



*Hanspeter Bänziger
Bauingenieur HTL
Münsingen, Schweiz*

Contrapunkt

Stahlbeton: Eigenschaften Zustandsuntersuchung Zustandsbeurteilung

Stahlbeton: Eigenschaften, Zustandsuntersuchung, Zustandsbeurteilung

1. Einleitung

Der primär verwendete Baustoff für Bauwerke im Hoch- und Tiefbau ist und bleibt in unseren Breitegraden der Stahlbeton. Er wird auch in Kombination mit dem Stahl- und Holzbau, mit Mauerwerk sowie weiteren modernen Baustoffen eingesetzt. Die Methodik für die Zustandsuntersuchung und Zustandsbeurteilung von Betonbauwerken ist dieselbe wie sie heute für Holzbauten angewendet wird. Nachdem in den Achtziger- und Neunzigerjahren ein grosser Instandsetzungsbedarf von geschädigten Betonbauwerken zu verzeichnen war – insbesondere bei Kunstbauten im Strassenbereich – wurden die in der Schweiz derzeit gültigen Normen, Richtlinien und Empfehlungen für die Überwachung, Überprüfung und Instandhaltung von Betonbauwerken geschaffen.

Mit diesem Referat soll versucht werden, dem Holzfachmann einige Grundkenntnisse über die Eigenschaften, Schädigungsmechanismen und Schadensursachen des Stahlbetons sowie deren gängigste Untersuchungsmethoden zu vermitteln. Der moderne Ingenieurholzbau ruht bekanntlich auch auf Tragelementen aus Stahlbeton (Stützen, Widerlager, Fundamente), so dass bei der Instandhaltung solcher Bauwerke auch der Baustoff Beton von Bedeutung ist. Mit der Früherkennung von Unstimmigkeiten, Veränderungen und Schäden an Bauteilen aus Stahlbeton können analog den Holzbauten meistens bösartige Folgeschäden und kostspielige Instandsetzungsmassnahmen verhindert werden.



Abb. 1.1: Holzbrücke mit Stahlbeton-Widerlager



Abb. 1.2: Lagerhalle mit Holzträgern und Betonstützen

2. Eigenschaften

2.1 Baustoff Stahlbeton

Der Beton ist zweifellos ein bewährter Baustoff, deren Dauerhaftigkeit, Anpassungsfähigkeit und Wirtschaftlichkeit zu den Vorteilen zählen. Geschichtlich gesehen haben wir es mit einem jungen Baustoff zu tun: der Stahlbeton (armierter Beton) gelangt in der Schweiz ab ca. 1900 und der Spannbeton im Verbund seit 1935 zur Anwendung (1943 erste Eisenbahnbrücke und 1950 erste Strassenbrücke aus Vorspannbeton).

Die steigenden Anforderungen an die Betone, der Fortschritt der Betontechnologie und die vielfältigen Anwendungen haben zu verschiedenen Arten von Betonen geführt. Der Beton wird heute gemäss den Baustoff- und Produktnormen nach **Eigenschaften** und **Zusammensetzung** bestellt.

Zusammensetzung des Betons

- Zement
- Gesteinskörner
- Wasser
- Zusatzmittel (z.B. Fließmittel, Luftporenbildner, Verzögerer, Beschleuniger, etc.)
- Zusatzstoffe (z.B. Flugasche, Silicastaub, Gesteismehl, Farbpigmente, etc.)

Definitionen des Betons

- Grösstkorn: Beton > 8 mm, Mörtel ≤ 8 mm
- Rohdichte: Leichtbeton (LB), Betone (B)
- Festigkeit: Frischbeton, Festbeton
- Betoneinbau: Kranbeton, Pumpbeton, Spritzbeton

Besondere Eigenschaften des Betons

- unterschiedliche Festigkeitsklassen
- Wasserdichtigkeit
- Frostbeständigkeit
- Frosttausalzbeständigkeit
- chemische Beständigkeit
- Abriebfestigkeit

Arten von Betonen

- Beton ohne Stahlbewehrung
- Beton mit Stahlbewehrung (Ortbeton, Werkbeton, Vorfabrikation)
- Spannbeton (Beton mit Spanngliedern und Stahlbewehrung)
- Sichtbeton (Betonoberfläche hat ein bestimmtes Aussehen)

