

15 Schutz und Instandsetzung von Betonbauwerken

15.1 Planungsgrundsätze

Die *Instandsetzung* von Bauwerken, so weit sie die Gebrauchsfähigkeit und Sicherheit betrifft, ist eine Ingenieuraufgabe. Die Instandsetzung eines Bauteils oder Bauwerks, das gemäß DIN 1045 erstellt wurde oder werden sollte, ist so zu planen und auszuführen, dass die verlangten Gebrauchseigenschaften dauerhaft erreicht werden (s. Abschnitt II.3.1 und II.15.2). Die Instandsetzungsaufgabe wird in anderen Ingenieurbereichen erheblich präziser und konsequenter definiert als im Bauwesen. **Tafel II.15.1-1** zeigt Definitionen zum Begriff „Instandhaltung“ in Anlehnung an DIN 31051. Die *Instandhaltung* umfasst *Wartung*, *Inspektion* und *Instandsetzung*. Jede festgestellte Abweichung zwischen *Istzustand* und *Sollzustand* stellt einen *Mangel* dar und erfordert eine Entscheidung über die zu treffenden Maßnahmen. Der Mangel kann z. B. einen verminderten *Abnutzungsvorrat* beinhalten, siehe **Bild II.15.1-1**. Wenn der *Abnutzungsvorrat* durch Korrosion, Verschleiß usw. aufgezehrt ist, wird die Grenze der Brauchbarkeit (Gebrauchsfähigkeit, Funktionsfähigkeit) erreicht. Wird sie unterschritten, spricht man von einem *Schaden*.

15.2 Regelwerke für die Instandsetzung von Betonbauwerken

Die Pflicht zur Instandhaltung von Bauwerken folgt aus der Musterbauordnung (MBO), worin gefordert wird, „dass die öffentliche Sicherheit und Ordnung, insbesondere Leben,

Tafel II.15.1-1: Definitionen zum Begriff „Instandhaltung“ (in Anlehnung an DIN 31051)

Instandhaltung: Maßnahmen zur Bewahrung und Wiederherstellung des Sollzustands sowie zur Feststellung und Beurteilung des Istzustands von technischen Mitteln eines Systems (Bauwerks). Sie umfasst die Maßnahmen der *Wartung*, *Inspektion* und *Instandsetzung*.

Wartung: Maßnahmen zur Bewahrung des Sollzustands von technischen Mitteln eines Systems (Bauwerks)

Inspektion: Maßnahmen zur Feststellung und Beurteilung des Istzustands von technischen Mitteln eines Systems (Bauwerks)

Instandsetzung: Maßnahmen zur Wiederherstellung des Sollzustands von technischen Mitteln eines Systems (Bauwerks)

Zustand: Der Zustand umfasst die Gesamtheit der Merkmale, die das Maß der Eignung der Betrachtungseinheit für den vorgesehenen Verwendungszweck ausdrücken

Istzustand: Der in einem gegebenen Zeitpunkt festgestellte Zustand eines Bauwerks oder einzelner Teile

Sollzustand: Der für den jeweiligen Fall festgelegte (geforderte) Zustand eines Bauwerks oder einzelner Teile

Abweichung (Sollzustandsabweichung): Nichtübereinstimmung zwischen dem Istzustand und dem Sollzustand einer Betrachtungseinheit zu einem gegebenen Zeitpunkt

Abnutzung: Abbau des Abnutzungsvorrats infolge physikalischer und/oder chemischer Einwirkungen, z. B. Verschleiß, Alterung, Korrosion oder auch plötzlich auftretende Istzustandsveränderung wie z. B. ein Bruch

Abnutzungsvorrat: Vorrat der möglichen Funktionserfüllungen unter festgelegten Bedingungen, die einer Betrachtungseinheit aufgrund der Herstellung oder aufgrund der Wiederherstellung durch Instandsetzung innewohnt

Mangel: Zustand einer Betrachtungseinheit vor der ersten Funktionserfüllung, bei dem mindestens ein Merkmal fehlt, wodurch der Sollzustand nicht erreicht wurde. Unter der ersten Funktionserfüllung ist auch die Funktionserfüllung zu verstehen, die nach einer Instandsetzung erfolgt

