachtung im Einzelfall

5 Chlorid im Beton

5.1 Herkunft, Eindringen und Profilform

Chlorid gelangt auf drei Wegen in den Beton. Von außen durch Tausalz, das mit Schmelzwasser und Sprühnebel auf Parkdecks, Rampen, Tiefgaragenböden, Stützenfüße und Sockel gelangt, sowie durch Meerwasser und Meeresluft. Von innen durch chloridhaltige Ausgangsstoffe, insbesondere durch Calciumchlorid, das bis Anfang der 1970er-Jahre als Erhärtungsbeschleuniger und Frostschutzzusatz verwendet wurde, bevor DIN 1045 chloridhaltige Zusatzmittel für Stahlbeton ausschloss. Und im Brandfall durch Chlorwasserstoff aus verbranntem PVC. Für Tiefgaragen und Parkbauten ist das Tausalz der Regelfall.

Der Transport erfolgt über das Porenwasser: Kapillares Saugen, wenn trockener Beton mit Salzlösung benetzt wird, trägt das Chlorid schnell in die ersten Millimeter; von dort wandert es durch Diffusion langsam weiter nach innen. Wechselnde Durchfeuchtung und Austrocknung treiben den Vorgang, weil jedes Antrocknen das Salz in der Randzone anreichert und jedes erneute Benetzen es tiefer schiebt. Das Ergebnis ist ein Chloridprofil, und seine Form sagt mehr als jeder Einzelwert; ein Einzelwert ohne Tiefenangabe ist nicht bewertbar. Fünf Profilformen kommen in der Praxis vor:

- **Von außen nach innen fallend:** der Regelfall bei eingedrungenem Tausalz. Die Steilheit zeigt, wie viel noch nachwandern kann.
- **Außen verarmt, Maximum in der zweiten Stufe:** ebenfalls eingedrungen; die äußerste Schicht wurde durch Reinigung oder Regen ausgewaschen oder ist karbonatisiert und bindet nichts mehr. Ein Maximum einige Millimeter unter der Oberfläche ist kein Analysenfehler, sondern ein normaler Befund.
- **Über die Tiefe nahezu konstant:** eingemischtes Chlorid aus den Ausgangsstoffen. Für das Instandsetzungskonzept entscheidend, weil ein Teilabtrag der Randzone es nicht beseitigt.
- **Mit der Tiefe ansteigend:** Eintrag von der Gegenseite, etwa an einer Deckenuntersicht unter undichten Rissen oder Fugen, oder die Probe hat eine Schichtgrenze getroffen, etwa Estrich oder Gefällebeton über dem Konstruktionsbeton. Vor der Bewertung ist der Aufbau zu klären.
- **Schulter oder Nebenmaximum vor der Karbonatisierungsfront:** die Front schiebt freies Chlorid vor sich her (Kapitel 5.4). Liegt die Bewehrung dort, trifft sie die ungünstigste Stelle des Profils. Im Gesamtchloridprofil wird diese Schulter in der Regel nur bei 5-mm-Stufen sichtbar, 10-mm-Stufen mitteln sie weg.

Weil Bohrmehl Gesteinskörnung und Zementstein im zufälligen Mengenverhältnis des einzelnen Bohrlochs erfasst und nicht im mittleren Verhältnis des Betons, zeigen Profile aus Einzellöchern oft einen Sägezahn, der nichts mit dem Chlorid zu tun hat; Mischproben aus mehreren Löchern gleichen das aus (Kapitel 9.2).

5.2 Gebundenes und freies Chlorid

Nicht alles Chlorid im Beton ist für den Stahl wirksam. Ein Teil wird chemisch gebunden: Die Aluminatphasen des Zementsteins nehmen Chlorid auf und bilden das Friedelsche Salz, ein Calciumaluminat-Chlorid-Hydrat der Zusammensetzung $3CaO{\cdot}Al_2O_3{\cdot}CaCl_2{\cdot}10H_2O$. Ein weiterer Teil wird an den Oberflächen der CSH-Phasen adsorbiert. Nur das in der Porenlösung gelöste, freie Chlorid greift die Passivschicht an; die Bindung ist jedoch umkehrbar, dazu Kapitel 5.4. Die Bindekapazität hängt vom Aluminatgehalt des Bindemittels ab: Portlandzemente mit hohem C_3A-Gehalt und hüttensandhaltige Zemente binden mehr, Portlandzemente mit niedrigem C_3A-Gehalt (CEM I-SR) weniger.

Die Analytik nach DIN EN 14629 erfasst den Gesamtchloridgehalt, also gebundenes und freies Chlorid zusammen, weil die Probe in Salpetersäure aufgeschlossen wird. Das ist gewollt: Die Bindung ist nicht dauerhaft, und die Orientierungswerte der Regelwerke beziehen sich auf den Gesamtgehalt. Eine getrennte Bestimmung des wasserlöslichen Chlorids ist möglich, aber für die Bewertung nach den deutschen Regelwerken nicht vorgesehen.

5.3 Chloridinduzierte Korrosion

Chlorid zerstört die Passivschicht nicht flächig, sondern punktuell, dort, wo örtlich die höchste Konzentration auf die schwächste Stelle der Schicht trifft. An dieser Stelle entsteht eine kleine Anode, der umgebende, noch passive Stahl wirkt als große Kathode. Dieses Flächenverhältnis treibt die Eisenauflösung an der Anode mit hoher Stromdichte an: Lochfraß. Das Chlorid wird dabei nicht verbraucht, es wirkt katalytisch; in der Lochgrube sinkt der pH-Wert durch Hydrolyse der Eisenionen zusätzlich ab, was den Angriff selbst verstärkt.

Daraus folgen die beiden Eigenschaften, die den Chloridangriff gefährlicher machen als die Karbonatisierungskorrosion. Erstens der Querschnittsverlust: Ein Lochfraß kann an einer Stelle in wenigen Jahren einen erheblichen Teil des Stabquerschnitts abtragen, während der Stab sonst intakt bleibt. Zweitens die Unsichtbarkeit: Flächige

© EBB Kompetenzzentrum, Institut für Estrich, Beton und Belag · Neuwieder Straße 4 · 90411 Nürnberg · info@ebb-institut.de · Weitergabe nur unverändert und vollständig · Original: ebb-institut.de/merkblaetter · Stand Oktober 2026 · Dieses Merkblatt ersetzt keine Begutachtung im Einzelfall

Karbonatisierungskorrosion erzeugt voluminösen Rost, der den Beton absprengt und sich früh durch Risse und Abplatzungen zeigt. Lochfraß erzeugt wenig Rostvolumen, zumal die Rostprodukte in feuchtem Beton teils gelöst abwandern; Risse und Abplatzungen treten spät oder gar nicht auf. Dass an einem chloridbelasteten Bauteil „nichts zu sehen ist“, sagt deshalb über den Zustand der Bewehrung wenig aus; eine Sichtprüfung allein erlaubt keine zuverlässige Aussage, weshalb zerstörungsfreie Verfahren wie die Potentialfeldmessung früh und nicht erst nach den ersten Abplatzungen einzusetzen sind.

Ob ein depassivierter Stahl schnell oder langsam korrodiert, bestimmen zwei weitere Größen. Die erste ist der elektrische Widerstand des Betons: Oberhalb von etwa 100 kΩ·cm ist die Korrosionsgeschwindigkeit vernachlässigbar, zwischen 50 und 100 kΩ·cm gering, zwischen 10 und 50 kΩ·cm mäßig; feuchter, chloridhaltiger Beton unterhalb von etwa 10 kΩ·cm lässt hohe Abtragsraten zu; das sind Erfahrungsstufen, gesicherte Grenzwerte nennt auch die TR Instandhaltung nicht. Deshalb kann ein Bauteil trotz 1 M.-% Chlorid jahrelang ohne Schaden bleiben, solange sein Widerstand hoch bleibt, und binnen weniger Winter Querschnitt verlieren, sobald Schmelzwasser steht. Das ist die physikalische Grundlage des Instandsetzungsprinzips „Trockenhalten“, und zugleich seine Grenze: Chloride sind hygroskopisch. Natriumchlorid hält den Beton ab etwa 75 % relativer Luftfeuchte feucht, Calcium- und Magnesiumchlorid, wie sie in Tausalzen vorkommen, bereits ab etwa 30 bis 35 %. Chloridhaltiger Beton in einer Tiefgarage mit 60 bis 90 % Luftfeuchte erreicht die „trockenen“ Widerstandswerte deshalb selten von selbst, auch wenn kein flüssiges Wasser mehr zutritt. Die zweite Größe ist der Sauerstoff: Bauteile gegen Erdreich oder unter wassergesättigter Abdeckung sind sauerstoffarm und korrodieren langsam; eine Beschichtung auf einer Betonoberfläche wirkt dagegen nicht als Sauerstoffsperre, sondern über die Absenkung der Feuchte.

Im Rissbereich schließlich gelten die Erfahrungswerte nicht: Im Riss erreicht Chlorid den Stahl in Monaten statt Jahrzehnten, und das DAfStb-Positionspapier nimmt Rissbereiche ausdrücklich von seinen Erfahrungswerten aus. Das Positionspapier sagt dazu, Risse seien bei Chloridangriff stets dauerhaft zu schließen; ob sie vorher ausgeräumt werden müssen oder ob ein Schutzsystem nach dem Schließen genügt, ist nach Einwirkdauer, Chloridgehalt, Betonqualität, Deckung und Umgebung im Einzelfall zu entscheiden, und das ist Sache des Planers. Trennrisse in Bodenplatten, Arbeitsfugen, Hohlkehlen an Stützenfüßen und Wandsockeln sowie Rampenfußpunkte gehören in Tiefgaragen zu den Stellen, an denen Korrosion zuerst auftritt.

5.4 Zusammenwirken mit der Karbonatisierung

Das Friedelsche Salz ist nur im alkalischen Milieu stabil. Erreicht die Karbonatisierungsfront eine chloridhaltige Zone, zerfällt es, und das bis dahin gebundene Chlorid geht in die Porenlösung über, genau dort, wo der pH-Wert gleichzeitig fällt. Die Karbonatisierung setzt also an einer Stelle den vollen Chloridgehalt frei, der zuvor zu einem erheblichen Teil unschädlich gebunden war. Zusätzlich schiebt die Karbonatisierungsfront das freie Chlorid vor sich her, so dass sich unmittelbar vor der Front ein Maximum des freien Chlorids aufbaut. Liegt die Bewehrung in diesem Bereich, treffen drei ungünstige Bedingungen zusammen: hoher freier Chloridgehalt, absinkender pH-Wert und, in einer Tiefgarage, ausreichende Feuchte und Sauerstoff.

Der gemeinsame Nenner beider Vorgänge ist das Verhältnis von Chlorid zu Hydroxid an der Stahloberfläche: Viel Hydroxid, also hoher pH-Wert, verträgt viel Chlorid; wenig Hydroxid verträgt wenig. Deshalb kann Chlorid den Stahl auch bei pH 13 depassivieren, wenn genug davon da ist, und deshalb genügt in karbonatisiertem Beton ein Bruchteil davon. Die Karbonatisierung ist nicht die Bedingung für die Chloridkorrosion, sie senkt die Schwelle.