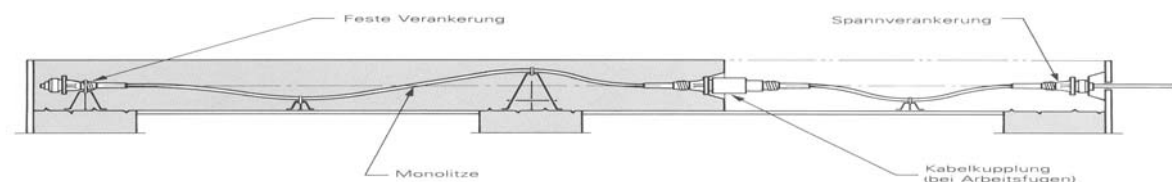


Abb. 2.1.1: Spannbeton: - vor- od. nachgespannte Spannglieder (Litzen, Drähte) im Verbund
- nachgespannte Monolitzen ohne Verbund

Beton ohne Bewehrung

- geringe Zugfestigkeit (für statisch beanspruchte Bauteile nicht geeignet)
- hohe Druckfestigkeit
- keine Korrosionsschäden

Beton mit Bewehrung (Stahlbeton)

- Verbundbaustoff aus Beton und Stahl
- Verstärkung durch Stahleinlagen (Stahl kann Zugkräfte aufnehmen)
- gute Haftung zwischen Beton und Stahl
- Ausdehnung von Stahl kleiner als vom Beton
- Alkalität des Betons verhindert Stahlkorrosion
- Wärmedehnung von Beton und Stahl ähnlich

2.2 Schädigungsmechanismen und Schadensursachen

Für eine zielgerichtete Zustandsuntersuchung sind Kenntnisse über grundlegende Mechanismen erforderlich, welche zur Alterung und/oder Schädigung eines bestehenden Bauwerkes führen können.

Alterung und Schädigung werden häufig durch Einflüsse verursacht, welche von aussen auf das Bauwerk bzw. die Bauwerksoberfläche einwirken. Einige Einwirkungen erzeugen im Tragwerk Spannungs- und Dehnungszustände (Zwängungen), welche das Verhalten des Bauwerkes zusätzlich beeinflussen können.

Alterungs- und Schädigungsvorgänge werden aber nicht nur durch äussere Einwirkungen verursacht. Sie können auch die Folge von Vorgängen im Innern des Materials sein. Dazu zählen z.B. das Zusammentreffen gegenseitig unverträglicher Materialien, die Verwendung instabiler Stoffe oder die Auswirkung von Feuchtigkeit in den Baustoffen. In der Praxis zeigen sich oft Schadenbilder, welche durch eine Kombination von äusseren und inneren Vorgängen entstanden sind.

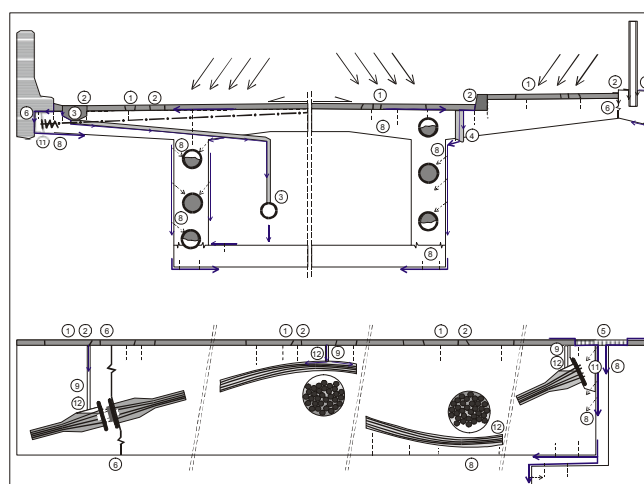


Abb. 2.2.1: Brücke mit Spanngliedern

Äussere Einwirkungen:

- Wasser oder Feuchtigkeit
- Chloride
- statische / dynamische Belastung

Innere Einwirkungen:

- Wasserwege zum Spannstahl
- Wasserwege entlang des Spannstahls

Schadensursachen, Einwirkungen

- Mängel bei Entwurf, Ausführung, Unterhalt, Überwachung
- Auflasten, Nutz- und Verkehrslasten (Bahn, Verkehr, Erschütterungen, usw.)
- Einwirkungen aus dem Baugrund (Erddruck, Wasserdruck, Setzungen, usw.)
- Mechanische Einwirkungen (Abrasion, mechanische Beschädigung, usw.)
- Klimatische Einwirkungen (Wind, Schnee, Temperaturschwankungen, Feuchtigkeit, UV-Strahlung, usw.)
- Chemische Einwirkungen (Tausalze, sulfathaltiges Wasser, saurer Regen, Gase, usw.)
- Elektrochemische Einwirkungen (Streuströme, Potenzialunterschiede)
- Biologische Einwirkungen (Pflanzenbewuchs, Pilzbefall, Mikroorganismen; usw.)
- Aussergewöhnliche Einwirkungen (Brand, Naturereignis, Überlastung)

