Zeitschrift: Schweizer Ingenieur und Architekt

Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine

Band: 103 (1985)

Heft: 37

Artikel: Schadendiagnose: Grundlage für die Sanierung von bewehrten Betontragwerken

Autor: Aeschlimann, Hans-Ulrich

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-75878

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 13.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Schadendiagnose

Grundlage für die Sanierung von bewehrten Betontragwerken

Von Hans-Ulrich Aeschlimann, Wildegg AG

Beton ist heute einer der meistverwendeten Baustoffe und hat sich seit Jahrhunderten bewährt. Beispielsweise sind heute noch viele römische Bauten aus einem dem jetzigen Beton vergleichbaren Baustoff in Betrieb (u.a.: römische Wasserleitungen, Kolosseum, Pantheon). Ein heute viel und manchmal mit Leidenschaft diskutiertes Thema ist die Dauerhaftigkeit von Betonbauwerken und die Frage, ob ein grösserer Unterhalt notwendig ist. Ausgangspunkt solcher Diskussionen ist, dass sich seit einiger Zeit Mängel und Schäden an Betonbauten häufen. Damit stellt sich die Frage nach der langfristigen Gebrauchsfähigkeit bzw. der erforderlichen Instandhaltung und Sanierung.

Einleitung

Das Ringen um möglichst beständigen Baustoff ist so alt wie das Bauen selbst. Jeder der Witterung ausgesetzte Baustoff – auch Beton – ist jedoch einer Alterung unterworfen. Dabei ändert sich das äussere Erscheinungsbild von Holz, Stahl, natürlichen Gesteinen und Beton. Der Begriff Dauerhaftigkeit muss also genauer definiert und gegen andere Begriffe wie Beständigkeit, Lebensdauer oder Widerstand abgegrenzt werden.

Schäden an Stahlbeton- und Spannbetonbauten können auf unterschiedliche Ursachen zurückgeführt werden. Vor der Planung eines Sanierungskonzeptes mit entsprechenden Sanierungsmassnahmen ist es deshalb unbedingt erforderlich, die objektspezifischen Schadenarten und Schadenursachen abzuklären.

Eine Schadendiagnose und Schadenanalyse ergeben die erforderliche Sicherheit im Hinblick auf den Erfolg einer gezielten Sanierungsmassnahme. Sanierungen sind meist nur so gut wie die Schadendiagnose, weshalb der Aufwand für die Diagnose aufgrund des erwarteten Nutzens festzulegen ist. Dabei hilft die Schuldfrage nicht weiter.

Die Schadenfreihaltung und fachgerechte Instandsetzung und somit Werterhaltung unserer Betonbauwerke ist eine Aufgabe grosser *volkswirtschaftlicher Bedeutung*, der man sich zu stellen hat.

Bekanntlich unterscheidet sich das Bauwesen in bezug auf die Dauerhaftigkeit seiner Erzeugnisse grundlegend von anderen technischen Industriezweigen. Im Bauwesen kennt man normalerweise keine Einschränkungen wie Verschrottung, planmässiger Abbruch oder begrenzte kurzfristige Lebensdauer. Die Dauerhaftigkeit der Bauwerke kann im allgemeinen auch nicht unmittelbar aus dem Erscheinungsbild abgeleitet werden.

Im Hinblick auf eine allfällige Sanierung ist das schadhafte Bauwerk als Ist-Zustand zu betrachten. Der Soll-Zustand folgt aus der künftigen Nutzung und erwarteten Lebensdauer, woraus die Sanierung abgeleitet werden kann.