Schaden: Zustand einer Betrachtungseinheit nach Unterschreiten eines bestimmten (festzulegenden) Grenzwerts des Abnutzungsvorrats, der eine im Hinblick auf die Verwendung unzulässige Beeinträchtigung der Funktionsfähigkeit bedingt

Ursachen: Objektive Sachverhalte, die eine Abweichung bewirken

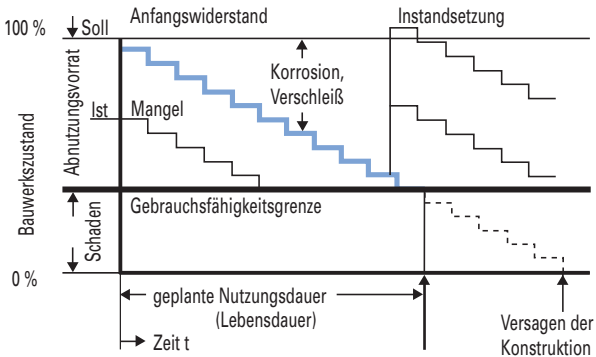


Bild II.15.1-1: Mögliche Veränderung des Bauwerkzustands während der Nutzungsdauer

Gesundheit oder die natürlichen Lebensgrundlagen, nicht gefährdet werden“. Die von der obersten Bauaufsichtsbehörde durch öffentliche Bekanntmachung als Technische Baubestimmungen eingeführten technischen Regeln sind zu beachten.

Für die Instandsetzung von Betonbauwerken, die gemäß DIN 1045 oder DIN 4227 hergestellt wurden oder zukünftig gemäß DIN EN 206-1 und DIN 1045 hergestellt werden, gilt die DAfStb-Richtlinie „Schutz und Instandsetzung von Betonbauteilen“ (Instandsetzungsrichtlinie) [Ri9]. Die vier Richtlinienteile wurden neu bearbeitet und sind mit Ausgabedatum Oktober 2001 erschienen:

Teil 1: Allgemeine Regelungen und Planungsgrundsätze

Teil 2: Bauprodukte und Anwendung

Teil 3: Anforderungen an die Betriebe und Überwachung der Ausführung

Teil 4: Prüfverfahren

Vom Bundesminister für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen (BMVBW) sind, auf seine Bauwerke zugeschnitten, die „Zusätzlichen Technischen Vertragsbedingungen und Richtlinien für Schutz und Instandsetzung von Betonbauteilen“ (ZTV-SIB 90) erarbeitet [Ri36]. Daneben gelten die „Zusätzlichen Technischen Vertragsbedingungen und Richtlinien für das Füllen von Rissen in Betonbauteilen“ (ZTV-RISS 93) [Ri40]. Beide Vorschriften werden durch entsprechende Abschnitte in den „Zusätzlichen Vertragsbedingungen und Richtlinien für Ingenieurbauten“ (ZTV-ING) ersetzt, die derzeit bearbeitet werden. Weiterhin sind aus dem Bereich des BMVBW noch die ZTV W97 [Ri44] und die ZTV-Bel-B [Ri31, Ri32, Ri33] zu nennen. Die für die Instandsetzung wichtigen technischen Regelungen sind weitgehend in der DAfStb-Instandsetzungs-Richtlinie erfasst.

Auf der Grundlage der DAfStb-Richtlinie können Instandsetzungen an Betonbauwerken auch gemäß DIN EN 206-1/ DIN 1045-2 und DIN 18551 durchgeführt werden, z. B. wenn einzelne Bauteile verstärkt oder ersetzt werden. Eine umfassende Literaturangabe über weitere deutsche Regelwerke verschiedenster Institutionen enthält z. B. [Hil2].

Die internationale Normung auf dem Gebiet der Instandsetzung von Betonbauteilen schreitet ebenfalls voran. Von der 10-teiligen Grundnorm DIN EN 1504, liegen einige Teile bereits im Entwurf vor, ebenso von den dazugehörigen mehr als 90 Prüfnormen. Im Folgenden wird auf diese europäischen Normen nicht weiter eingegangen.