Die Dauerhaftigkeit des Stahlbetons hängt ab von

- Inhaltsstoffen
- Dichtigkeit (Wasser/Zement-Faktor, Verdichtung, Risse)
- Überdeckung der Bewehrung
- Exposition (Klima, mechanischer und chemischer Angriff)
- Korrosionsfortschritt der Bewehrung

Häufigste Mängel am Stahlbeton, die zu Schäden führen

- zu geringe Betondeckung der Bewehrung
- zu geringe Dichtigkeit des Betons
- fehlende oder mangelhafte Abdichtung der exponierten Betonoberflächen

2.3 Korrosion des Bewehrungsstahls im Beton

Obwohl bereits zu Beginn des 20. Jahrhunderts auf Rostbildungen an der Bewehrung hingewiesen wurde, konnte sich erst in den 50er Jahren die Erkenntnis durchsetzen, dass die Bewehrungskorrosion die Hauptursache für die Zerstörung von Stahlbetonbauwerken ist. Die Bedeutung der Korrosion im Bauwesen der Schweiz nimmt infolge der sich vom Neubau zur Erhaltung und Instandsetzung verlagernden Auftragsvolumen ständig zu. In den letzten Jahren traten vermehrt Schäden an Stahlbetontragwerken, insbesondere an Brücken der 60er- und frühen 70er-Jahre, nach einer relativ kurzen Nutzungsdauer, in Erscheinung. In den meisten Fällen handelt es sich dabei nicht unmittelbar um Probleme der Tragsicherheit, sondern der Gebrauchstauglichkeit bzw. der Dauerhaftigkeit.

Korrosionsmechanismus

Das Risiko für die Korrosion an der Bewehrung im Stahlbeton ist von verschiedenen Einflussgrößen abhängig (Abb. 4.1). Korrosionsvorgänge bei metallischen Werkstoffen sind **elektrochemische** Vorgänge (Redox-Prozesse). Ein Metall kann grundsätzlich nur dann korrodieren, wenn folgende Grundbedingungen gleichzeitig erfüllt sind:

1. Es kann eine Metallauflösung (**anodische** Reaktion) ablaufen.
2. Es kann eine **kathodische** Reaktion ablaufen.
3. Es muss ein Elektrolyt (Flüssigkeit) für den Ionenfluss vorhanden sein.
4. Es muss eine elektrische Verbindung für den Elektronenfluss zwischen dem Ort der anodischen (Metallabtrag) und der kathodischen Reaktion vorhanden sein.

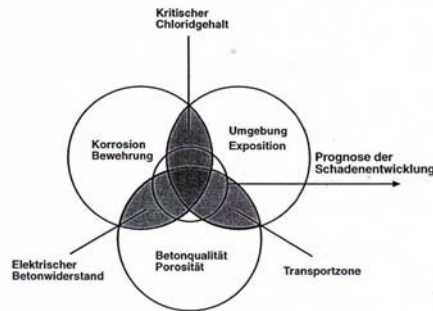


Abb. 2.3.1: Haupteinflussgrößen bei der Korrosion von Stahl im Beton

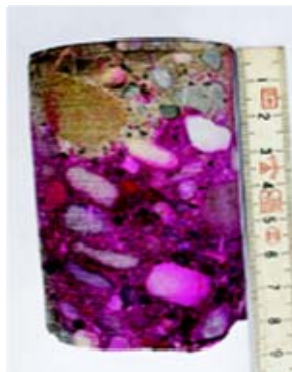
Grundvoraussetzungen, damit die Korrosion des Stahls im Beton ablaufen kann:

- kritischer Chloridgehalt wird an der Bewehrung überschritten
- kritischer pH-Wert wird im Bereich der Bewehrung unterschritten
- ausreichendes Sauerstoffangebot an der Stahloberfläche vorhanden
- ausreichendes Feuchtigkeitsangebot im Beton vorhanden

Der Korrosionsangriff am Stahl in karbonatisiertem Beton erfolgt **flächig** und im Allgemeinen relativ langsam. Im Gegensatz zur Korrosion infolge Karbonatisierung erfolgt der Korrosionsangriff an der Bewehrung bei Anwesenheit von Chloriden nicht flächig sondern **lokal**, was schliesslich zum gefürchteten **Lochfrass** führt. Die Erfahrungen aus der Praxis zeigen, dass nicht selten Korrosionsgeschwindigkeiten von 0.2 bis 1 mm/Jahr auftreten. Dies bedeutet, dass Bewehrungsstäbe mit einem Durchmesser von 10 bis 20 mm innerhalb von 15 bis 25 Jahren durchkorrodiert sind.