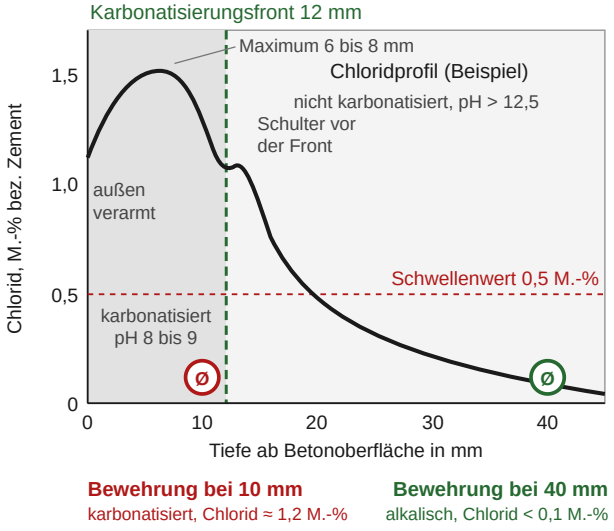


Bild 1: Schematisches Chloridprofil und Karbonatisierungsfront in einem Tiefgaragenbauteil (Schema, keine Messwerte, nicht das Beispiel aus Kapitel 8): außen verarmt, Maximum in der zweiten Tiefenstufe, Schulter vor der Front. Dieselbe Betonrandzone ist für eine Bewehrung in 40 mm Tiefe unkritisch und für eine Bewehrung in 10 mm Tiefe korrosionsauslösend. Der Messwert allein entscheidet nichts; die Lage der Bewehrung entscheidet.

© EBB Kompetenzzentrum, Institut für Estrich, Beton und Belag · Neuwieder Straße 4 · 90411 Nürnberg · info@ebb-institut.de · Weitergabe nur unverändert und vollständig · Original: ebb-institut.de/merkblaetter · Stand Oktober 2026 · Dieses Merkblatt ersetzt keine Begutachtung im Einzelfall

Teil B: Was die Werte bedeuten

6 Begriffe, Orientierungs- und Grenzwerte

6.1 Begriffe, die auseinanderzuhalten sind

Die meisten Fehlschlüsse bei Chloridbefunden entstehen nicht durch falsche Messwerte, sondern durch verwechselte Begriffe. Die folgenden tragen jeweils eine andere Bedeutung, und keiner ersetzt den anderen.

Begriff	Bedeutung
Chloridklasse	Herstellgrenze für neuen Beton nach DIN EN 206 / DIN 1045-2 (Cl 0,40 für Stahlbeton). Sagt, wie viel Chlorid mit den Ausgangsstoffen eingebracht werden darf. Kein Bewertungsmaßstab für den Bestand.
Schwellenwert	0,5 M.-% bezogen auf Zement bei Stahlbeton, 0,2 M.-% bei Spannbeton, nach TR Instandhaltung und RL SIB: der Wert in der Betondeckung, ab dem der sachkundige Planer festlegt, ob Maßnahmen erforderlich sind. Löst eine Ereigniskette aus; ist weder Korrosionsnachweis noch Entwarnung darunter.
Kritischer Chloridgehalt	Der Gehalt an der Stahloberfläche, bei dem der Stahl im konkreten Bauteil depassiviert. Keine Konstante, sondern eine Größe, die von Betonqualität an der Stahloberfläche, pH-Wert, Feuchte, Sauerstoff, Stahloberfläche und Kontaktzone abhängt und um mehr als eine Zehnerpotenz streut.
Erfahrungswert	Aus Bauwerken und Versuchen abgeleitete Bereiche, etwa im DAfStb-Positionspapier. Gelten nur unter den dort genannten Bedingungen; außerhalb davon, etwa bei geringer Deckung oder Karbonatisierung bis an den Stahl, ausdrücklich nicht.
Bezugsgröße	Ob ein Wert auf die Zementmasse oder auf die Betonmasse bezogen ist. Dieselbe Chloridmenge ergibt bezogen auf Beton eine rund sieben- bis achtmal kleinere Zahl. Ohne Bezugsgröße ist eine Angabe nicht einzuordnen.
Orientierungswert, Grenzwert	„Orientierungswerte“ fasst in diesem Merkblatt Chloridklasse, Schwellenwert und Erfahrungswerte zusammen. Einen Grenzwert im Sinne einer Grenze zwischen schädlich und unschädlich gibt es für den Bestand nicht.

6.2 Frischbeton: Chloridklassen

DIN EN 206 in Verbindung mit DIN 1045-2 begrenzt den Chloridgehalt, der mit den Ausgangsstoffen in den Beton eingebracht werden darf, über Chloridgehaltsklassen. Der zulässige Höchstwert wird als Massenanteil bezogen auf den Zement, bei anrechenbaren Zusatzstoffen auf Zement plus angerechneten Zusatzstoff, angegeben. In Deutschland gelten nach DIN 1045-2:2023, Tabelle 17: Cl 1,0 für Beton ohne Bewehrung oder eingebettetes Metall, Cl 0,40 für Stahlbeton und Cl 0,20 für Spannbeton; DIN EN 206 lässt den Ländern die Wahl zwischen mehreren Klassen, die deutschen Werte sind die nationale Festlegung.

Diese Werte sind Herstellgrenzen, die einen Abstand zum kritischen Gehalt sichern sollen. Der Wert 0,40 M.-% ist damit ein Ausgangswert für neuen Beton, kein Bewertungsmaßstab für den Bestand. Die Chloridklassen in dieser Form gelten in Deutschland seit DIN 1045-2:2001; die älteren Ausgaben der DIN 1045 begrenzten nur den Chloridgehalt der einzelnen Ausgangsstoffe. Ein Messwert über 0,40 M.-% in einem älteren Bauteil ist deshalb kein Nachweis eines Herstellungsmangels. Ob er eingedrungenes oder eingemischtes Chlorid zeigt, sagt die Profilform (Kapitel 5.1); in beiden Fällen ist er als Befund im Bestand zu bewerten.

6.3 Bestand: der Schwellenwert 0,5 M.-%

Für die Bewertung bestehender Bauteile legt die Technische Regel „Instandhaltung von Betonbauwerken“ des DIBt (TR Instandhaltung, Mai 2020) in Wiedergabe fest: Werden bei Stahlbetonbauteilen in der Betondeckungsschicht Chloridgehalte über 0,5 % bezogen auf die Zementmasse ermittelt, bei Spannbetonbauteilen über 0,2 %, ist bei der Instandhaltungsplanung festzulegen, ob Maßnahmen zur Abwehr von Korrosionsschäden erforderlich sind, und zwar auch dann, wenn an der Betonoberfläche keine Anzeichen von Korrosion feststellbar sind. Die Regel nennt diesen Wert ausdrücklich einen Schwellenwert im ungerissenen Beton, der vom kritischen korrosionsauslösenden Chloridgehalt abzugrenzen ist: Bei seiner Überschreitung tritt nicht notwendigerweise die Depassivierung ein, sondern es wird eine Ereigniskette in Gang gesetzt, nämlich die

© EBB Kompetenzzentrum, Institut für Estrich, Beton und Belag · Neuwieder Straße 4 · 90411 Nürnberg · info@ebb-institut.de · Weitergabe nur unverändert und vollständig · Original: ebb-institut.de/merkblaetter · Stand Oktober 2026 · Dieses Merkblatt ersetzt keine Begutachtung im Einzelfall

Begutachtung durch den sachkundigen Planer mit gegebenenfalls anschließenden Maßnahmen; Risse und Fehlstellen sind gesondert zu betrachten. Derselbe Wert stand bereits in der DAfStb-Richtlinie „Schutz und Instandsetzung von Betonbauteilen“ (RL SIB, 2001), deren Teile zu Ausführung und Überwachung weiter gelten, während die TR Instandhaltung für Planung und Produkte Vorrang hat. Das DAfStb-Positionspapier zum kritischen korrosionsauslösenden Chloridgehalt vom 8. Oktober 2015 bestätigt diese Einordnung: Schwellenwert, nicht kritischer Gehalt, nicht Korrosionsnachweis. Alle diese Werte sind auf den säurelöslichen Gesamtchloridgehalt festgelegt, nicht auf wasserlösliche Anteile (Kapitel 9.3).

Das Positionspapier (gezeichnet Schnell und Raupach) fasst zugleich, in Wiedergabe, den Kenntnisstand zusammen, der für die Einordnung eines Messwerts wichtig ist: Aus der Praxis sind keine relevanten Fälle bekannt, in denen bei fachgerecht zusammengesetztem, eingebrachtem und verdichtetem Beton Betonstahlkorrosion unter 0,4 M.-% auf Höhe der Bewehrung festgestellt wurde; in vielen Bauwerken und Prüfkörpern lösen Gehalte von teils deutlich über 1,0 M.-% keine aktive Korrosion aus; unter praxisnahen Bedingungen mit zweifelsfreien Angaben zu Probenahme und Analyse wurden am Bohrmehl fast ausschließlich kritische Werte über 0,5 M.-% ermittelt, die wenigen Ausnahmen zwischen 0,4 und 0,5 M.-%; in Laboruntersuchungen an XD3-Betonen unter anodischer Polarisation lagen die korrosionsauslösenden Gehalte zwischen 0,9 und 1,8 M.-%, in Untersuchungen zur Kontaktzone zwischen 0,5 und 2,1 M.-% mit einem Mittel um 1,2 M.-%. Ältere Literaturwerte darunter hält das Papier für schwer bewertbar, weil Angaben zu Probenahme, Analysemethode und Umrechnung fehlen; der kritische Chloridgehalt ist keine Konstante, sondern eine breit streuende Größe. Und das Papier benennt die Bedingungen, unter denen die Erfahrungswerte nicht gelten: Betondeckung unter 15 mm oder Karbonatisierungsfront näher als 5 mm an der Bewehrung, erhöhte Porosität oder Kiesnester, verstärkte Auslaugung, verstärkte Polarisierung durch Streuströme, gerissener Beton. Der Schwellenwert 0,5 M.-% ist danach für Betonstahl nach den Worten des Papiers zweifelsohne richtig und liegt eher auf der sicheren Seite. Die Randbedingungen gehen auf die Auswertung von Breit, Dauberschmidt, Gehlen, Sodeikat, Taffe und Wiens (Beton- und Stahlbetonbau 2011) zurück, in Wiedergabe: An rund 4.600 Chloridprofilen norwegischer Meerwasserbrücken wurde bis 0,44 M.-% keine Korrosion festgestellt, sichtbare Korrosion ab 0,70 bis 0,76 M.-%, starke Schäden ab 1,10 bis 1,23 M.-%; an einer Münchner Tiefgarage war Korrosion an Wandfüßen bei rund 0,4 M.-% dann festzustellen, wenn die Betondeckung unter 15 mm lag, bei größerer Deckung erst bei deutlich höheren Gehalten; an einem weiteren Parkhaus wurde unter rund 0,7 M.-% keine aktive Korrosion gefunden. Die Autoren haben in keinem praxisrelevanten Fall eine Korrosionsinitiierung unter 0,5 M.-% festgestellt und bestätigen den Wert als unteren Grenzwert, ausdrücklich nur für ungerissenen, gut verdichteten und bis zur Bewehrung nicht karbonatisierten Kernbeton mit Deckung von mindestens 15 mm; die Bindemittelart beeinflusst den kritischen Chloridgehalt nach den dort ausgewerteten Untersuchungen nicht signifikant.