15.3 Planung, Instandsetzungsbaustoffe, Ausführung und Überwachung gemäß DAfStb-Instandsetzungs-Richtlinie

15.3.1 Planung

Die DAfStb-Richtlinie für die Instandsetzung [Ri9] regelt die Planung, Durchführung und Überwachung von Schutz- und Instandsetzungsmaßnahmen für Bauwerke und Bauteile aus Beton und Stahlbeton, unabhängig davon, ob die Standsicherheit betroffen ist oder nicht. Sie kann sinngemäß auch für Spannbetonbauwerke angewendet werden. Die Richtlinie enthält jedoch keine Regeln für den Nachweis der Standsicherheit. Die in der DAfStb-Richtlinie geregelten Schutz- und Instandsetzungsarbeiten sind:

- a) Herstellung des dauerhaften Korrosionsschutzes der Bewehrung bei unzureichender Betondeckung
- b) Wiederherstellung des dauerhaften Korrosionsschutzes bereits korrodierter Bewehrung
- c) Erneuerung des Betons im oberflächennahen Bereich (Randbereich), wenn der Beton durch äußere Einflüsse oder infolge Korrosion der Bewehrung geschädigt ist
- d) Füllen von Rissen
- e) Vorbeugender zusätzlicher Schutz der Bauteile gegen das Eindringen von beton- und stahlangreifenden Stoffen, z. B. gemäß DIN 4030 (s. Tafel IV.3-3)
- f) Erhöhung des Widerstands von Bauteiloberflächen gegen Abrieb und Verschleiß

Die Richtlinie gilt für Stoffe, Stoffsysteme und Ausführungsverfahren,

- deren grundsätzliche Eignung durch Grundprüfungen (siehe Teile 2 und 4) nachgewiesen ist

- oder die den Regelungen der Normenreihen DIN 1045 bzw. DIN 4227 oder von DIN 18551 entsprechen.

Nicht geregelt wird der Oberflächenschutz mit nichtmetallischen Werkstoffen für Bauteile aus Beton in verfahrenstechnischen Anlagen. Hierzu gilt DIN 28052.

Die DAfStb-Richtlinie für die Instandsetzung verlangt ein planmäßiges Vorgehen im Sinne von DIN 31051 mit folgenden Maßnahmen:

- Beurteilung und Planung durch einen sachkundigen Planer
- Ermittlung von Ist- und Sollzustand (s. Abschnitt II.15.1)
- Beurteilung der Standsicherheit
- Angabe der Ursachen von Mängeln und Schäden [Gru8]
- Erstellung eines Instandsetzungskonzepts und eines Instandsetzungsplans
- Aufstellung eines Instandhaltungsplans mit Angaben zu Inspektion und Wartung
- Verwendung von Stoffen entsprechend der Richtlinie, für die die grundsätzliche Eignung in einer Grundprüfung nachgewiesen wurde und deren Herstellung überwacht wird
- Ausführung durch Fachpersonal und Überwachung der Ausführung

Die Schutz- und Instandsetzungsmaßnahmen betreffen den Beton und die Bewehrung. Nach einer ausreichenden Behandlung des Betonuntergrunds kommen grundsätzlich die im **Bild II.15.3-1** a) bis f) dargestellten Maßnahmen für die Instandsetzung des Betons in Betracht:

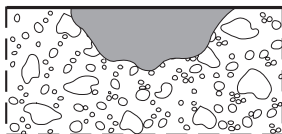
- a) Füllen von Rissen und Hohlräumen mit Reaktionsharz, Zementleim (ZL) oder Zementsuspension (ZS)
- b) Ausfüllen örtlich begrenzter Fehlstellen mit Mörtel oder Beton
- c) Großflächiges Auftragen von Mörtel oder Beton



a) Füllen von Rissen mit Reaktionsharzen oder Zementleim (ZL) / Zementsuspension (ZS)



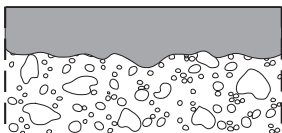
d) Auftragen von hydrophobierenden Imprägnierungen, „Hydrophobierung“