In diesem Zusammenhang soll auch erwähnt werden, dass – aufgrund von verschiedenen Untersuchungen in der Schweiz, in Österreich, in Deutschland und auch in anderen Ländern – *Betonbauwerke im allgemeinen durchaus gesund sind.* Schäden stellen erfreulicherweise nach wie vor die Ausnahme dar, wobei die gesamte *Schadensumme* im Baugeschehen etwa mit *1% des jährlichen Bauvorhabens* für Rohbau und Ausbau angenommen werden kann (inkl. Verschleissschäden, nicht planmässige Nutzungsschäden, Brandschäden, u.a. nicht eigentliche Betonschäden). Die *effektiven Betonschäden* im engeren Sinn sind allerdings noch niedriger, etwa in der *Grössenordnung von Promillen (‰) des Bauvolumens.*

Als wichtigste mögliche *Schadenursachen* bei Beton werden erwähnt: Fehler bei Planung und Errichtung (Entwurfs- und Ausführungsfehler) ergeben etwa 50% der Fälle; die restlichen 50% entfallen auf mangelnden Korrosionsschutz (zu geringe Betondeckung, nicht ausreichende Betonqualität, Risse, Kiesnester usw.) und auf mangelnden Widerstand gegen chemische und mechanische Angriffe. Schäden traten also dort auf, wo nicht fachmännisch und nicht nach den

Wichtige Begriffe

Bauwerksüberwachung. Die Bauwerksüberwachung soll sicherstellen, dass Mängel und Schäden an einem Bauwerk rechtzeitig erkannt werden, damit ein Versagen mit grösstmöglicher Sicherheit ausgeschlossen werden kann. Die Überwachung beginnt mit der Abnahme. Danach trägt der Eigentümer die Verantwortung für den sicheren Zustand des Bauwerkes. Die Massnahmen der Bauwerksüberwachung bestehen aus Abnahme, laufenden Beobachtungen, Besichtigungen und Prüfungen.

Beständigkeit bezeichnet solche Eigenschaften, die erforderlich sind, um, besonders bei künstlichen, starken, zeitweiligen, chemischen oder mechanischen Einwirkungen, die vorgesehene Lebensdauer zu erreichen.

Dauerhaftigkeit. Unter Dauerhaftigkeit eines Objektes ist die Standzeit zu verstehen, während der es ohne Erhaltungsaufwendungen uneingeschränkt funktionstüchtig bleibt. Dauerhaftigkeit ist also auch die für das Erreichen der Lebensdauer erforderliche Eigenschaft bei Beanspruchung durch natürliche und künstliche Einflüsse, insbesondere durch Witterung.

Dauerhafter Stahl- und Spannbeton. Ein der Witterung dauerhaft ohne Mängel und Schaden widerstehender Stahl- und Spannbeton, dessen Bewehrung durch ungenügende Betondeckung und durch geeignete Betonzusammensetzung dauerhaft vor Korrosion geschützt ist.

Diagnose (griech.) bedeutet unterscheidende Beurteilung oder Erkenntnis.

Gebrauchsfähigkeit. Die Gebrauchsfähigkeit eines Bauwerkes oder eines Bauteiles ist bezüglich genormter oder vereinbarter Nutzung zu gewährleisten. Die Gebrauchsfähigkeit ist gegeben, solange das Tragwerk unter den vereinbarten Nutzungszuständen ein Verhalten zeigt, welches innerhalb vereinbarter oder vorgeschriebener Grenzen liegt.

Ist-Zustand bedeutet die Analyse von Mängeln und Schäden eines Baustoffes oder Bauteiles im gegenwärtigen Zustand sowie deren Beurteilung (Schadendiagnose) inkl. Festlegung des Sanierungskonzeptes.

Lebensdauer ist die Zeitspanne, während der ein Bauwerk volle Tragfähigkeit (Tragsicherheit) und Gebrauchsfähigkeit besitzt.

Sanierung, als Sammelbegriff für technisches Ausbessern und Nachbessern, ist das Instandsetzen, Verbessern und Ersetzen von schadhaften bzw. zerstörten Bauten, mit Herbeiführung rationeller Nutzungsdauer.

Soll-Zustand ist der erforderliche, mit dem Sanierungskonzept zu erreichende Zustand des Bauwerkes für die Sicherstellung der zu erwartenden Beanspruchung für die angestrebte Nutzungsdauer.