Was aus 0,5 M.-% folgt und was nicht, in beide Richtungen. Ein Chloridgehalt über 0,5 M.-% in Bewehrungstiefe ist kein Beweis, dass die Bewehrung korrodiert; er ist die Schwelle, ab der ein sachkundiger Planer zu prüfen hat, ob und welche Maßnahmen unter Berücksichtigung der Restnutzungsdauer erforderlich sind. Umgekehrt ist ein Wert unter 0,5 oder unter 0,4 M.-% keine Entwarnung, wenn geringe Betondeckung, Karbonatisierung bis nahe an den Stahl, poröser oder gerissener Beton vorliegen. Aus einem Messwert allein folgt weder „schädlich“ noch „unschädlich“, sondern die Bewertung der Randbedingungen; die Regelwerke sehen bei Überschreitung diese Bewertung vor, nicht das Abwarten.

6.4 Bezugsgröße Zement oder Beton

Alle genannten Werte beziehen sich auf die Zementmasse. Das Labor misst jedoch die Chloridmasse in der Betonprobe und gibt sie zunächst bezogen auf die Betonmasse an. Die Umrechnung verlangt den Zementgehalt des Betons; ist er unbekannt, wird er aus Unterlagen abgeleitet, nach DIN 52170 analytisch bestimmt (Unsicherheit 15 bis 20 %) oder mit einer Annahme belegt, die im Bericht ausgewiesen wird. Die TR Instandhaltung verlangt, bei unbekannter Betonzusammensetzung den Zementgehalt auf der sicheren Seite liegend abzuschätzen, also eher niedrig, weil ein niedriger Zementgehalt den Zementbezugswert erhöht; DIN EN 14629 nennt als häufige Annahme für Normalbeton 14 M.-% Zement im Beton, das entspricht etwa 350 kg/m³. Bei einem Zementgehalt von 320 kg/m³ und einer Rohdichte von 2.380 kg/m³ entspricht 1 M.-% bezogen auf Beton etwa 7,4 M.-% bezogen auf Zement. Die Tabelle zeigt, wo die Orientierungswerte bezogen auf Beton liegen, je nach angesetztem Zementgehalt.

© EBB Kompetenzzentrum, Institut für Estrich, Beton und Belag · Neuwieder Straße 4 · 90411 Nürnberg · info@ebb-institut.de · Weitergabe nur unverändert und vollständig · Original: ebb-institut.de/merkblaetter · Stand Oktober 2026 · Dieses Merkblatt ersetzt keine Begutachtung im Einzelfall

Zementgehalt kg/m³	1 M.-% Beton entspricht M.-% Zement	0,4 M.-% Zement in M.-% Beton	0,5 M.-% Zement in M.-% Beton	1,0 M.-% Zement in M.-% Beton
280	8,5	0,047	0,059	0,118
300	7,9	0,050	0,063	0,126
320	7,4	0,054	0,067	0,134
350	6,8	0,059	0,074	0,147

Rohdichte 2.380 kg/m³ angenommen; andere Rohdichten verschieben die Werte entsprechend.

Diese Umrechnung ist eine der häufigsten Fehlerquellen bei der Bewertung von Chloridgehalten. Ein Wert von 0,10 M.-% bezogen auf Beton klingt gering, entspricht aber rund 0,7 M.-% bezogen auf Zement und liegt damit über dem Schwellenwert. Jede Angabe eines Chloridgehalts braucht die Nennung der Bezugsgröße, sonst ist sie nicht einzuordnen. Der angenommene Zementgehalt ist eine der Unsicherheiten des Zementbezugswerts, 280 statt 320 kg/m³ erhöhen jeden Wert um 14 %; größer ist oft die Streuung der Probe selbst, je nachdem, wie viel Gesteinskorn das Bohrloch getroffen hat. Fachlich erforderlich ist deshalb, den Betonbezugswert als Messgröße und den Zementbezugswert als Rechenwert mit der zugrunde gelegten Annahme auszuweisen; bei ungesichertem Zementgehalt zeigt eine Spanne, wie empfindlich die Einordnung gegenüber der Annahme ist. Bei Betonen mit Flugasche ist zusätzlich zu nennen, ob der Bezug auf den Zement allein oder auf Zement plus angerechneten Zusatzstoff gewählt wurde; TR Instandhaltung und DIN 1045-2 lassen den Bezug auf Zement plus angerechnete Zusatzstoffe des Typs II zu. Ein geringer Grundgehalt an Chlorid aus der Gesteinskörnung, der nach DIN 1045-2 für die Gesteinskörnung bis 0,04 M.-% zulässig ist und im Beton meist deutlich unter 0,02 M.-% liegt, ist kein Tausalz; eine Referenzprobe aus einer unbelasteten Tiefe oder einem unbelasteten Bauteil ordnet ihn im Einzelfall ein.

6.5 Was „kritisch“ bedeutet

Der kritische korrosionsauslösende Chloridgehalt ist nach der Definition des DAfStb der Gehalt auf Höhe der Bewehrung, bei dem der Stahl depassiviert und aktive Korrosion beginnt. Er hängt von der Betonqualität an der Stahloberfläche, vom pH-Wert der Porenlösung, vom Feuchtegehalt, vom Sauerstoffangebot, vom Zustand der Stahloberfläche und von Fehlstellen in der Kontaktzone ab. In der internationalen Literatur streuen die ermittelten Werte um mehr als eine Zehnerpotenz. Für die Praxis hat sich ein abgestuftes Vorgehen bewährt, das auf dem gestuften Verfahren der RL SIB beruht: Werden bei einer überschlägigen Prüfung Werte über 0,2 M.-% in der Betondeckung festgestellt, sind Chloridprofile zu ermitteln; über 0,5 M.-% ist zur Beurteilung der erforderlichen Maßnahmen ein sachkundiger Planer einzuschalten. Als Praxisregel, nicht als Regelwerksvorgabe, heißt das: unter 0,2 M.-% in der Regel unkritisch, sofern keine der in Kapitel 6.3 genannten Ausnahmebedingungen vorliegt; zwischen 0,2 und 0,5 M.-% Bewertung nach den Randbedingungen; über 0,5 M.-% Festlegung der Maßnahmen durch den sachkundigen Planer. Die 0,2 M.-% haben mit der Spannbeton-Chloridklasse Cl 0,20 nur die Zahl gemeinsam. Die drei Randbedingungen, die am häufigsten den Ausschlag geben, sind die Betondeckung, die Karbonatisierungstiefe und die Feuchte.

Für Spannstahl gelten diese Erfahrungswerte nicht. Das Positionspapier des DAfStb bezieht sich ausdrücklich auf Betonstahl. Spannstahl ist durch Spannungsrisskorrosion und Wasserstoffversprödung empfindlicher, Hüllrohre und Verankerungen sind Schwachstellen, und vorgespannte Parkdecks und Spannbetonhohlplatten kommen in Tiefgaragen vor, ohne dass man es ihnen ansieht; Planeinsicht und Hüllrohrortung klären das vor der Untersuchung, zumal die Potentialfeldmessung Spannglieder in Hüllrohren nicht erfasst. Für Spannbeton liegt der Schwellenwert der TR Instandhaltung bei 0,2 M.-%, und Chloridbefunde an Spannbetonbauteilen gehören unabhängig von ihrer Höhe in die Hand des sachkundigen Planers.

7 Betondeckung und Expositionsklassen

Die Betondeckung ist der Weg, den Karbonatisierung und Chlorid zurücklegen müssen. Sie ist deshalb neben der Betonqualität die wirksamste einzelne Dauerhaftigkeitsmaßnahme, und sie ist bei Altbauten die am häufigsten verletzte. DIN EN 1992-1-1 mit nationalem Anhang und DIN 1045-2 legen die Anforderungen nach Expositionsklassen fest. Für die hier behandelten Einwirkungen:

Klasse	Einwirkung, Beispiel	$c_{min,dur}$	c_{nom}	w/z	Beton
XC1	trocken; Innenbauteile	10	20	0,75	C16/20
XC3	mäßige Feuchte; offene Hallen	20	35	0,65	C20/25
XC4	wechselnd nass und trocken; außen	25	40	0,60	C25/30

© EBB Kompetenzzentrum, Institut für Estrich, Beton und Belag · Neuwieder Straße 4 · 90411 Nürnberg · info@ebb-institut.de · Weitergabe nur unverändert und vollständig · Original: ebb-institut.de/merkblaetter · Stand Oktober 2026 · Dieses Merkblatt ersetzt keine Begutachtung im Einzelfall

Klasse	Einwirkung, Beispiel	$c_{min,dur}$	c_{nom}	w/z	Beton
XD1	mäßige Feuchte, Sprühnebel	30	45	0,55	C30/37
XD2	nass, selten trocken; Solebäder, salzhaltiges Wasser	35	50	0,50	C35/45
XD3	wechselnd nass und trocken; Parkdecks, Tiefgaragen, Rampen	40	55	0,45	C35/45

Deckungen in mm. Quelle: DIN EN 1992-1-1 mit nationalem Anhang ($c_{min,dur}$ nach Expositionsklasse; Vorhaltemaß Δc_{dev} = 15 mm, für XC1 10 mm); DIN 1045-2:2023-08, Tabelle F.1: höchstzulässiger w/z, Mindestfestigkeitsklasse, für XD2 und XD3 außerdem Mindestzementgehalt 320 kg/m³. Einzelheiten in den Normen.

Die Tabelle zeigt, worauf die heutige Normung die Dauerhaftigkeit einer Tiefgarage gründet: 40 mm Mindestdeckung, 55 mm Nennmaß, ein Wasserzementwert von höchstens 0,45 und ein Beton C35/45; für befahrene horizontale Flächen in XD3 hält die TR Instandhaltung unter Verweis auf DAfStb-Heft 600 die Begrenzung der Rissbreite allein nicht für ausreichend und nennt zusätzliche Maßnahmen wie eine rissüberbrückende Beschichtung, weil Chlorid auch in schmale Risse tief eindringt; Trennrisse sind dabei wesentlich kritischer als Biegerisse. Bauwerke aus den 1960er- bis 1980er-Jahren erfüllen davon in der Regel wenig: Die damaligen Ausgaben der DIN 1045 kannten keine Expositionsklassen, und Tiefgaragen wurden in der Praxis als Bauteile in geschlossenen Räumen mit Mindestdeckungen in der Größenordnung von 2 cm bemessen. Hinzu kommen die üblichen Ausführungsabweichungen: fehlende oder verrutschte Abstandhalter, an der Oberseite von Bodenplatten beim Betonieren niedergetretene Bewehrung. Gemessene Deckungen unter 10 mm an Tiefgaragenbodenplatten dieser Baujahre sind bei Bestandsuntersuchungen keine Ausnahme.