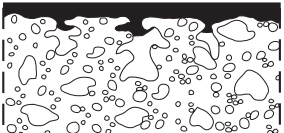
b) Ausfüllen von örtlichen Fehlstellen mit Mörtel oder Beton



e) Auftragen von Versiegelungen (teilweise filmbildend), „Imprägnierung“



c) Großflächiges Auftragen von Mörtel oder Beton



f) Auftragen von Beschichtungen

Bild II.15.3-1: Schutz- und Instandsetzungsmaßnahmen am Beton nach DAfStb-Instandsetzungs-Richtlinie

- d) Auftragen von Hydrophobierungen
- e) Auftragen von Imprägnierungen (Versiegelungen)
- f) Auftragen von Beschichtungen

Zur Wiederherstellung eines dauerhaften *Korrosionsschutzes für die Bewehrung* werden folgende *Instandsetzungsprinzipien* angeboten:

R1: Realkalisierung durch flächigen Auftrag von alkalischem Beton bzw. Mörtel

R2: Örtliche Ausbesserung mit alkalischem Beton bzw. Mörtel

W: Begrenzung des Wassergehalts im Beton

C: Beschichtung der Bewehrung

K: Kathodischer Korrosionsschutz

Wenn erhöhte Chloridgehalte (Cl) im Beton vorliegen oder erhöhte Chloridbelastungen zu erwarten sind, werden noch einmal erhöhte Anforderungen im Rahmen der Instandsetzungsprinzipien gestellt, z. B. W-Cl oder C-Cl.

15.3.2 Instandsetzungsbaustoffe und Ausführung

Teil 2 der DAfStb-Instandsetzungs-Richtlinie [Ri9] beschreibt die Arten, Eigenschaften und die Anforderungen an die Instandsetzungsbaustoffe. Entsprechend den auf Bild II.15.3-1 dargestellten Maßnahmen für die Instandsetzung des Betons gibt es *Rissfüllstoffe*, *Mörtel* und *Spachtelmassen* sowie *Oberflächenschutzsysteme* (OS).

In **Tafel II.15.3-1** sind die Arten und Anwendungsbereiche der Rissfüllstoffe aus Epoxidharz (EP), Polyurethanharz (PU) sowie Zementleim (ZL) und Zementsuspension (ZS) angegeben, mit denen die Risse und Hohlräume durch Tränkung oder Druckinjektionen gefüllt werden. Bei den Zementen für *Zementleim* handelt es sich in der Regel um Zemente gemäß DIN EN 197-1/ DIN 1164 mit einer Mahlfineinheit $\geq 4500 \text{ cm}^2/\text{g}$ (Blaine). Für *Zementsuspensionen* werden so genannte Feinstzemente eingesetzt mit Größtkorn $d_{95} \leq 16 \text{ }\mu\text{m}$. Meist handelt es sich hier um ein verwendungsbereites 2-Komponenten-System mit einer Flüssigkomponente aus Wasser und Zusatzmitteln.








Tafel II.15.3-1: Anwendungsbereiche der Füllstoffe

	Feuchtezustand der Füllbereiche			
	trocken	feucht	„drucklos“ wasser- führend	„unter Druck“ wasser- führend ²⁾
Ziel	zulässige Maßnahmen			
Schließen durch Tränkung	EP-T ZL-T ¹⁾ ZS-T ¹⁾	ZL-T ZS-T		
Schließen und Abdichten durch Injektion	EP-I PUR-I ZL-I ¹⁾ ZS-I ¹⁾	PUR-I ZL-I ZS-I	PUR-I ZL-I ZS-I	PUR-I ZL-I ZS-I
dehnfähiges Verbinden	PUR-I	PUR-I	PUR-I	PUR-I
kraftschlüssiges Verbinden	EP-I ZL-I ¹⁾ ZS-I ¹⁾	ZL-I ZS-I	ZL-I ZS-I	ZL-I ZS-I

- ¹⁾ Flanken von Rissen und innere Oberflächen von Hohlräumen müssen ggf. vorgefeuchtet werden.
²⁾ Ggf. zusammen mit Maßnahmen zur Druckminderung und/oder Reduzierung des Wasserzuflusses.