Bewehrungskorrosion (flächiger Angriff) im karbonatisierten Beton



Nachweis der Karbonatisierungstiefe am Bohrkern: = nicht verfärbter Beton



Streusalz (Chloride) dringt in Bodenplatte und Stützenfuß ein



Lochfrass an Bewehrung infolge Chlorideinwirkung

Abb. 2.3.2: Bewehrungskorrosion infolge Karbonatisierung und Chlorideinwirkung

2.4 Betonkorrosion

Beton ist ein heterogener Baustoff, bestehend aus mineralischen Zuschlagstoffen und dem abgebundenen Bindemittel, das als Zementstein bezeichnet wird. Der Zementstein ist bezüglich der Beständigkeit der empfindlichere Teil, er ist porös und beansprucht im Beton einen Volumenanteil von maximal einem Drittel. In Abhängigkeit vom vorgesehenen Wasser-Zement-Wert enthält er im submikroskopischen Bereich mehr oder weniger Kapillarporen, die Wasser und Salzlösungen aufsaugen können. Weiter enthält der Zementstein im mikroskopischen bis sichtbaren Bereich nicht wasserfüllbare Luft- und Verdichtungs-poren, die bei Frost- und Kristalldruck als Expansionsräume dienen. Die nachfolgend aufgeführten Schädigungsmechanismen werden unter den Begriff Betonkorrosion eingereicht.

- Absprengungen durch Frost
- Absprengungen durch Korrosionsprodukte der Bewehrung
- Alkali-Aggregat-Reaktion (AAR)
- Reaktion der Betonoberfläche in Wasser (Karbonatisierung, kalklösender Angriff)
- Biologische Korrosion (Bildung von organische Säuren)
- Ionentauschende Korrosion (Ammonium- und magnesiumhaltiges Wasser)

2.5 Risse im Stahlbeton

Risse sind Trennungen im Betongefüge. Risse bilden sich, wenn die Spannungen die niedrige Zugfestigkeit des Betons (i.M. weniger als ein Zehntel der Druckfestigkeit) überschreiten. Solche Spannungen können infolge von Umweltbelastungen und Beanspruchungen aus Lasten, behinderten Verformungen sowie Eigenspannungen (z.B. plötzlicher Abkühlung oder schneller Austrocknung der Bauteiloberfläche) auftreten. Der Beton kann schon in den ersten Stunden und Tagen nach dem Betonieren reissen, wenn ein unzulässiger Wasserentzug an der Betonoberfläche infolge der Umgebungsbedingungen oder durch Temperaturunterschiede innerhalb eines Bauteils infolge Hydratationswärme zu Spannungen führt, die grösser sind als die momentane Zugfestigkeit des Betons.

Rissarten

Allgemein ist zu unterscheiden zwischen **oberflächennahen Rissen**, die nur kleine Querschnitts-Teile erfassen und häufig netzartig ausgebildet sind, und **Trennrissen**, die wesentliche Teile des Querschnittes oder den gesamten Querschnitt erfassen.

Rissaufnahmen

- Überblick gewinnen (Rissverlauf, Anzahl Risse, Rissweite)
- Veränderung der Risse in Abhängigkeit der Zeit
- Rissbewegungen (erfassen mit Gipsmarken, Wegaufnehmer)
- Ermittlung der Rissursache (zukünftige Rissentwicklung?)
- Dokumentation der Risse (Pläne, Fotos)

Zulässige Rissweiten sind abhängig von:

- Bauteilexposition
- Rissart (an Oberfläche oder Trennrisse)
- Art des Bauteils (bewehrt, unbewehrt, vorgespannt, verankert)
- Zweck des Bauteils (tragende oder nicht tragende Funktion)
- Ästhetik, usw.



Abb. 2.5.1: Feuchter Riss an Decke

Wasser führende Trennrisse haben eine Bewehrungskorrosion zur Folge!