Die Deckung wird deshalb gemessen und nicht aus den Plänen übernommen: zerstörungsfrei im Raster, auf den Stabdurchmesser eingestellt, und stichprobenartig durch Freilegen zum Abgleich. Angegeben werden Mittelwert, Verteilung und ein unteres Quantil (5 % oder 10 %), dazu das an Freilegestellen bestätigte Minimum; für die Bewertung zählt der ungünstige Bereich der Verteilung, und ein Einzelminimum aus dem Gerät allein ist durch Rödeldraht, Abstandhalter oder Doppellagen täuschbar. Eine Falle verdient einen eigenen Satz: Liegt auf dem Konstruktionsbeton ein Estrich oder ein Gefällebeton, zeigt das Gerät durch diese Schicht hindurch zum Beispiel 50 bis 70 mm Deckung, während die Deckung des tragenden Bauteils 10 mm beträgt. Alle Tiefenangaben, auch die der Chloridstufen, beziehen sich auf die Oberfläche des Konstruktionsbetons, und der Aufbau ist vorher zu klären.

8 Der ungünstige Fall: ein Rechenbeispiel

Die Kapitel 4 bis 7 laufen auf eine Konstellation zu, die in Tiefgaragen der genannten Baujahre regelmäßig angetroffen wird. Ein Rechenbeispiel, bewusst ohne Bezug auf ein bestimmtes Objekt, macht sie greifbar. Bodenplatte, Baujahr 1978, untersucht 2023, Beton nach damaligem Stand etwa B 25 mit geschätztem w/z-Wert um 0,6, Zementart unbekannt, Zementgehalt nach fachüblicher Annahme 300 kg/m³ bei 2.380 kg/m³ Rohdichte. Gemessene Betondeckung der oberen Bewehrung 6 bis 11 mm. Karbonatisierungstiefe im Mittel 16 mm, 90-%-Quantil 22 mm, was bei diesem Beton und 45 Jahren einem Koeffizienten von 2,4 bis 3,3 mm/√Jahr entspricht. Chloridgehalt, gemessen als 0,14 / 0,08 / 0,03 M.-% bezogen auf Beton in den Tiefenstufen 0 bis 10, 10 bis 20 und 20 bis 30 mm, bezogen auf den angenommenen Zementgehalt 1,1 / 0,6 / 0,2 M.-%. Das Bohrmehl wurde nach Ortung zwischen den Stäben entnommen.

Die Bewertung ergibt sich Schritt für Schritt. Die Bewehrung liegt mit 6 bis 11 mm an der Grenze der ersten beiden Tiefenstufen; maßgebend ist dann der ungünstigere Wert, hier 1,1 M.-%, mehr als das Doppelte des Schwellenwerts, und bei einem solchen Befund sind 5-mm-Stufen im oberflächennahen Bereich die sachgerechte Auflösung für eine Nachuntersuchung. Selbst wenn der Zementgehalt 350 kg/m³ betragen hätte, läge der Wert bei rund 0,95 M.-%; die Annahme ändert die Einordnung nicht. Die Karbonatisierungsfront liegt im Mittel 5 mm und mehr hinter der Bewehrung; damit sind die Bedingungen erfüllt, unter denen das DAfStb-Positionspapier die Erfahrungswerte für den kritischen Gehalt nicht mehr gelten lässt. In der karbonatisierten Zone ist das Friedelsche Salz zerfallen, das Chlorid liegt frei vor. Die Tiefgarage ist im Winter durch Schmelzwasser feucht, Sauerstoff ist über die Rampe und die Lüftung vorhanden. Alle Bedingungen für chloridinduzierte Korrosion sind gegeben; dass Risse und Abplatzungen fehlen, ist nach Kapitel 5.3 die zu erwartende Erscheinung des Lochfraßes, nicht ein Gegenbeweis.

Was in diesem Fall aus dem Befund folgt, ist nicht automatisch der Betonabtrag auf der ganzen Fläche. Es folgt die fachliche Notwendigkeit, den Zustand der

© EBB Kompetenzzentrum, Institut für Estrich, Beton und Belag · Neuwieder Straße 4 · 90411 Nürnberg · info@ebb-institut.de · Weitergabe nur unverändert und vollständig · Original: ebb-institut.de/merkblaetter · Stand Oktober 2026 · Dieses Merkblatt ersetzt keine Begutachtung im Einzelfall

Bewehrung festzustellen: Potentialfeldmessung zur Eingrenzung aktiver Bereiche, Freilegen an den Stellen mit dem negativsten Potential, Beurteilung des Querschnittsverlusts, Feuchtemessung. Erst daraus ergibt sich das Instandsetzungsprinzip. Was in diesem Fall dagegen nicht folgt, ist die Aussage, der Wert sei unbedenklich. Sie lässt sich mit keinem der genannten Regelwerke begründen.

Warum die Zementart in diesem Fall keine Rolle spielt. Ob der Beton mit CEM I oder mit einem Hochofenzement hergestellt wurde, erklärt allenfalls die Höhe des gemessenen Koeffizienten (Kapitel 4.3). Mit 2,4 bis 3,3 mm/√Jahr hat die Front die 10 mm bereits nach 9 bis 17 Jahren erreicht; am Ergebnis nach 45 Jahren ändert die Zementart nichts. Die Zementart ist bei ausreichender Deckung ein maßgebender Dauerhaftigkeitsparameter; bei einer Deckung von 6 bis 11 mm verschiebt sie nur den Zeitpunkt, nicht das Ergebnis. Das Argument „der Beton ist gut, es ist ein Hochofenzement“ ist deshalb in einer solchen Konstellation gegenstandslos.

Teil C: Untersuchung

9 Untersuchung im Bestand

9.1 Bauteilkarte Tiefgarage

Eine Tiefgarage ist kein einheitliches Bauteil (Kapitel 4.2: am Boden chloridgesteuert, an Decke und Wänden karbonatisierungsgesteuert), und die Wasserführung bestimmt, wo das Chlorid ankommt: Abtropfzonen der Fahrzeuge in Stellplatzmitte, Pfützen an Tiefpunkten und vor verstopften Abläufen, Rampenfußpunkte, Hohlkehlen an Stützen und Wänden, undichte Fugen und Risse, unter denen es an der Untersicht tropft und aussintert. Die Tabelle ordnet den Bauteilen Einwirkung, Schadensbild, Messgröße und Probenahme zu; sie ersetzt keine objektbezogene Planung, verhindert aber einen der häufigsten Fehler: an der falschen Stelle zu messen.

Bauteil	Einwirkung, typisches Schadensbild	Messgröße, Probenahme
Bodenplatte, Zwischendecke, Oberseite	Chlorid von oben, wechselnd nass und trocken, Karbonatisierung gering. Lochfraß an der oberen Lage ohne sichtbare Anzeichen; Trennrisse aussinternd.	Chloridprofil in Bewehrungstiefe, Deckung, Feuchte, Potentialfeld. Probenahme in Stellplatzmitte (Abtropfzone), Fahrgasse zum Vergleich, Tiefpunkte und Pfützen, Trennrisse mit Paarprobe im Riss und 30 cm daneben, Referenz im unbelasteten Bereich.
Decke, Untersicht	Trocken, gutes CO_2-Angebot; Chlorid nur unter undichten Rissen, Fugen und Tropfstellen. Flächige Karbonatisierungskorrosion bei geringer Deckung, Abplatzungen; örtlich Lochfraß unter Tropfstellen mit „umgekehrtem“ Profil.	Karbonatisierungstiefe gegen Deckung; unter Tropfstellen zusätzlich Chloridprofil. Flächenraster der Deckung, Karbonatisierung an mehreren Stellen, Chlorid gezielt an Aussinterungen und Tropfstellen.
Stützenfuß, Wandsockel	Spritz- und Schwallwasser bis etwa 30 bis 50 cm Höhe, stehendes Wasser in der Hohlkehle. Lochfraß an Bügeln und Längsstäben im Sockelbereich, Abplatzungen an Kanten.	Chloridprofil in mehreren Höhen, Deckung an Kanten, Feuchte. Probenahme in der Hohlkehle, in 10 bis 30 cm, 50 bis 70 cm und 100 bis 150 cm Höhe, Seite zur Fahrgasse und abgewandte Seite, Kanten gesondert.
Rampe	Stärkster Tausalzeintrag, Schmelzwasser sammelt sich am Fußpunkt. Lochfraß, Verschleiß der Oberfläche, Risse quer zur Fahrtrichtung.	Chloridprofil, Deckung, Rissaufnahme. Probenahme am Rampenfußpunkt, in der Rinne, in Rampenmitte; Beschichtung vorher örtlich entfernen.

© EBB Kompetenzzentrum, Institut für Estrich, Beton und Belag · Neuwieder Straße 4 · 90411 Nürnberg · info@ebb-institut.de · Weitergabe nur unverändert und vollständig · Original: ebb-institut.de/merkblaetter · Stand Oktober 2026 · Dieses Merkblatt ersetzt keine Begutachtung im Einzelfall

Bauteil	Einwirkung, typisches Schadensbild	Messgröße, Probenahme
Fugen, Risse, Einbauteile	Direkter Wasserweg zur Bewehrung und zur Untersicht. Korrosion entlang des Risses, Aussinterungen, Tropfstellen darunter.	Rissaufnahme, Chlorid im Riss, Deckung an der Stelle, Zustand der Fugenbänder. Auffälligkeiten wie Ausblühungen, Aussinterungen und Rostfahnen kartieren und dort beproben; Paarproben im Riss und neben dem Riss, Untersicht unter dem Riss.

Zwei Fallen kommen bei allen Bauteilen vor. Erstens die Schichtgrenze (Kapitel 7): Bohrmehl aus Estrich oder Gefällebeton ist kein Konstruktionsbeton; alle Tiefen beziehen sich auf den tragenden Beton. Zweitens die Beschichtung: Chlorid unter einem später aufgebrachten, intakten Schutzsystem stammt aus der Zeit davor, die Karbonatisierung darunter ist weitgehend eingefroren, und eine Potentialfeldmessung ist durch eine isolierende Beschichtung nicht möglich; vor die Bewertung gehört die Frage, wann beschichtet wurde und ob das System noch dicht ist.

9.2 Messgrößen in sinnvoller Reihenfolge

Jede Größe ordnet die nächste ein: Die Lage der Bewehrung sagt, in welcher Tiefe Karbonatisierung und Chlorid zu bewerten sind; beide zusammen mit der Feuchte sagen, ob Korrosion möglich ist; Potentialfeld und Freilegen sagen, ob sie läuft. Alle Messgrößen gehören an dieselben Stellen; ihr Umfang richtet sich nach Bauteil, Fragestellung und Auftrag, und die folgenden Angaben beschreiben, was fachlich in der Regel erforderlich ist, damit ein Befund bewertbar wird. Die Altbetonklasse nach TR Instandhaltung (Druckfestigkeit, Oberflächenzugfestigkeit) ist keine Größe der Korrosionsbewertung, sondern eine Eingangsgröße für die Planung der Instandsetzungssysteme und wird zweckmäßig mit erhoben.