Tragfähigkeit/Tragsicherheit. Die Tragfähigkeit bedeutet die Gewährleistung der nach den Stahl- und Spannbetonbestimmungen erforderlichen Sicherheit in bezug auf die Materialeigenschaften für die zugrunde gelegten Querschnittsabmessungen.

Unterhalt (auch Erhaltung, Instandhaltung). Unterhalt bezieht sich mehr auf die Erhaltung der Konstruktion, Instandhaltung mehr auf jene der Nutzung der Bauten.

Der Oberbegriff *Unterhalt* beinhaltet also folgende Einzelfunktionen:

- *Inspektion/Bauwerksüberwachung*, also Beurteilung des Ist-Zustandes
- *Schutz*, also Bewahrung des Soll-Zustandes
- *Instandsetzung/Reparatur/Sanierung*, also Wiederherstellen des Soll-Zustandes durch Massnahmen des Unterhalts, inkl. vorbeugende Massnahmen

Die Analyse dieser drei Funktionen dient natürlich auch zur Ermittlung von Schwachstellen und ermöglicht somit durch das Aufzeigen entsprechender Konsequenzen, dass der Hersteller oder Planer neue Konstruktionen besser den zu erwartenden Beanspruchungen anpassen kann.

Verstärken. Verbessern der mechanischen oder chemischen Belastbarkeit zur Erhöhung oder Sicherstellung der Tragfähigkeit.

Widerstand ist die im Hinblick auf den Grenzzustand der Tragfähigkeit und der Gebrauchsfähigkeit aufnehmbare Einwirkung im Rahmen einer bestimmten Einwirkungssituation (z.B. Widerstand gegen Frost-Tausalzeinwirkung). Widerstand oder Dauerhaftigkeit gegen jeden beliebigen Angriff und auf unbestimmte Zeit gibt es bei keinem Baustoff.

Regeln der Baukunde gebaut wurde oder wo von Beton nachträglich Eigenschaften verlangt wurden, für die er nicht konzipiert worden war (falsche Nutzungsart, Nichtvorsehen eines Betons mit besonderen Eigenschaften usw.).

Man sollte im übrigen auch nicht müde werden, darauf hinzuweisen, dass die *Planung* bereits eine Vorleistung des Bauens ist und keine Dokumentation des Gebauten. Ähnliches gilt auch für die *Qualitätskontrolle* während der Ausführung.

Je nach Witterungsverhältnissen auf der einen sowie dem bautechnischen Konzept auf der anderen Seite können gegenwärtig freiliegende aussenbewitterte Betonbauwerke als dauerhaft gelten über einen Zeitraum von etwa 100 Jahren bei günstigen, etwa 50 Jahre bei normalen und etwa 25 Jahre (oder weniger) bei ungünstigen Bedingungen.

Es sei ferner auch daran erinnert, dass an Hochschulen und an Ingenieurschulen keine klassische Ausbildung auf dem Gebiet der Schäden, Schadendiagnose und Sanierungen möglich ist. Erste Ansätze sind erfreulicherweise bereits vorhanden, indem zunehmend solche Aspekte in den Lehrplan miteinbezogen werden.

Physikalische Einflüsse
- Maximale/minimale Temperaturen während eines Jahres
- Temperaturunterschiede Tag/Nacht
- Frost
- Feuchtigkeit
- Luftfeuchtigkeit
- Intensität der UV-Strahlung
- Frost-Tausalz-Belastung

Chemische Angriffe
- Sulfatangriff
- Kalklösende Kohlensäure
- Weiches Wasser
- Magnesium
- Ammonium
- Sonstiges

Mechanische Belastungen
- Kollernde Belastung
- Schlagende Belastung
- Schleifende Belastung
- Rollende Belastung

Lasten (Belastungsgeschichte)

Tabelle 1. Checkliste für Untersuchungen hinsichtlich der Nutzung und Belastung des Bauwerks

Untersuchungen des Ist-Zustandes eines Bauwerkes

Allgemeines Vorgehen

Die Erfordernisse und Kriterien für eine umfassende Erhebung eines Ist-Zustandes bei sanierungsbedürftigen Baustoffen wurden in den letzten Jahren in verschiedenen Richtlinien, Empfehlungen und Merkblättern zusammengefasst.