In **Tafel II.15.3-2** sind die Arten und Anwendungsbereiche der vorgesehenen *Instandsetzungsmörtel* wiedergegeben. In der Grundprüfung sind Identifikationsmerkmale wie Kornzusammensetzung, Festkörpergehalt, Dichte, thermogravimetrische Analyse, Infrarot-Spektrum sowie anwendungsbezogene Eigenschaften wie Konsistenz, Verarbeitbarkeitsdauer, Ablaufneigung, Druckfestigkeit, Haftzugfestigkeit, Schwinden, kapillare Wasseraufnahme, Frost- und Frost-Tausalz-Widerstand usw. nachzuweisen

Tafel II.15.3-2: Instandsetzungsmörtel, Arten und Anwendungsbereiche

Beanspruchungs-klasse	Stoff-typ	Stoff-bez.	Anwendungsbereich				Anwendungs-beispiel	
			für Instand-setzungs-prinzip R	dyn. Beansp. bei Applik.	stat. Mitwir-kung	Flächen-größe neigung		
M1	Z	-	-	-	-	klein		Fassaden
M2	Z	PCC I	+	+	-	belie-big		Fahrbahn unter Belag
		PCC II	+	+	-			Brücken-unter-sichten, Wider-lager, Fassaden
M2	Z	SPCC	+	+	-			
M2	RH	PC I	-	+	-	örtlich be-grenzt 1)		Fahrbahn unter Belag
		PC II	-	+	-			
M3	Z	E DIN 1045, DIN 18551	+	+	+	belie-big		Stützen, Platten ²⁾ , Balken, Fahrbahn

Z = zementgebunden + geeignet
 RH = reaktionsharzgebunden - nicht geeignet



= mögliche Applikation auf verschiedenen geeigneten Flächen

1) im Verkehrsbereich $\leq 1 \text{ m}^2$ zulässig

2) im Hochbau auch direkt befahrene Flächen

Die Schutzfunktion der Oberflächenschutzsysteme (OS) wird im Wesentlichen gekennzeichnet durch

- Diffusionsfähigkeit gegenüber Wasserdampf (H_2O)
- Diffusionswiderstand gegenüber Kohlenstoffdioxid (CO_2)
- Witterungsbeständigkeit (Feuchte, Temperatur, UV-Strahlung)
- Rissüberbrückung
- Verschleißfestigkeit

Die Arten und Anwendungsbereiche der Oberflächenschutzsysteme sind in **Tafel II.15.3-3** wiedergegeben.

Die Anforderungen an die ausführenden Betriebe und die Überwachung der Ausführung sind im Teil 3 der DAfStb-Instandsetzungs-Richtlinie festgelegt. Dieser Teil enthält auch umfangreiche Auflistungen der Prüfverfahren auf der Baustelle [Gru8, Hil2].

15.3.3 Überwachung

Um die „Instandsetzung der Instandsetzung“ zu vermeiden und die Anforderungen an die Standsicherheit wie bei einer Erstaussführung zu erfüllen, werden folgende qualitätssichernde Maßnahmen in der DAfStb-Richtlinie für Instandsetzungen verlangt:

- Die Planung muss durch sachkundige Planer erfolgen. Sie muss alle Ergebnisse schriftlich enthalten, die zur Feststellung des Istzustands und zur Festlegung des Sollzustands führten. Pläne für alle auszuführenden Arbeiten müssen vorliegen. Der für die Standsicherheit des Bauwerks Verantwortliche muss für jede Phase der Ausführung benannt werden.
- Die ausreichenden Eigenschaften aller verwendbaren Schutz- und Instandsetzungsbaustoffe müssen durch eine Grundprüfung nachgewiesen sein. Die erforderlichen Eigenschaften sind in der Richtlinie in Abhängigkeit vom Anwendungsbereich stoffspezifisch aufgeführt. Die Übereinstimmung der

Tafel II.15.3-3: Arten und Anwendungsbereiche der Oberflächenschutzsysteme (OS)