- **Bewehrungsortung und Betondeckung:** Rastermessung mit dem Deckungsmessgerät, auf den Stabdurchmesser eingestellt, Abgleich durch Freilegen an einigen Stellen, Angabe von Mittelwert, Verteilung, unterem Quantil und bestätigtem Minimum je Bauteil. Die Ortung bestimmt zugleich, wo das Bohrmehl zwischen den Stäben entnommen wird und wo Rödeldraht, Abstandhalter und Doppellagen das Bild verfälschen können.
- **Karbonatisierungstiefe:** nach DIN EN 14630 mit Phenolphthaleinlösung auf einer frischen Bruchfläche, nicht auf einer Bohrkernmantelfläche oder gesägten Fläche. Nicht karbonatisierter Beton färbt sich kräftig rotviolett, karbonatisierter bleibt farblos; der Umschlag liegt bei pH 8,2 bis 9,8. Weil die Passivität schon zwischen pH 9 und 11,5 verloren gehen kann, markiert die Farbgrenze die Untergrenze der kritischen Zone; die Indikatorprüfung unterschätzt die kritische Tiefe um einige Millimeter. Gemessen wird unmittelbar nach dem Aufbrechen und sofort mit Maßstab fotografiert, weil die Bruchfläche nachkarbonatisiert und die Färbung verblasst. DIN EN 14630 sieht den Mittelwert vor, bei unregelmäßiger Front zusätzlich den größten Einzelwert; weil für die Bewehrung die tiefen Ausreißer maßgebend sind, hat sich nach TR Instandhaltung (Tabelle 1) für die Auswertung der Karbonatisierungstiefen der Ansatz des 90-%-Quantilwerts bewährt, bei kleinen Stichproben näherungsweise, Normalverteilung vorausgesetzt, als Mittelwert plus etwa 1,3-fache Standardabweichung, eine Ergänzung dieses Merkblatts. Die TR verlangt, Tiefe der Karbonatisierungsfront und ihren Abstand von der Bewehrung festzustellen und zu beurteilen.
- **Chloridprofil:** Bei Verdacht auf eingedrungene Chloride verlangt die TR Instandhaltung, Art und Gehalt in einem Tiefenprofil zu ermitteln, und nennt dafür das Chloridprofil über Bohrmehlproben nach DAfStb-Heft 401; die Analyse des Gesamtchloridgehalts erfolgt nach DIN EN 14629 (Kapitel 9.3), die Angabe bezogen auf Beton und auf Zement mit dem angesetzten Zementgehalt. Bohrmehl in Mischproben ist damit das Regelverfahren, weil das Profil in Tiefenschritten aufgelöst werden muss und eine Nassbohrung Chlorid auswaschen würde; DIN EN 14629 lässt daneben trocken geschnittene oder stufenweise gemahlene Bohrkerne zu. Die Norm sieht Tiefenstufen von in der Regel höchstens 25 mm vor und verwirft üblicherweise die Oberflächenschicht; 10 mm sind in der Praxis der Regelfall; bei Deckungen unter 20 mm oder einer Karbonatisierungsfront nahe der Bewehrung sind 5 mm in den ersten beiden Stufen sachgerecht, und eine Stufe hinter der Bewehrung macht das Nachwanderpotential sichtbar. Liegt die Bewehrung an einer Stufengrenze, gilt der ungünstigere Wert; jede Stufe liefert ohnehin einen Mittelwert über ihre Dicke, der örtliche Spitzen an der Stahloberfläche unterschätzt. Die Probenahme entscheidet über den Messwert mehr als die Analyse: Bewehrung orten und zwischen den Stäben bohren, Beschichtung und Verschmutzung vor der ersten Stufe entfernen, trocken bohren mit Tiefenanschlag, Bohrloch und Bohrer vor jeder Stufe reinigen, mehrere Bohrlöcher je Stufe zu

© EBB Kompetenzzentrum, Institut für Estrich, Beton und Belag · Neuwieder Straße 4 · 90411 Nürnberg · info@ebb-institut.de · Weitergabe nur unverändert und vollständig · Original: ebb-institut.de/merkblaetter · Stand Oktober 2026 · Dieses Merkblatt ersetzt keine Begutachtung im Einzelfall

einer Mischprobe vereinigen, bei Größtkorn 32 mm und 20-mm-Bohrer nach Heft 401 bis zu fünf, weil Einzellöcher bei grober Körnung erheblich streuen (nach DIN EN 14629 liefern ein 20-mm-Bohrer und zwei Bohrungen etwa 1 g je Millimeter Tiefenstufe; üblich ist eine Probe von mindestens 20 g), jede Probe mit Bezeichnung, Tiefe und Foto protokollieren. Dazu eine Referenzprobe aus einem unbelasteten Bereich und an Rissen die Paarprobe im Riss und daneben. Die Jahreszeit verschiebt die Oberflächenspitze; bei geringer Deckung wird deshalb der Zeitpunkt der Probenahme dokumentiert.

- **Feuchte und Elektrolytwiderstand:** Feuchtegehalt der Randzone und des Kerns, Hinweise auf Durchfeuchtung, Pfützenbildung, Schmelzwassereintrag, Zustand der Entwässerung; bei Bedarf Messung des spezifischen Betonwiderstands als Einflussgröße der Korrosionsgeschwindigkeit, mit dem Hinweis, dass Oberflächenmessungen temperatur- und oberflächenfeuchteabhängig sind und der Kern nasser sein kann als die Oberfläche.
- **Potentialfeldmessung:** nach DGZfP-Merkblatt B 3 zur flächigen Eingrenzung aktiver Korrosion, ausgewertet vorrangig über Potentialgradienten und die Häufigkeitsverteilung, nicht über Absolutwerte allein. Ihre Grenzen sind bei der Bewertung zu beachten: Sie ist durch elektrisch isolierende Beschichtungen und Abdichtungen hindurch nicht möglich, braucht feuchten Beton und elektrisch durchverbundene Bewehrung, erfasst Spannglieder in Hüllrohren nicht und sagt nichts über die Korrosionsgeschwindigkeit. Sie zeigt, wo freizulegen ist, und sie zeigt, ob es anderswo anders aussieht als an der Freilegestelle.
- **Freilegen und Zustand der Bewehrung:** an den Stellen mit dem negativsten Potential und an Vergleichsstellen; Aufnahme von Rostgrad, Lochfraßtiefe, Querschnittsverlust mit Foto. Die häufigste Fehldeutung beim Freilegen ist Einbaurost oder Walzhaut, die vor dem Betonieren vorhanden war und keinen aktiven Prozess anzeigt; aktive Chloridkorrosion erkennt man an Narben, Lochfraßgruben und dunklen, teils flüssigen Korrosionsprodukten. Ein Querschnittsverlust wird gemessen und dem Tragwerksplaner übergeben, nicht vom Labor bewertet.

9.3 Analysenverfahren für den Chloridgehalt

Für die Bestimmung des Chloridgehalts in Festbeton gibt es eine Norm: DIN EN 14629, Teil der europäischen Normenreihe zu Produkten und Systemen für den Schutz und die Instandsetzung von Betontragwerken (EN 1504), auf der auch die TR Instandhaltung aufbaut. Die Norm sagt in ihrer Einleitung selbst, wo die Grenze zwischen Orientierung und Bestimmung liegt: Schnellprüfverfahren, die nicht Gegenstand der Norm sind, dienen der Bewertung vor Ort; zur genauen Bestimmung des Chloridgehalts sind Proben zu entnehmen und chemisch zu analysieren, und dafür wird entweder das Verfahren nach Volhard oder die potentiometrische Titration als Referenzverfahren genutzt. EN 1504-10 verlangt, den Chloridgehalt bei Entscheidungen zur Abtragstiefe zu berücksichtigen; die Zahl, auf der diese Entscheidung beruht, sollte deshalb, so die Folgerung dieses Merkblatts, nach dem Referenzverfahren bestimmt sein. Daraus folgt die Einordnung, an der dieses Merkblatt festhält: Normativ zulässig für die Bestimmung sind allein das Verfahren nach Volhard und die potentiometrische Titration nach vollständigem Salpetersäureaufschluss. Schnellverfahren am Wasserauszug, etwa Teststäbchen, UV-Nachweis oder Ionenchromatographie, erfassen nur den wasserlöslichen Anteil; wie groß dieser Anteil am Gesamtgehalt ist, hängt von Aufmahlung, Wassermenge und Kontaktzeit ab und ist im Einzelfall nicht bekannt, einen einheitlichen Umrechnungsfaktor gibt es nicht, und Vergleichsmessungen am selben Bohrmehl liegen weit unter dem Säureaufschluss. Eine Korrosionsbewertung ist deshalb nur auf der Grundlage säurelöslicher Chloridgehalte möglich, weil die Schwellen- und Erfahrungswerte der Regelwerke darauf festgelegt sind. Diese Einordnung deckt sich mit der veröffentlichten Sachverständigenpraxis (Literatur in Kapitel 12). Die Norm kennt zwei Verfahren. Verfahren A ist die Titration nach Volhard: Die aufgeschlossene Probe wird mit einem Überschuss an Silbernitrat versetzt, das nicht verbrauchte Silber wird mit Thiocyanat gegen einen Eisenindikator zurücktitriert. Verfahren B ist die potentiometrische Titration: Silbernitrat wird direkt zur Probenlösung gegeben, eine Silberelektrode verfolgt das Potential, und der Endpunkt ist der Potentialsprung, der eintritt, sobald alles Chlorid als Silberchlorid gefällt ist. Beide sind Absolutverfahren: Das Ergebnis folgt aus Einwaage, verbrauchtem Volumen und dem Titer der Maßlösung, die gegen eine Urtitersubstanz eingestellt wird. Auch die Titration hat Einflussgrößen; es sind nur wenige, und sie sind beherrschbar: die Vollständigkeit des Säureaufschlusses, der Blindwert, der Zustand der Elektrode, ein flacher Potentialsprung bei sehr niedrigen Gehalten und Störionen wie Bromid, Iodid oder Sulfid, die ebenfalls mit Silber ausfallen; Sulfid kommt in hüttensandhaltigen Betonen vor und wird vor der Titration durch Zugabe von Wasserstoffperoxid oxidiert. Die Norm schreibt die Qualitätssicherung vor: Einwaage auf 0,001 g, Volumen auf 0,05 ml, Glasgeräte der Klasse A, eine Vergleichslösung ohne Probe (Blindwert), etwa je zwanzigste Probe eine Referenzprobe mit bekanntem

© EBB Kompetenzzentrum, Institut für Estrich, Beton und Belag · Neuwieder Straße 4 · 90411 Nürnberg · info@ebb-institut.de · Weitergabe nur unverändert und vollständig · Original: ebb-institut.de/merkblaetter · Stand Oktober 2026 · Dieses Merkblatt ersetzt keine Begutachtung im Einzelfall

Chloridgehalt und gelegentliche Wiederholungsanalysen; der Prüfbericht nennt das angewendete Verfahren, den Chloridgehalt des Vergleichsnormals mit seiner Genauigkeit und die Grundlage einer angenommenen Zementmenge. Damit ist jede Zahl rechnerisch nachvollziehbar. Die potentiometrische Titration ist zudem unempfindlich gegen Färbung und Trübung, weil sie den Endpunkt elektrisch erkennt; die Norm verlangt für sie die Auswertung über die erste Ableitung der Titrationskurve und erlaubt, auf die Filtration zu verzichten.