Ohne im Detail auf alle diese Richtlinien näher einzutreten, stehen bei allen Bemühungen die nachstehenden Anliegen und Abklärungen zentral im Vordergrund:

Schadenursachen

- Bestimmung der Einflüsse aus Umweltbedingungen, Nutzung und Konstruktion *(Checkliste: vgl. Tab. 1 und 2)*

- Chemische und physikalische Untersuchungen am Bauwerk und am Baustoff:
Bestimmung und Zusammenstellung der Kenndaten *(Checkliste: vgl. Tab. 3, 4 und 5)*

Schadenumfang, Schadenbedeutung

- Gewichtung und Beurteilung dieser Kenndaten, der Alterungseinflüsse und des Fehlverhaltens
- Konkrete Anhaltspunkte bezüglich noch möglicher Substanzerhaltung und Weiterverwendbarkeit und Dauerhaftigkeit

Dringlichkeit der Sanierung

- Sachdienliche Abklärung und Definition der Sanierungserfordernisse und Sanierungsmöglichkeiten
- Fundierte Abklärung bei Ersatzerfordernissen. Festlegung der Reprofilierungstiefe, der Traggrundschicht und Reprofilierart im Rahmen einer objektspezifisch angepassten und richtigen Lösung, d.h. unter optimaler Dauerhaftigkeit, Wirtschaftlichkeit und Risikobereitschaft

Sanierungskonzept und Sanierungsmassnahmen

Der nach obigen Kriterien ermittelte Ist-Zustand ist mit dem Soll-Zustand zu vergleichen. Daraus ist das Sanierungskonzept mit den entsprechenden Sanierungsmassnahmen zu erarbeiten *(Vorgehen: vgl. Tab. 6)*.

Visuelle Beurteilungen und prüftechnische Untersuchungen

Im einzelnen sind folgende Messungen durchzuführen bzw. folgende Kenndaten zu ermitteln, wobei Umfang und Ausmass der Untersuchungen abhängig sind von Art und Grösse des Schadens, Bedeutung des Bauwerkes und

Tabelle 3. Checkliste zu Untersuchungen am Bauwerk

Augenscheinliche Beurteilung
- Risse (Länge, Breite, Richtung, gradlinig, regelmässiges Rissbild)
- Abwitterungen (Fläche, Tiefe, Zementstein und/oder Zuschlag)
- Abplatzungen (Fläche, Tiefe, in Verbindung mit Bewehrungskorrosion)
- Ausblühungen (Farbe, Form, Lage, Besonderheiten)
- Verfärbungen (Farbe, Form, Lage, Besonderheiten)
- Optischer Eindruck

Untersuchungen
- Betonüberdeckung
- Karbonatisierungstiefe
- Festigkeitsermittlung mittels Rückprallhammer
- Haftzugfestigkeit (SATTEC- oder Heriongerät)
- Oberflächenhärte
- Laufgeschwindigkeit von Ultraschall
- Dämpfung bzw. Reflexion von Ultraschallwellen
- Korrosionsgrad der Bewehrung

Fotodokumentation

Skizze der Risse, Abplatzungen usw.