Anhaltspunkte für zulässige Rissweiten:

Umweltbedingung	Mittlere zulässige Rissweite in mm
Innenbauteil	0.40 – 0.60
Aussenbauteil	0.20 – 0.50
Tausalz (Chloride) vorhanden	0.10 – 0.30
Wasserbehälter	≤ 0.10

- Gilt für Stahlbeton mit tragender Funktion
- Gilt für dichten und ausreichend dicken Überdeckungsbeton
- Gilt für Dauerhaftigkeit, nicht Ästhetik
- Jedes Bauteil ist als Einzelfall zu betrachten

2.6 Feuchtigkeit im Beton**Beton ist ein poröser Baustoff**

- Wasser- und luftgefüllte Poren im Zementstein (Gel-, Kapillar-, Verdichtungs- und Luftporen)
- Aussenbedingungen sind entscheidend für Wasseraufnahme und Wasserabgabe
- Langsame Austrocknung des Betons
- Je tiefer der Wasser/Zement-Wert, desto weniger Kapillarporen

Ursache zu hoher Feuchtigkeit an der Betonoberfläche

- Grosses Temperaturgefälle zwischen Innen- und Aussentemperatur (Luft kondensiert)
- Zu hohe Luftfeuchtigkeit im Rauminnern
- Wasserdampf kondensiert auf dem Weg durch die Baukonstruktion (Taupunkt)
- Undichtes Betongefüge
- Mangelhafte Entwässerung

Feuchtigkeitsschäden am Stahlbeton

- Bewehrungskorrosion
- Verfärbungen
- Aussinterungen
- Salzkristallisation
- Frostschäden
- Bemoosung

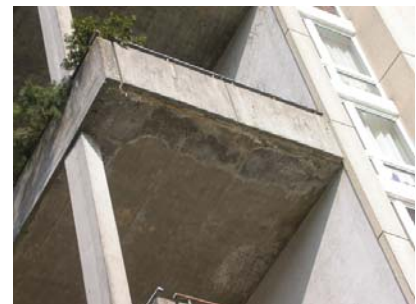


Abb. 2.6.1: Aussinterungen

Wasserdichter Beton (SIA Norm 262/1)

- Normierte Betonherstellung (Produktenormen)
- Beton nach Eigenschaften (Bestellung im Betonwerk)
- Wasserverdunstung auf der Luftseite ist grösser als die Wasseraufnahme auf der Wasserseite; der Beton bleibt auf der Luftseite trocken
- Prüfung der Wasserleitfähigkeit an Bohrkernen im Labor

3. Zustandsuntersuchung von Betonbauwerken

3.1 Grundlagen

Sollen Mängel hingenommen werden oder besteht ein Garantiefall? Wann sind Schäden am Stahlbeton einer Prüfung zu unterziehen und fachmännisch zu beurteilen? Was kann unternommen werden, um frühzeitig eine Schadensentwicklung oder Schadensausweitung zu verhindern?

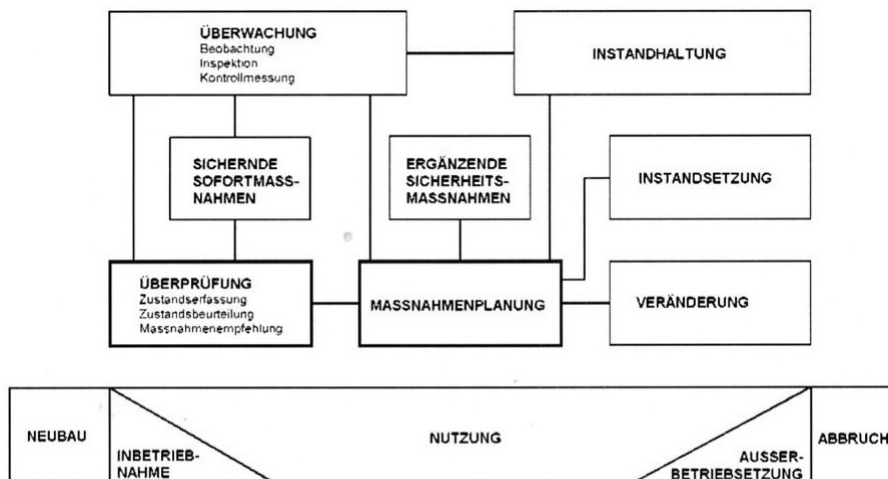
Der Bauherr ist oftmals gut beraten, wenn er frühzeitig einen Fachmann beizieht und kompetent beraten wird. Instandsetzungsarbeiten sind sehr anspruchsvoll und erfordern ausreichende Kenntnisse des Ist-Zustandes, der Schadenursachen und der geeigneten Instandsetzungsverfahren. Eine Instandsetzung ohne Beseitigung der Schadenursache macht keinen Sinn. Bei der Planung von Instandsetzungsmassnahmen an einer Gebäudehülle sollen eventuell weitere Bedürfnisse (z.B. im Fassaden- und Dachbereich: Verbesserung der Wärmedämmung, Fenster- und Abdichtungserneuerungen, usw.), abgeklärt werden. Das Eingerüsten von Fassaden grösserer Bauwerke stellt bekanntlich einen wesentlichen Kostenanteil der Instandsetzungs- und Renovationsarbeiten dar, weshalb möglichst alle anstehenden Erhaltungsmassnahmen eingeplant werden sollten.