Daneben wird im Labor die photometrische Bestimmung eingesetzt: Die Probe wird ebenso in Salpetersäure aufgeschlossen, das Chlorid aber nicht titriert, sondern mit einem Reagenz in einen Farbstoff überführt, dessen Lichtabsorption im Photometer gemessen und über eine Bezugskurve in einen Gehalt umgerechnet wird, meist als Küvettentest. Das ist ein Relativverfahren mit mehr Einflussgrößen: Bezugskurve und Reagenzcharge, der bei hohen Gehalten nötige Verdünnungsschritt, Eigenfarbe und Trübung des Aufschlusses, Störionen. Richtig angewendet und mit Blindwert, Aufstockung und Referenzprobe belegt, liefert sie vergleichbare Ergebnisse und eignet sich für Serien. Sie ist in DIN EN 14629 nicht enthalten; Labore, die sie einsetzen, berufen sich auf das DAfStb-Heft 401 von 1989, das die TR Instandhaltung für das Chloridprofil nennt. Ein photometrisch bestimmter Wert ist damit ein Wert nach dem Heft 401, dessen Verfahren Breit et al. eine hohe Präzision von etwa ±0,01 M.-% bezogen auf Beton bescheinigen; er ist aber kein Wert nach dem Referenzverfahren der geltenden Norm und darf nicht als „nach DIN EN 14629“ ausgewiesen werden. Der für Küvettentests gebrauchte Begriff „photometrische Titration“ ist ein Widerspruch in sich: Eine Titration misst ein verbrauchtes Volumen, die Photometrie eine Lichtabsorption; dort findet keine Titration statt. Ein Befund, der einen photometrischen Wert als Titration oder als Wert „nach DIN EN 14629“ ausweist, trägt eine falsche Verfahrensangabe und hält der ersten fachlichen Rückfrage nicht stand. Ein photometrischer Wert ist als solcher zu bezeichnen, mit Bezugskurve, Blindwert, Aufstockung und Referenzprobe zu belegen, und bei Befunden mit Streitpotential ist die Nachanalyse an der Rückstellprobe nach dem Referenzverfahren der sichere Weg. Schnellverfahren wie Teststäbchen und ionenselektive Elektroden arbeiten meist am Wasserauszug und erfassen nur das wasserlösliche Chlorid; tragbare Röntgenfluoreszenzgeräte messen am Feststoff mit erheblichen Matrixeffekten. Beides dient der Orientierung und der Auswahl von Probestellen, nicht der Bewertung gegen den Schwellenwert. Neuere bildgebende Verfahren wie die laserinduzierte Plasmaspektroskopie (LIBS) haben einen eigenen Anwendungsbereich.

Verfahren	Grundlage	Prinzip	Einordnung
Potentiometrische Titration	DIN EN 14629, Verfahren B	Absolutverfahren, Endpunkt über Potentialsprung	Normverfahren; unempfindlich gegen Färbung und Trübung; geringster Diskussionsbedarf bei Befunden mit Streitpotential
Titration nach Volhard	DIN EN 14629, Verfahren A	Absolutverfahren, Rücktitration mit Farbindikator	Normverfahren; Endpunkt visuell, bei gefärbten Lösungen schwieriger
Photometrische Bestimmung	Laborverfahren; Labore berufen sich auf DAfStb-Heft 401 (1989); nicht in DIN EN 14629 enthalten	Relativverfahren, Farbreaktion gegen Bezugskurve	Serienverfahren; Matrix, Verdünnung und Bezugskurve sind zu belegen; nicht als „nach DIN EN 14629“ ausweisbar
Teststäbchen, ionenselektive Elektrode, UV, Ionenchromatographie am Wasserauszug	Herstellerangaben; Ionenchromatographie am Eluat nach DIN EN ISO 10304-1 (Wasseranalytik)	Schnellverfahren am Wasserauszug, wasserlösliches Chlorid, Ergebnis oft in mg/kg	Orientierung und Auswahl von Probestellen; erfasst nur einen schwankenden, im Einzelfall unbekannten Teil des Gesamtgehalts, deutlich unter dem Säureaufschluss; mit dem Schwellenwert nicht vergleichbar
Tragbare RFA	Herstellerangaben	Schnellverfahren am Feststoff, Gesamtchlorid	Orientierung; erhebliche Matrixeffekte, keine Bewertungsgrundlage

Ein Chloridwert ist nur bewertbar, wenn fünf Dinge zu ihm bekannt sind: die Tiefenstufe, auf die er sich bezieht; die Bezugsgröße mit dem angesetzten Zementgehalt; das Analysenverfahren; die Art des Aufschlusses, weil ein Wasserauszug nur das wasserlösliche Chlorid erfasst und systematisch niedrigere, mit dem Schwellenwert nicht vergleichbare Werte liefert; und die Lage der Bewehrung zu dieser Tiefenstufe. Welche weiteren Angaben ein Bericht enthält, richtet sich nach dem Auftrag; nicht beauftragte Größen werden als solche benannt, damit der Leser weiß, worauf die Bewertung beruht und worauf nicht.

© EBB Kompetenzzentrum, Institut für Estrich, Beton und Belag · Neuwieder Straße 4 · 90411 Nürnberg · info@ebb-institut.de · Weitergabe nur unverändert und vollständig · Original: ebb-institut.de/merkblaetter · Stand Oktober 2026 · Dieses Merkblatt ersetzt keine Begutachtung im Einzelfall

9.4 Ablauf der Bewertung

Das Schema fasst zusammen, wie die Messgrößen ineinandergreifen; es ist ein Ablauf, keine Rechenvorschrift, und das Ergebnis ist eine der vier Einstufungen aus Kapitel 10.1.

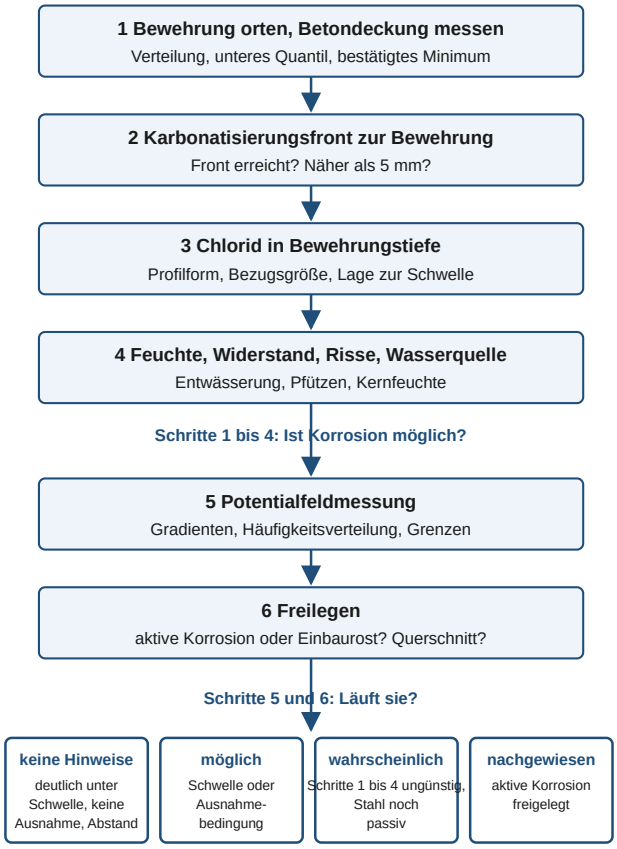


Bild 2: Ablauf der Bewertung. Die Schritte 1 bis 4 ergeben die Gefährdungsbewertung, die Schritte 5 und 6 die Zustandsbewertung; die vier Einstufungen nach Kapitel 10.1 fassen beide zusammen.

Teil D: Bewertung und Folgen

10 Bewertung, Befunde und Instandsetzungsprinzipien

10.1 Einstufung in vier Stufen

Chloridgehalt in Bewehrungstiefe, Betondeckung, Karbonatisierungstiefe und Feuchte sagen zusammen, ob Korrosion möglich oder wahrscheinlich ist. Potentialfeld und Freilegen sagen, ob sie läuft. Die Bewertung ist immer die Kombination, und ihr Ergebnis lässt sich in vier Stufen fassen, die das EBB Kompetenzzentrum als eigenes Bewertungsschema und nicht als Regelwerksvorgabe verwendet:

- **Derzeit keine Hinweise auf eine Korrosionsgefährdung:** Chloridgehalt in Bewehrungstiefe deutlich unter der Schwelle, keine Ausnahmebedingung des Positionspapiers, Karbonatisierungsfront mit Abstand vor der Bewehrung. Folge in der Regel: Wiederholung in einem größeren Intervall; die Aussage gilt für die untersuchten Stellen und den Zeitpunkt der Untersuchung.
- **Korrosion möglich:** Der Chloridgehalt in Bewehrungstiefe liegt im Bereich der Schwelle oder eine der Ausnahmebedingungen des Positionspapiers liegt vor, die übrigen Bedingungen fehlen, der Stahl ist passiv. Folge in der Regel: Chlorideintrag und Wasserquelle abstellen, Beobachtung mit Wiederholung der maßgebenden Messgröße in einem vom Planer festgelegten Intervall.
- **Korrosion wahrscheinlich:** Schwelle erreicht oder überschritten, Feuchte und Sauerstoff vorhanden oder Karbonatisierung bis nahe an den Stahl, aber noch keine aktive Korrosion nachgewiesen. Folge: der günstigste Zeitpunkt zum Handeln, Prinzip und Umfang durch den sachkundigen Planer.
- **Korrosion nachgewiesen:** aktive Korrosion durch Potentialfeld und Freilegen belegt. Folge: Instandsetzungsplanung durch den sachkundigen Planer, Umfang über das Potentialfeld eingegrenzt; ein gemessener Querschnittsverlust geht an den Tragwerksplaner, der über Standsicherheit und kurzfristige Maßnahmen entscheidet.

Der Bericht benennt eine dieser Stufen und die Größen, auf denen sie beruht; ein Urteil „schädlich“ oder „unschädlich“ aus einer Zahl allein gibt es nicht. Ein Freilegen beweist nur die freigelegte Stelle; die Potentialfeldmessung zeigt die Fläche und gehört deshalb vor die Entscheidung.

10.2 Vier Befunde und ihre Bewertung

0,4 M.-% an der Bewehrung, Stahl beim Freilegen blank. Kein Widerspruch. 0,4 liegt in dem Bereich, in dem die Randbedingungen entscheiden; in trockenem, alkalischem, dichtem Beton bleibt der Stahl dort passiv, und das Positionspapier nennt Bauwerke mit über 1,0 M.-% ohne aktive Korrosion. Bewertung: Korrosion möglich, nicht eingetreten. Folge: Beobachtung, Chlorideintrag stoppen, Feuchte kontrollieren. Keine Entwarnung, denn der Vorrat ist da, und Karbonatisierung, Durchfeuchtung oder ein Riss können den Zustand kippen.