Tabelle 4. Checkliste zu Untersuchungen an Betonbohrkernen im Labor

Augenscheinliche Beurteilung
Betongefüge
- Risse, Fehlstellen
- Korrosion der Bewehrung
- Betonüberdeckung

Festigkeiten
- Druckfestigkeit
- Spaltzugfestigkeit
- Zugfestigkeit

Betonqualität
- E-Modul (statisch/dynamisch)
- Rohdichte
- Wasseraufnahme
- Kapillare Steighöhe
- Verteilung der Porendurchmesser (Quecksilberdruckporosimetrie)
- Diffusionswiderstand gegen H_2O
- Diffusionswiderstand gegen CO_2
- Karbonatisierungstiefe:
  pH-Wert: - Phenolphthalein, pH $\geq$ 9: violett;
  - Thymolphthalein, pH $\geq$ 10: blau
- Zementgehalt
- Chloridgehalt
- Sulfatgehalt
- Reaktionsprodukte der Silikat-Alkali-Reaktion

Tabelle 5. Schadenursachen/Schadenmöglichkeiten an Stahlbeton

Durch Wasseraufnahme:
- Frostschäden

Durch Schadstoffaufnahme:
- Schadstoffe in H_2O gelöst:
  - FTS-Schäden
  - Sulfat-Schäden
  - Schäden an Bewehrung
    - Chloride
    - Sulfide
- Schadstoffe gasförmig:
  - CO_2: Karbonatisierung
  - SO_2: Sulfatisierung

Durch Risse:
wichtig: Rissbreite
Risstiefe

Physikalische Einflüsse	*Schädigungsmöglichkeiten*
Frost/Tauwechsel	Frostsprengungen
Schwinden, evtl. Kriechen; thermische und mechanische Einwirkungen	Rissbildung
drückendes Wasser	Abdrücken der Beschichtung
Überbelastung	Lockerung des Betongefüges, Grusbildung
Chemische Einflüsse	
Säuren	Lösungserscheinung an Beton
Salzlösungen	Treiberscheinung an Beton
Öl, Fett	Gefügelockerung des Betons
Biologische Einflüsse	
Algen, Flechten, Moose	Auflockerung von Natursteinen

Tabelle 2. Einige Umwelteinflüsse und Schädigungen an Baustoffen

IST	
Schadenursachen	
- Umwelt/Witterung, Nutzung, Konstruktion	
- Bauwerk - Baustoffe	physikalische und chemische Prüfungen
Schadenumfang	
Schadenbedeutung	Gewichtung, Beurteilung
Sanierungskonzept	
- Dringlichkeit - Erfordernisse - Möglichkeiten - Massnahmen	
Sanierungsdurchführung	
SOLL	

Tabelle 6. Vorgehen (Schema): Untersuchungen des Ist-Zustandes

insbesondere nach der Wahrscheinlichkeit und Gefährdung von Menschen *(Checklisten: vgl. Tab. 2 und 3)*

Zustandsfeststellungen, insbesondere an Bauwerksoberflächen (am Objekt)

Als Grundlage dienen hiezu visuelle Feststellungen und einfache Messmethoden für die Schadendiagnose (Untersuchungsmethode):

• Kreide, wasserfeste Filzstife	(Markierungen)
• Auge, Feldstecher	(allg. Eindruck)
• Fotoapparat	(Zustand festhalten)
• Schreibtafel, Papier, Bleistifte	(Notizen)
• Risslupe	(Rissweite)
• Kompass	(Wetterseite)
• Sackmesser, Schraubenzieher, Spachtel, Spitzeisen, Spitzhammer, Fäustel	(Fehlstellen, Abplatzungen)
• Betonhammer (Schmidthammer)	(Druckfestigkeit)
• Profometer / Magnet	(Lage Bewehrung)
• Phenolphthaleinset	(pH-Wert)
• Wasserspritzflasche	(Benetzbarkeit/ Saugvermögen)
• Plastikfolie	(Trockenheit/ Feuchtigkeit)
• Thermometer	(Temperatur)