Systembezeichnung	Kurzbeschreibung	Anwendungsbereiche
OS 1 (OS A)	Hydrophobierung	Feuchteschutz an vert. Flächen
OS 2 (OS B)	Beschichtung für nicht begehbare Flächen	vorbeugender Witterungsschutz
OS 4 (OS C)	Beschichtung für nicht begehbare Flächen (erhöhte Dichtigkeit)	wie vor und Eignung für Korrosionsschutzprinzipien W und C
OS 5 a (OS DII) OS 5 b (OS DI)	Beschichtung für nicht begehbare Flächen	Witterungsschutz, Tausalzschutz
OS 7 (TL/TP-BEL-EP [Ri34])	Beschichtung unter Dichtungsschichten von befahrbaren Flächen	Grundierung, dünne Beschichtung (Brückenabdichtung)
OS 9 (OS E)	Beschichtung für nicht begehbare Flächen mit erhöhter Rissüberbrückungsfähigkeit	Witterungs- und Tausalzschutz für Flächen mit Rissen
OS 10 (TL/TP-BEL-B3 [Ri32, Ri33])	Beschichtung, Dichtschicht, rissüberbrückend, für befahrbare Flächen	Abdichtung von Bauteilen mit Trennrissen (Brücke, Tunnelsohle)
OS 11 (OS F)	Beschichtung für befahrbare Flächen mit Rissüberbrückung	Abdichtung von Bauteilen mit Trennrissen (Parkhaus, Freidecks, Brückenkappen)
OS 13	Beschichtung für befahrbare Flächen mit starker mech. Belastung	geschlossene Parkgaragen, Tiefgaragen

Eigenschaften	Bindemittel
Reduzierung der kapillaren Wasseraufnahme	Silan Siloxan
Reduzierung der – Wasseraufnahme, – Chlorideindringung, – Kohlendioxiddiffusion, Verbesserung des Frost- und Frost-Tausalz-Widerstands, farbliche Gestaltung möglich	Polymerdispersion, Mischpolymerisat (gelöst), Polyurethan (PUR) für Hydrophobierung: Silan/Siloxan
wie vor mit begrenzter Rissüberbrückung	Polymerdispersion, Polymer-Zementgemisch
Porenverschluss, Rauigkeitsausgleich, hitzebeständig bis 250 °C (kurzzeitig)	Epoxidharz (EP)
Verhinderung – der Wasseraufnahme, – des Eindringens beton- und stahlangr. Stoffe, Erhöhung des FTW, Rissüberbrückung	PUR, modifiziertes EP, Polymerdispersion, 2-K-Polymethylmethacrylat
Verhinderung – der Wasseraufnahme, – des Eindringens beton- und stahlangr. Stoffe, Rissüberbrückung, hitzebeständig bis 250 °C (kurzzeitig)	PUR
wie OS 9	PUR, modifiziertes EP, 2-K-Methylmethacrylat
wie OS 9 plus Widerstand gegen Chemikalien, Verschleiß, Schlag und rückseitige Durchfeuchtung	PUR, modifiziertes EP, 2-K-Methylmethacrylat

Produkte mit den Regelungen der Richtlinie ist durch eine werkseigene Produktionskontrolle (WPK) und regelmäßige Fremdüberwachung (FÜ) nachzuweisen.

- Ausführen, Prüfen und Überwachen der Schutz- und Instandsetzungsarbeiten erfordern von dem Unternehmen den Einsatz einer qualifizierten Führungskraft, eines Bauleiters und von Baustellenfachpersonal, die mit ausreichenden Kenntnissen und Erfahrungen die ordnungsgemäße Ausführung, Überwachung und Dokumentation dieser Arbeiten sicherstellen.

15.4 Instandsetzung von brandbeanspruchten Betonbauteilen

Im Allgemeinen können Beton- und Stahl- bzw. Spannbetonbauteile, die während eines Brands im oberflächennahen Bereich z. B. durch Abplatzungen geschädigt wurden, instandgesetzt werden [Ruf3]. Gleiches gilt für Betonbauteile, die mit Chloriden bei der Verbrennung von PVC beaufschlagt wurden [Loc11].

Grundlage für eine sachgerechte Instandsetzung ist auch hier vorher die Beurteilung der noch vorhandenen Standsicherheit sowie die Ermittlung der Schädigungstiefe im Beton und nachher die Sicherung des dauerhaften Korrosionsschutzes für die Bewehrung.