Fachunterlagen

Zum Thema "Zustandsuntersuchung von Betonbauwerken" sind heute in der Schweiz umfassende Unterlagen, Normen, Empfehlungen und Richtlinien verfügbar. Die derzeit aktuellen Fachunterlagen sind die Folgenden:

- [1] Norm SIA 162/1, „Betonbauten, Materialprüfung“ (1989)
- [2] Empfehlung SIA 162/5, „Erhaltung von Betontragwerken“ (1997)
- [3] Richtlinie SIA 462 „Beurteilung der Tragsicherheit bestehender Bauwerke“ (1994)
- [4] Norm SIA 469 „Erhaltung von Bauwerken“ (1997)
- [5] Merkblatt SIA 2006 „Durchführung und Interpretation der Potenzialmessung an Stahlbetonbauten“ (1993)
- [6] Merkblatt SIA 2017 „Erhaltungswert von Bauwerken“
- [7] Merkblatt SIA 2018 „Überprüfung bestehende Gebäude bezüglich Erdbeben“ (2004)
- [8] Richtlinie vom Bundesamt für Strassen "Überwachung und Unterhalt der Kunstbauten der Nationalstrassen" (ASTRA 1998)
- [9] Sicherheit von Bauwerken im Wasser: Empfehlung für die Überwachung und Hinweise für den Neubau (ASTRA, BAV, BWW, SBB, 1998)
- [10] Arbeitsgruppe Verein Schweizerischer Vorspannfirmer (VSV) „Wegleitung zum Erstellen und Schliessen von Sondieröffnungen bei Spanngliedern“ (1998)
- [11] IP-Bau: „Untersuchungstechniken im Tief- und Ingenieurbau“, Bundesamt für Konjunkturfragen, EDMZ Nr. 724.453, Bern (1991)
- [12] IP-Bau: „Zustandsuntersuchungen an bestehenden Bauwerken“, Bundesamt für Konjunkturfragen, EDMZ Nr. 724.456, Bern (1992)
- [13] Untersuchungstechniken im Tief- und Ingenieurbau, A. Steiger und G. Stutz, VSS-Bericht 551, Dezember 2000

Allgemeine Begriffe: Darstellung in Empfehlung SIA 162/5 (1997)



3.2 Phasen der Zustandsuntersuchung

Auslösung

Gründe (Auslöser) für eine Zustandsuntersuchung:

- Überwachungsplan (Ergebnisse der periodischen Untersuchung)
- Schäden, Mängel
- Nutzungsänderung
- Umbau, Erweiterung
- Ausserordentliche Einwirkungen, z.B. Brand, Unfall



Abb. 3.2.1: Bewehrungskorrosion an Brückenuntersicht

Auftrag

In der Regel beauftragt der Werkeigentümer einen Ingenieur oder Architekten für eine Zustandsuntersuchung. Wichtige Aspekte eines Auftrages können sein:

- Art, Ziel und Umfang der Zustandsuntersuchung
- Untersuchungsablauf, -phasen
- Projektorganisation
- Verantwortlichkeiten, Informationsfluss
- Dokumentation
- Termine und Kosten

Vorbereitung

Die Vorbereitung der Zustandsuntersuchung erfordert eine seriöse Planungsarbeit (Untersuchungskonzept, Untersuchungsplan); sie bildet die Grundlage für eine erfolgreiche Durchführung der Zustandsuntersuchung. Abklärungen bedürfen vor allem folgende Punkte:

3.3 Zustandserfassung

Die Zustandserfassung wird in zwei Hauptschritten durchgeführt:

- Vorbereitung (Zeitplan, Dienstleistungen, Hilfsmittel, Sicherheit, Zugänglichkeit, etc.)
- Zustandserfassung vor Ort, z.B. in drei Stufen
 1. Stufe **visuelle Zustandserfassung**
→ Absichern durch Stufe 2
 2. Stufe **zerstörungsfreie Untersuchungsverfahren**
→ Absichern durch Stufe 3
 3. Stufe **zerstörende oder störende Untersuchungen**
 - Entnahme von Baustoffproben (für Laboranalysen)
 - Sondieröffnungen.