Die Methoden zur Bestimmung der mechanischen Eigenschaften sind sicher allen Ingenieuren, die sich mit Beton befassen, bestens bekannt, gelten doch die Druckfestigkeit und der E-Modul als ingenieurmässig wichtigste Betoneigenschaften. Die *Bestimmung der mechanischen Eigenschaften* ist für die Diagnose zwar selten hinreichend, aber meistens notwendig:

Untersuchungsstufen der mechanischen Betoneigenschaften am Bauwerk:

1. Stufe: Augenschein: Man beurteilt den allgemeinen Zustand von Auge. Allerdings können damit nur grössere Unterschiede festgestellt werden, die ausserdem nicht unbedingt mit den mechanischen Eigenschaften zusammenhängen. Immerhin können auf der Betonoberfläche Abplatzungen, Risse, Verfärbungen, Rostspuren u.a. gesehen und somit grob gestörte und ungestörte Bereiche unterschieden werden. Ohne diese Information sind die detaillierteren Untersuchungsresultate, inklusive von Bohrkernen, kaum richtig zu interpretieren.

2. Stufe: Zuhilfenahme eines Hammers: Auch hier bekommt man zwar keine Zahlen, aber das Verhalten des Betons auf Hammerschläge ist direkt von den mechanischen Eigenschaften abhängig. Die Untersuchung mit dem Hammer erfordert natürlich einige Erfahrung beim Untersuchenden.

3. Stufe: Zerstörungsfreie Prüfung mit dem Betonhammer (oder zusätzlich mit Ultraschallmethode): Zahlenwerte haben Vorteile und sind mitunter nötig. Mit diesen beiden Prüfungen erhält man nicht direkt den Festigkeits- oder E-Modul-Wert, sondern muss diese Grössen aus den Messwerten errechnen. Dazu sind Annahmen nötig, und diese bewirken, dass ohne Eichung mit zerstörender direkter Prüfung keine absoluten, sondern lediglich gute relative Werte aus dieser Untersuchung zu gewinnen sind.

4. Stufe: Entnahme von Bohrkernen: Damit erhalten wir die Absolutwerte und die Eichung zur 3. Stufe. Für die Bestimmung eines Mittelwertes der Druckfestigkeit oder des E-Moduls an einer Stelle des Bauwerkes sind 5 Kleinbohrkerne ∅ 50 mm, H = 56 mm, nötig. (Die gemittelte Druckfestigkeit dieser Bohrkerne entspricht etwa derjenigen eines Würfels mit der Kantenlänge von 200 mm.)

Zustandsfeststellungen an Bohrkernen im Tiefenprofil

Als Grundlage der prüftechnischen Untersuchung für die Schadendiagnose dienen folgende Prüfungen. Welche Prüfungen alle heranzuziehen sind, muss im Einzelfall bestimmt werden und hängt von verschiedenen Faktoren ab (Zustand des Objektes, Art und Umfang der Schäden usw.).

Mechanische Messungen:

- Druckfestigkeit
- Spaltzugfestigkeit
- Zugfestigkeit
- Haftzugfestigkeit
- Scherfestigkeit
- E-Modul
- (Betonüberdeckung)

Weitere physikalische Messungen:

- Sättigungskennwerte
- Wasseraufnahme, -saugvermögen
- Wasserdichtigkeit, -undurchlässigkeit
- Wasserdampfdiffusion
- CO_2-Diffusion

Chemische Bestimmungen:

- Zementgehalt
- Zementart
- Ionenbestimmung (betonschädliche Versalzung, Chloride usw.)
- Carbonatisierungstiefe (pH-Wert)

Formänderungen:

- Frost
- Frosttausalz
- Quellen
- Treiben (Magnesia, Meerwasser, Säure usw.)
- Wärmedehnung
- Kristallisationsprüfungen (Sulfate, Salzsprühtest)

Mikroskopisch-qualitative Analyse (Gefügeanalyse, Morphologie):

- Porenanalyse
- Zuschlagsanalyse
- Bindemittelanalyse

Beurteilung Schadendiagnose - Checkliste:

- Unterscheidende Beurteilung der Abweichung von Betoneigenschaften
- Beurteilung des Betonkonzeptes, der Verarbeitung und der Kennwerte im Tiefenprofil
- Beurteilung der Gefügekomponenten Zuschlag, Zementstein, Poren

- Beurteilung schädigender Einflüsse aus Nutzbelastung, Immissionseinflüssen, Betriebsbelastung
- Beurteilung von Mängeln, Schäden und Schadeneinflüssen
- Beurteilung der Bauwerksalterung
- Beurteilung der Sanierungserfordernisse
- Beurteilung der Reparierbarkeit des Bauwerks

Sanierung

Nach dieser umfassenden Erhebung des Ist-Zustandes erfolgt als Ergebnis das bauliche Sanierungskonzept mit den entsprechenden Sanierungsmassnahmen, damit der erforderliche Soll-Zustand (= saniertes Bauwerk) erreicht wird. Wichtig ist auch der Zeitpunkt der Sanierung, bezogen auf die Lebensdauer. Wird er richtig gewählt, so kann man das Bauwerk sogar vorbeugend schützen.

Checkliste für Sanierungskonzept:

- Definition Sanierungsfunktion
- Definition Schutzfunktionen
- Festlegung Traggrundschicht und Untergrundvorbereitung sowie -vorbehandlung
- Festlegung von Sanierungsart, Sanierungsaufbau, Sanierungsumfang und Sanierungszeit
- Festlegung zusätzlicher, flankierender Massnahmen (Betriebsunterbruch, weitere bauliche Massnahmen wie Nutzungsänderung, Tragwerkverstärkung usw.)
- Definition Soll-Werte für die Bauschadensanierung
- Im übrigen beachte und unterscheide:
  - Reinigung
  - oberflächliche Sanierung (eher ästhetisch)
  - tiefreichende, strukturelle Schadenbehebung

Checkliste Arbeitsablauf Sanierung

- Sanierungsbereiche festlegen
- Sanierungsziele definieren
- Baustoffe, Verfahren wählen
- geschädigten Beton entfernen
- Vorbereitung Kontaktfläche
- Korrosionsschutz freiliegender Bewehrung
- Reprofilierung
- evtl. Riss-Sanierung
- evtl. Querschnittsverstärkung
- evtl. Anstriche als Schutz des Betons
- Eignungsnachweis (grundlegende Systemprüfung) und Bestätigung der Eignung(Kontrollflächen)
- laufende Kontrolle und Qualitätsüberwachung auf der Baustelle (Gütenachweis)
- Schlussabnahme

Ckeckliste der wichtigsten Ausführungsverfahren und Baustoffe für den Schutz und die Instandsetzung

- Imprägnierung, Versiegelung, Anstrich, Beschichtung
- Dickbeschichtungen, Beläge
- Profilergänzung/Auffütterung
  - Hydraulisch erhärtende Mörtel
  - Reaktionsharzmörtel
- Spritzbeton
- Injektionen
  - Zement
  - Reaktionsharz
- Dübel, Anker
- Aufgeklebte Stahllamellen

Zusammenfassung

Im Zusammenhang mit der Schadendiagnose und den Soll-Werten bei der Qualitätssicherung der Bauwerkssanierung gelten die visuellen Beurteilungen und prüftechnischen Untersuchungen *Bauwerkskriterien* als wesentliche Voraussetzungen für die Kennzeichnung von Sanierungserfordernissen zur dauerhaften Schaden- oder Mängelbehebung an Ingenieurbauwerken. Dass neben diesen objektspezifischen Voraussetzungen auch die grundlegenden *Materialkriterien* für anzuwendende Sanierungssysteme und -verfahren durch entsprechende praxisnahe und bauwerksbezogene Eignungsnachweise abgedeckt werden sollten, darf als anerkannte Regel nach dem derzeitigen Stand der Technik betrachtet werden.