1,6 M.-% außen, 0,5 bis 0,6 an der Bewehrung, Stahl korrodiert. Der erwartete Fall: Schwelle erreicht, Bedingungen vorhanden, Korrosion läuft. Das Profil zeigt, dass noch viel nachwandert; der Gehalt am Stahl steigt in

© EBB Kompetenzzentrum, Institut für Estrich, Beton und Belag · Neuwieder Straße 4 · 90411 Nürnberg · info@ebb-institut.de · Weitergabe nur unverändert und vollständig · Original: ebb-institut.de/merkblaetter · Stand Oktober 2026 · Dieses Merkblatt ersetzt keine Begutachtung im Einzelfall

den nächsten Jahren weiter, auch ohne neues Salz. Bewertung: Korrosion nachgewiesen. Folge: Umfang über Potentialfeld eingrenzen, Prinzip durch den sachkundigen Planer; Trockenhalten verlangsamt Korrosion und Nachwandern, beseitigt die Chloridbelastung aber nicht, deshalb Chloridkontrolle ins Monitoring.

1,6 M.-% außen, 0,5 bis 0,6 an der Bewehrung, Stahl blank. Die Schwelle ist am Stahl gerade erreicht, aber eine Bedingung fehlt noch, meist die Feuchte, oder die Kontaktzone ist dicht und die Depassivierung hat noch nicht stattgefunden. Bewertung: Korrosion wahrscheinlich, nicht nachgewiesen. Folge: Chloridnachschub zu stoppen und die Feuchte zu senken kann den Schaden verhindern, statt ihn zu reparieren. Abwarten führt in der Regel in den zweiten Fall.

Unter 0,2 M.-% an der Bewehrung, Stahl korrodiert trotzdem. Der gemessene Chloridgehalt erklärt die Korrosion nicht. In Frage kommen Karbonatisierung bis zum Stahl, ein Riss, der Chlorid direkt an den Stahl führt, ein Kiesnest, Streustrom, eine Deckung, die örtlich geringer ist als gemessen, eine Mischprobe, die eine örtliche Spitze unter einer Pfütze oder im Riss weggemittelt hat, oder schlicht Einbaurost, der keine aktive Korrosion ist. Folge: Ursache suchen, nicht den Chloridwert rechtfertigen; Karbonatisierungstiefe an der Stelle, Rissaufnahme, Deckung an der Korrosionsstelle selbst, Einzelprobe statt Mischprobe, Freilegen erweitern.

10.3 Instandsetzungsprinzipien und ihre Grenzen

Die TR Instandhaltung ordnet die Instandsetzung nach Prinzipien. Für Chlorid und Karbonatisierung sind drei maßgebend: Erhalt oder Wiederherstellung der Passivität (Prinzip 7, etwa durch Ersatz des chloridhaltigen oder karbonatisierten Betons nach Verfahren 7.2, in der RL SIB als R2 beziehungsweise R1-Cl und R2-Cl bezeichnet, oder durch Realkalisierung über Diffusion aus aufgebrachtem Betonersatz nach Verfahren 7.4, früher R1, nur ohne eingedrungenes Chlorid), Erhöhung des elektrischen Widerstands durch Hydrophobierung oder Beschichtung (Prinzip 8, Verfahren 8.1 und 8.3, früher W und W-Cl; die Hydrophobierung nach 8.1 darf nach TR bei Chlorideinwirkung in XD und XS nicht angewendet werden, bei Chlorid bleibt also nur die Beschichtung nach 8.3) und kathodischer Korrosionsschutz (Prinzip 10, früher K). Elektrochemische Realkalisierung und Chloridextraktion sind in der TR Instandhaltung nicht geregelt und bedürfen eines gesonderten Nachweises; bei der Chloridextraktion ist das Profil bis deutlich hinter die Bewehrung zu kontrollieren, weil Chlorid hinter der Bewehrungslage vom elektrischen Feld nur unvollständig erfasst wird und nach Ende der Maßnahme zur Bewehrung zurückdiffundieren kann. Welches Prinzip trägt, hängt von Chloridverteilung, Feuchte, Zugänglichkeit und Restnutzungsdauer ab und ist Aufgabe des sachkundigen Planers. Vier physikalische Grenzen muss aber jeder kennen, der einen Befund bewertet, weil sie bestimmen, welche Fragen der Planer beantworten muss.

Abtragstiefe bei Verfahren 7.2. Die TR Instandhaltung verlangt, Altbeton mit Chloridgehalten oberhalb des kritischen korrosionsauslösenden Werts vollständig zu entfernen; bei großen Eindringtiefen bis mindestens 30 mm hinter die Bewehrung, wobei der verbleibende Altbeton 1,5 M.-% bezogen auf den Zementgehalt nicht überschreiten darf und höhere Restgehalte nur mit Nachweis zulässig sind. Das Profil am Restbeton belegt das. Ein Abtrag, der vor der Bewehrung endet, lässt das Chlorid am Stahl zurück; eingemischtes Chlorid mit konstantem Profil ist mit Teilabtrag nicht zu beseitigen. Präventive Verfahren wie das Erhöhen der Betondeckung (7.1) oder eine Beschichtung (7.7) gelten bei Chlorideinwirkung nach TR als anwendbar, wenn die Front des kritischen Gehalts mindestens 10 mm vor der Bewehrung liegt und der Restgehalt 1,5 M.-% nicht überschreitet.

Anodenverschiebung bei Teilreparatur. Wird in einem flächig chloridhaltigen Bauteil nur die Stelle mit aktiver Korrosion ausgebessert, verliert der angrenzende Stahl seinen kathodischen Schutz durch die bisherige Anode und beginnt am Rand der Reparatur selbst zu korrodieren. Dieser Effekt ist der Grund, warum Verfahren 7.2 bei flächiger Belastung in der Regel „alles oder nichts“ bedeutet und warum bei flächig überschrittener Schwelle, eingeschränktem Zugang und langer Restnutzungsdauer Prinzip 10 in Betracht kommt, das die gesamte Bewehrung schützt; dort gibt es keinen Chloridgrenzwert, entfernt wird nur strukturell geschädigter Beton.

Grenzen von Verfahren 8.3 (Beschichtung). Trockenhalten setzt voraus, dass der Beton trocken werden kann; chloridhaltiger Beton erreicht hohe Widerstandswerte wegen der Hygroskopie der Chloride (Kapitel 5.3) selten von selbst. Die TR Instandhaltung sagt das in eigenen Worten: Bei hohen Chloridgehalten ist eine ausreichende Austrocknung in der Regel nicht mehr zu erwarten, bei Gehalten über 1 M.-% an der Bewehrung unter Umständen nicht; bei chloridkontaminiertem Beton darf das Verfahren nur angewendet werden, wenn der sachkundige Planer den Korrosionsfortschritt nach der Maßnahme über die Restnutzungsdauer überprüft, etwa mit eingebauten Sensoren, und ab 1,5 M.-% an der Bewehrung soll es nicht angewendet werden. Vorher hat der Planer die Resttragfähigkeit abzuschätzen, weil die Bewehrung bei diesem Verfahren über einen bestimmten Zeitraum weiter korrodiert. Außerdem wandert das

© EBB Kompetenzzentrum, Institut für Estrich, Beton und Belag · Neuwieder Straße 4 · 90411 Nürnberg · info@ebb-institut.de · Weitergabe nur unverändert und vollständig · Original: ebb-institut.de/merkblaetter · Stand Oktober 2026 · Dieses Merkblatt ersetzt keine Begutachtung im Einzelfall

verbliebene Chlorid, solange Restfeuchte vorhanden ist, weiter nach innen; ein Chloridprofil als Kontrolle gehört deshalb in das Monitoring.

Dampfdurchlässigkeit der Beschichtung. Ein Schutzsystem nach Prinzip 8 muss dicht für flüssiges Wasser mit dem Salz darin sein und durchlässig für Wasserdampf nach außen. DIN EN 1504-2 teilt Beschichtungen nach der wasserdampfdiffusionsäquivalenten Luftschichtdicke s_d in Klasse I (unter 5 m, durchlässig), Klasse II (5 bis 50 m) und Klasse III (über 50 m, dicht) ein; die TR Instandhaltung lässt für die Erhöhung des Widerstands diffusionsoffene Systeme der Klasse I zu, wenn eine Austrocknung unter den Umgebungsbedingungen möglich ist, und dichte Systeme der Klassen II und III nur, wenn der Beton vor dem Beschichten bereits so weit ausgetrocknet ist, dass die Korrosion unterbunden wird; zur Einordnung hat Normalbeton eine Diffusionswiderstandszahl μ von etwa 70 bis 150, eine Kunststofffolie von 50.000 bis 100.000, eine dicke Epoxidharzschicht liegt näher an der Folie. Eine dampfdichte Beschichtung auf feuchtem Beton sperrt den Elektrolyten ein und erreicht das Gegenteil; zudem trocknet Beton nie gleichmäßig, die Oberfläche ist oft schon trocken, während der Kern noch nass ist.

Sockelbeschichtung nach Prinzip 8: die Fragen, die der Planer vor der Entscheidung in der Regel klärt. Die Beschichtung von Stützenfüßen und Wandsockeln ist die am häufigsten vorgeschlagene Maßnahme. Sie entfernt kein Chlorid, sie soll den Beton trocken halten, bis der Korrosionsstrom nicht mehr fließt. Ob sie trägt, hängt von Fragen ab, die sich aus den vier Grenzen oben ergeben: Liegt der Chloridgehalt an der Bewehrung im Bereich der Schwelle oder über 1 M.-%, wo die TR Instandhaltung unter Umständen keine ausreichende Austrocknung mehr erwartet, oder bei 1,5 M.-%, ab denen das Verfahren nicht angewendet werden soll, und wie viel wandert nach dem Profil noch nach? Läuft bereits aktive Korrosion (Potentialfeld, Freilegen)? Ein korrodierender Stahl unter einer Beschichtung ist unsichtbar, nicht gestoppt. Ist die Wasserquelle abgestellt (Fallrohre, Fugen, Abläufe, Gefälle, stehendes Schmelzwasser), und hat der Beton Zeit zu trocknen? Deckt die Beschichtung die ganze belastete Zone ab, belegt durch Profile in mehreren Höhen einschließlich Hohlkehle, und sind Risse geschlossen? Ist das System diffusionsoffen, und ist ein Monitoring mit Widerstand oder Potentialfeld und Chloridprofil vorgesehen? Die TR Instandhaltung lässt die Beschichtung bei chloridhaltigem Beton nur mit Überprüfung des Korrosionsfortschritts über die Restnutzungsdauer zu; welche Antwort welche Entscheidung trägt, legt der sachkundige Planer fest. Die Untersuchung liefert ihm die Antworten.

Prognose beim Chlorid. Aus einem Profil mit bekanntem Expositionsalter oder aus zwei Profilen im Abstand einiger Jahre lässt sich die Größenordnung abschätzen, wann die Schwelle an der Bewehrung erreicht wird, mit denselben Vorbehalten wie in Kapitel 4.2.