Auswerten, Zusammenstellen und Beurteilen der Untersuchungsergebnisse

Diese Büroarbeit (inkl. der Schlussfolgerungen) basiert auf den Ergebnissen der Zustandserfassung vor Ort und den Materialprüfungen im Labor.

3.4 Visuelle Untersuchung

Zielsetzung

- zerstörungsfreie Untersuchung
- Groberfassung des Bauwerk- oder Bauteilzustandes
- Früherkennen von Schäden und Gefahren
- Entscheidungsgrundlagen für weitere Untersuchungen oder Sofortmassnahmen



Abb. 3.4.1: Inspektionskoffer und Geräte

Methoden

Auseinandersetzung, Erfahrung

Die Auseinandersetzung mit dem Bauwerk bezüglich Tragsystem, Konstruktion etc., die während der visuellen Untersuchung erfolgen muss, erfordert Konzentration und Übung. Die Erfahrung des Untersuchenden spielt bei der visuellen Untersuchung eine grosse Rolle.

Wahrnehmungen

Das Auge hat die Fähigkeit, auf relativ grossen Flächen rasch die wesentlichen Schadenbilder, wie etwa Risse, Abplatzungen, Kiesnester, Rostspuren, Farbunterschiede, Ausblühungen, Feuchtstellen usw., zu erkennen.

Die Wahrnehmungen mit dem Auge werden ergänzt durch Wahrnehmungen mit dem Tastsinn (z.B. Rauigkeit einer Oberfläche) und dem Gehör (z.B. Abklopfen der Betonoberfläche mit Hammer auf Hohlstellen, Ablösungen oder Abplatzungen).

Systematisches Vorgehen

Es ist wichtig, rasch unterscheiden zu können, was am Bauwerk in Ordnung ist und wo etwas genauer untersucht werden muss. Das systematische Vorgehen in der Zustandsuntersuchung erleichtert die Aufgabe. Die Bauteile bzw. das Bauwerk und nicht primär die Materialien sind in den Vordergrund zu rücken. Es dürfen keine Bauteile vergessen werden.

Checklisten

Checklisten und Musterbilder von Schäden, wie sie in der IP-Bau Dokumentation „Zustandsuntersuchung von bestehenden Bauwerken“ [12] enthalten sind, können bei der Vorbereitung und Durchführung eine Hilfe bieten.

3.5 Apparative Untersuchungen

Zielsetzung

- zerstörungsfreie bis zerstörende Untersuchungen
- umfassende bzw. ergänzende Zustandsuntersuchung
- Erfassen der oberflächennahen Schichten
- Aufschluss über Schwachstellen und Schadenursachen
- Aufschluss für Probenahmen und Sondierungen
- Grundlage für eine Schutz- und Instandsetzungsplanung

Methoden und Geräte

Als Ergänzung zur visuellen Zustandsuntersuchung werden am Stahlbeton häufig die nachfolgend aufgeführten apparativen Untersuchungsmethoden angewendet:

- Messen der Betonüberdeckung der Bewehrung am Objekt (Profometer)
- Bestimmung der Karbonatisierungstiefen am Objekt oder Bohrkern (Indikatorlösung)
- Potenzialmessung am Objekt (Punkt- oder Radelektrode)
- Bestimmung des Korrosionsgrades an der Bewehrung in Spitzstellen
- Messen der Oberflächenprellhärte am Objekt (Schmidt-Betonprüfhammer)
- Bestimmung des Chloridgehaltes am Bohrkern oder Bohrmehl (bei Chloridkontamination)

3.6 Probenahmen und Sondierungen

Probenahmen und Sondierungen sind Bestandteil der Zustandserfassung am Objekt und gehören zu den zerstörenden Untersuchungstechniken. Der erzielte Nutzen ist somit immer dem angerichteten Schaden gegenüberzustellen.

Zielsetzung

- genaue Bestimmung verschiedener Untersuchungsgrößen an einer bestimmten Stelle
- Informationen über Beläge, Abdichtungen, Beschichtungen, Betonoberflächen, usw.