Eine Kennzeichnung der methodischen Erfordernisse für eine ingenieurmässig-systematische Behebung von Schäden und Mängeln an Ingenieurbauwerken kann in zusammenfassender Form wie folgt dargestellt werden:

□ *Erfassung des Ist-Zustandes mit Schadendiagnose* mittels Erhebungen und Untersuchungen zur Feststellung der Sanierungsnotwendigkeit und Beurteilung als Grundlage für ein Sanierungskonzept

□ *Festlegung des Sanierungskonzeptes* mit Anforderungskatalog (Projektleitung), Produkteprofil (Systemanbieter) und Qualitätssicherung der Bauwerkssanierung (Bauleitung)

□ *Durchführung von Instandstellungsmassnahmen* mit konzeptgemäss angewendeten und prüftechnisch abgesicherten Systemen und Verfahren.

Adresse des Verfassers: *H. U. Aeschlimann*, dipl. Bau-Ing. ETH/SIA, Mitglied in Fachgremien des WTA und des WTA-CH/SIA-FIB; Technische Forschungs- und Beratungsstelle der Schweizerischen Zementindustrie (TFB), Abt. Betonberatung, Postfach, CH-5103 Wildegg.

Literaturverzeichnis

[1] *D. Rabe:* Unterhaltung von Stahlbeton- und Spannbetonbrücken, Bauingenieur, 1981, S. 431 f.

[2] *WTA (Wissenschaftl. Techn. Arbeitskreis für Bauwerksanierung und Denkmalpflege e.V.):* Merkblatt 2-84 (Fassung Sept. 83), Unterhaltung von Betonbauwerken - Massnahmen zur Reparatur und zum vorbeugenden Schutz, WTA-Geretsried/München

[3] *WTA, Gruppe Schweiz/SIA-FIB:* Merkblatt 85.101 (Januar 1985): Unterhalt von Betonbauwerken - Vorbeugender Schutz und Instandsetzung (Überarbeitung von Lit [2]), WTA-CH/SIA, Fachgruppe für industrielles Bauen (FIB), Zürich

[4] *F. Standfuss:* Überwachung und Prüfung von Ingenieurbauwerken im Zuge von Strassen und Wegen, Strasse + Autobahn, 6/83

[5] *R. Engelfried:* Betonsanierungsmassnahmen - Überlegungen zur Konzeption B+B/Betonschutz & Bautensanierung, Nr. 4/83

[6] *H.-J. Badzong:* Untersuchung, Diagnose und Sanierung von Ingenieurbauwerken - Eine Systematik aus materialtechnischer Sicht, Strasse und Verkehr, 4/84

[7] *L. August, H. Jonetzki, W. Stremmel:* Empfehlungen für die Durchführung zerstörungsfreier und zerstörungsarmer Prüfverfahren im Rahmen der Bauwerksprüfung nach DIN 1076, Strasse + Autobahn, 3/84

[8] *H. Weber:* Stahlbeton - Schadendiagnose

[9] *W. Studer:* Methoden zur Bestimmung der mechanischen Eigenschaften

[10] *B. Romer:* Gefügeanalytische Methoden für die Qualitätsüberwachung und Diagnose

[8] bis [10] in: Beständigkeit von Stahlbeton - Schadenursachen, Vorbeugen, Diagnose, Sanieren; Studientagung SIA-FIB, April 1984, SIA-Dok., Nr. 72/84.

[11] *H.U. Aeschlimann et al.:* Internes Informationsseminar über Sanierung von Stahlbeton- und Spannbetonbauwerken, Strabag AG, Köln, Jan. 1985

[12] *H.U. Aeschlimann et al.:* TFB-Wildegger-Kurse «Dauerhaftigkeit von Stahlbeton» und «Ausschreiben von Betonbauwerken», 1983/84/85

[13] *D. Andrey, R. Suter* und *R. Favre:* «Surveillance des ouvrages d'art», Ing. + arch. suisses, No 8, 1985