10.4 Wer entscheidet was

Ein Chloridbefund durchläuft mehrere Hände; Streit entsteht meist, wenn eine Stelle Aussagen trifft, die einer anderen zustehen:

Wer	Was
Prüflabor	Messwerte mit Verfahren, Bezugsgröße und Qualitätssicherung; Einordnung der Werte gegenüber dem Regelwerk („über der Schwelle“, „Ausnahmebedingung liegt vor“); Grenzen der Aussage.
Sachverständiger	Ursache und Zusammenhang der Befunde, Bewertung des Zustands nach Kapitel 10.1, Einordnung gegenüber den Anforderungen zum Zeitpunkt der Errichtung, Empfehlung zum weiteren Vorgehen.
Sachkundiger Planer nach TR Instandhaltung	Instandsetzungsprinzip, Instandhaltungskonzept, Produkte und Systeme, Umfang, Monitoring, Instandhaltungszeitraum.
Tragwerksplaner	Standsicherheit bei Querschnittsverlust, Nachrechnung, kurzfristige Maßnahmen, Nutzungseinschränkungen.
Eigentümer, Verwalter	Entscheidung über Maßnahmen und Zeitpunkt auf dieser Grundlage; Fragen der Verantwortung und der Instandhaltungspflichten sind Sache der Vertragsparteien und im Streitfall der dazu berufenen Stellen.

© EBB Kompetenzzentrum, Institut für Estrich, Beton und Belag · Neuwieder Straße 4 · 90411 Nürnberg · info@ebb-institut.de · Weitergabe nur unverändert und vollständig · Original: ebb-institut.de/merkblaetter · Stand Oktober 2026 · Dieses Merkblatt ersetzt keine Begutachtung im Einzelfall

11 Häufige Fehlschlüsse

Aussage	Richtig ist
„Über 0,4 M.-% ist nicht schlimm, es muss nichts gemacht werden.“	0,40 M.-% ist der Frischbetonhöchstwert, 0,5 M.-% der Schwellenwert der TR Instandhaltung, ab dem der sachkundige Planer festlegt, ob Maßnahmen erforderlich sind, ausdrücklich auch ohne sichtbare Korrosionsanzeichen. Beide sind keine Grenze zwischen schädlich und unschädlich. Aus einer Überschreitung folgt die Bewertung, und bei geringer Deckung oder Karbonatisierung bis an den Stahl gelten die Erfahrungswerte ausdrücklich nicht.
„Über 0,5 M.-% ist der Stahl kaputt, es muss alles abgetragen werden.“	Die Erfahrungswerte nennen Bauwerke mit über 1,0 M.-% ohne aktive Korrosion. Was folgt, ist die Feststellung des Bewehrungszustands und die Planung durch den sachkundigen Planer, nicht automatisch der Abtrag.
„Keine Risse, keine Abplatzungen, also ist die Bewehrung in Ordnung.“	Chloridinduzierte Korrosion ist Lochfraß mit geringem Rostvolumen und zeigt sich an der Oberfläche spät oder gar nicht. Der Zustand wird durch Potentialfeld und Freilegen festgestellt, nicht durch Augenschein.
„Der Beton ist alkalisch, also kann nichts korrodieren.“	Chlorid durchbricht die Passivschicht auch bei vollem pH-Wert. Die Alkalität schützt gegen Karbonatisierungskorrosion, gegen Chlorid nur eingeschränkt.
„Hochofenzement ist schlechter, weil er weniger Portlandit hat.“	Er hat weniger Alkalitätsreserve und karbonatisiert schneller; beim Chlorid ist er dichter und bindet mehr. Welche Eigenschaft zählt, entscheidet die Einwirkung. Bei zu geringer Deckung zählt keine von beiden.
„0,1 M.-% Chlorid ist doch wenig.“	Nur, wenn der Wert auf die Zementmasse bezogen ist. Ist er auf Beton bezogen, entspricht er bei 320 kg/m³ etwa 0,7 M.-% bezogen auf Zement und liegt über dem Schwellenwert. Ohne Bezugsgröße ist eine Chloridangabe nicht einzuordnen.
„Photometrisch oder titriert, das ist doch dasselbe.“	Beides liefert einen Gesamtchloridgehalt, aber nur die Titration nach Volhard oder die potentiometrische Titration sind die Referenzverfahren der DIN EN 14629; die Photometrie ist ein Relativverfahren gegen eine Bezugskurve und in der Norm nicht enthalten. Ein photometrischer Wert ist nicht „nach DIN EN 14629“ bestimmt, ein als „photometrische Titration“ bezeichneter Küvettentest ist keine Titration, und ein Wert aus dem Wasserauszug liegt systematisch zu niedrig. In beiden Fällen gehören Verfahren und Aufschluss in den Bericht.
„Der Mittelwert der Betondeckung liegt bei 25 mm, das passt.“	Für die Korrosion zählt der ungünstige Bereich der Verteilung. Eine Verteilung mit bestätigtem Minimum 6 mm ist ein Befund, auch wenn der Mittelwert 25 mm beträgt.
„Das Gerät zeigt 60 mm Deckung, alles in Ordnung.“	Durch einen Estrich oder Gefällebeton hindurch gemessen, sagt das Gerät nichts über die Deckung des tragenden Betons. Der Aufbau ist zu klären, alle Tiefen beziehen sich auf den Konstruktionsbeton.
„Die Karbonatisierung ist normale Alterung, dagegen kann man nichts machen.“	Sie ist ein berechenbarer Vorgang, gesteuert durch Deckung, Betonqualität und Oberflächenschutz; ihre Tiefe im Verhältnis zur Deckung ist ein Bewertungsmaßstab.

© EBB Kompetenzzentrum, Institut für Estrich, Beton und Belag · Neuwieder Straße 4 · 90411 Nürnberg · info@ebb-institut.de · Weitergabe nur unverändert und vollständig · Original: ebb-institut.de/merkblaetter · Stand Oktober 2026 · Dieses Merkblatt ersetzt keine Begutachtung im Einzelfall

Aussage	Richtig ist
„Wir beschichten den Sockel, dann ist Ruhe.“	Eine Beschichtung entfernt kein Chlorid. Ob sie trägt, hängt von Chloridgehalt am Stahl, Bewehrungszustand, Wasserquelle, Dampfdurchlässigkeit und Monitoring ab (Kapitel 10.3).

12 Schlussbemerkungen und Regelwerke

Dieses Merkblatt ist eine eigenständige fachliche Darstellung des EBB Kompetenzzentrums zu Karbonatisierung, Chlorideinwirkung, Zementart und Betondeckung im Stahlbeton, erarbeitet aus dessen Prüf- und Labortätigkeit nach dem Stand der Technik bei Veröffentlichung. Zahlenwerte aus Regelwerken sind mit Quelle benannt; Richtwerte und Größenordnungen sind als solche gekennzeichnet und ersetzen keine Messung. Die Beurteilung des Einzelfalls, insbesondere die Entscheidung über Instandsetzungsmaßnahmen, bleibt dem sachkundigen Planer nach TR Instandhaltung und einer gesonderten sachverständigen Untersuchung vorbehalten. Das Merkblatt ist eine Fachinformation des Herausgebers und kein Regelwerk; soweit es rechtliche Maßstäbe berührt, geschieht das zur Einordnung des technischen Befundes, eine Rechtsberatung ist damit nicht verbunden. Herausgeber ist das EBB Kompetenzzentrum, Institut für Estrich, Beton und Belag, Nürnberg, Inhaber Marco Serra.

Zugrunde liegende Regelwerke und Literatur:

- DIN EN 197-1 Zement, Teil 1: Zusammensetzung, Anforderungen und Konformitätskriterien von Normalzement
- DIN EN 197-5 Zement, Teil 5: Portlandkompositzement CEM II/C-M und Kompositzement CEM VI
- DIN EN 206 Beton: Festlegung, Eigenschaften, Herstellung und Konformität, mit DIN 1045-2:2023-08 (Chloridgehaltsklassen Tabelle 17, Expositionsklassen, Grenzwerte für die Betonzusammensetzung Tabelle F.1)
- DIN EN 1992-1-1 mit DIN EN 1992-1-1/NA Eurocode 2 (Mindestbetondeckung, Vorhaltemaß)
- DIN EN 1504-2 Oberflächenschutzsysteme (Klassen der Wasserdampfdurchlässigkeit)
- DIN EN 14629:2007-06 Bestimmung des Chloridgehaltes in Festbeton (Verfahren A nach Volhard, Verfahren B potentiometrische Titration)
- DIN EN 14630 Bestimmung der Karbonatisierungstiefe im Festbeton mit der Phenolphthalein-Methode
- DIN EN ISO 10304-1 Wasserbeschaffenheit, Bestimmung gelöster Anionen mittels Ionenchromatographie (hier nur zur Abgrenzung der Eluatverfahren genannt)
- DIN 52170 Bestimmung der Zusammensetzung von erhärtetem Beton
- DAfStb-Richtlinie Schutz und Instandsetzung von Betonbauteilen (RL SIB), 2001
- DIBt, Technische Regel Instandhaltung von Betonbauwerken (TR Instandhaltung), Mai 2020, Teil 1 (Schwellenwerte 0,5 und 0,2 M.-%, Tabelle 1 Untersuchungsmethoden, Altbetonklassen, Verfahren 7.1 bis 10.1) und Teil 2; DAfStb-Heft 638 Anwendungshilfe
- DAfStb-Positionspapier zum kritischen korrosionsauslösenden Chloridgehalt, Stand 8. Oktober 2015, Schnell und Raupach (auch in Beton- und Stahlbetonbau 110 (2015), Heft 11)
- DAfStb-Heft 401 Anleitung zur Bestimmung des Chloridgehaltes von Beton, 1989
- DGZfP-Merkblatt B 2 Zerstörungsfreie Betondeckungsmessung und Bewehrungsortung
- DGZfP-Merkblatt B 3 Elektrochemische Potentialmessungen zur Detektion von Bewehrungskorrosion
- DBV-Merkblatt Parkhäuser und Tiefgaragen
- Breit, W.; Dauberschmidt, C.; Gehlen, C.; Sodeikat, C.; Taffe, A.; Wiens, U.: Zum Ansatz eines kritischen Chloridgehaltes bei Stahlbetonbauwerken. Beton- und Stahlbetonbau 106 (2011), Heft 5, S. 290 bis 298
- Voß, K.-U.: Bestimmung der korrosionsauslösenden Chloridgehalte zur Bewertung der chloridinduzierten Stahlkorrosion von Stahlbetonbauteilen. Der Bausachverständige 3/2019, S. 10 bis 14

Nutzungsrechte: Dieses Merkblatt ist urheberrechtlich geschützt. Zulässig ist allein die unveränderte, vollständige Weitergabe mit dieser Urheberangabe; Bearbeitung, auszugsweise Übernahme oder Veröffentlichung bedürfen der vorherigen schriftlichen Zustimmung des EBB Kompetenzzentrums. Gesetzliche Schranken des Urheberrechts, insbesondere Zitatrecht und Verwendung in behördlichen und gerichtlichen Verfahren, bleiben unberührt.

Marco Serra

Digital unterschrieben von Marco Serra
Datum: 2026.11.02 17:50:43 +01'00'