- Informationen über Bewehrung und Vorspannung (Lage, Überdeckung, Durchmesser, Korrosionszustand und Korrosionsgefährdung)
- Bestimmung chemischer (Chloridgehalt, Karbonatisierung), physikalischer (Porosität, Frostbeständigkeit) und mechanischer (Festigkeit) Kenngrößen an Materialproben.



Abb. 3.6.1: Bohrkernentnahme aus Bodenplatte



Abb. 3.6.2: Sichtbarer Trennriss am Bohrkern

3.7 Laborprüfungen

Untersuchungen im Labor (physikalische Prüfungen, chemische und mikroskopische Analysen) ergänzen die visuelle Untersuchung sowie die Messergebnisse aus zerstörungsfreien und zerstörenden Untersuchungen am Bauwerk. Sie liefern lokal begrenzt aussagekräftige Ergebnisse, sind dafür aber relativ objektiv und genau. Laboruntersuchungen sind für die Zustandsbeurteilung ein äusserst wichtiges Hilfsmittel. Eine Übersicht der Laborprüfungen liegt in der Empfehlung SIA 162/5 [2] vor.

4. Zustandsbeurteilung

Im Rahmen der Zustandsbeurteilung erfolgt der Vergleich des bei der Zustandserfassung erhobenen Ist-Zustandes mit dem definierten Soll-Zustand. Aus diesem Vergleich ergeben sich Übereinstimmungen oder Abweichungen bzw. Schwachstellen, die zu bewerten sind.

Zielsetzung

- Beurteilung der Zustandserfassung bzgl. Breite, Tiefe und Aussagekraft (Ist-Zustand)
- Beurteilung der Schadenursachen und des Schadenausmasses am Bauwerk bzw. an den einzelnen Bauteilen
- Vergleich Ist- mit Soll-Zustand und Bewertung der Abweichungen
- Prognose der Schadenentwicklung → Restnutzungsdauer

Im Rahmen der Beurteilung sind die Aspekte Sicherheit (Tragsicherheit, Betriebssicherheit), Gebrauchstauglichkeit und Dauerhaftigkeit zu behandeln.

Wenn die sicherheitsrelevanten Anforderungen nicht mehr erfüllt werden, sind entsprechende Massnahmen (baulich, betrieblich, überwachungstechnisch, ggf. Sofortmassnahmen) zu ergreifen.

Das Anforderungsniveau ‚Sicherheit‘ ist unter Berücksichtigung der geforderten Restnutzungsdauer festzulegen. Speziell ist auch auf Bauteile hinzuweisen, die nicht inspiziert wurden bzw. nicht inspiziert werden können (fehlende Zugänglichkeit). Nicht inspizierte Teile des Bauwerkes können gegebenenfalls bezüglich der von ihnen ausgehenden Gefährdung beurteilt werden.

Wichtige Grundlagen für die Beurteilung der Sicherheit bilden die einschlägigen SIA Normen, der Sicherheitsplan sowie die Anforderungen aus den Betriebsvorschriften.

5. Massnahmenempfehlungen

Die Vorschläge über das weitere Vorgehen resultiert aus der Zustandsbeurteilung. Grundsätzlich sind folgende Strategien denkbar:

- Sofortmassnahmen veranlassen (bei Tragsicherheitsproblem)
- Akzeptieren des bestehenden Zustands, allenfalls mit ergänzenden Sicherheitsmassnahmen gemäss Ziffer 5 2 der Richtlinie SIA 462 [3]
- Korrigieren des bestehenden Zustands durch Instandsetzung (siehe SIA 162/5 [2])
- Anpassen des bestehenden Zustands an neue Anforderungen durch Veränderung
- Abbrechen und eventuell ersetzen des Tragwerks, allenfalls nach Ausschöpfen einer vertretbaren Restnutzungsdauer

Die gewählte Erhaltungsstrategie besteht in der Regel aus einer Kombination dieser grundsätzlichen Möglichkeiten. In der Massnahmenempfehlung sind die wesentlichen Aspekte technischer, betrieblicher und wirtschaftlicher Natur sowie die gesetzlichen Kriterien hervorzuheben und zu bewerten. Die Instandhaltungsphilosophie des Bauherrn ist dabei zu berücksichtigen. Gegebenenfalls sind für die anschliessende Massnahmenplanung ergänzende Untersuchungen am Bauwerk erforderlich und verschiedene Instandsetzungsvarianten zu prüfen.