

Betoninstandsetzung für Eisenbahnbrücken

Chemische und physikalische Schädigungsprozesse können Beton oder Bewehrung angreifen; die frühzeitige Beseitigung dieser Schäden sichert den Bestand der Bauwerke.

Markus Hennecke

Der Betonbau ist die erfolgreichste Bauart seit Mitte des 20. Jahrhunderts im Brückenbau. Von den ersten Versuchen des Josef Monier (* 8. November 1823 in Saint-Quentin-la-Poterie, Frankreich; † 12. März 1906 in Paris; Gärtner, Erfinder und Unternehmer) zur Herstellung von Pflanzkübeln bis zu den heutigen Anwendungen sind etwa 150 Jahre vergangen. Eisenbahnbrücken aus bewehrtem Beton wurden nach dem Zweiten Weltkrieg vermehrt gebaut. Heute sind es insbesondere Rahmenbrücken und große Spannbetonbrücken, die in Beton ausgeführt werden. Unterbauten und Fundamente fast aller Brücken werden mit Beton gebaut.

Konstruktionsbeton ist ein Verbundwerkstoff aus Bewehrungsstahl, Spannstahl und Beton. Es gibt unterschiedliche Schadensmechanismen, die auf die einzelnen Elemente einwirken. Bei fortgeschrittener Schädigung treten die Schadensmechanismen in Interaktion. Beispielhaft hierfür sind Betonabplatzungen, deren Initial die Bewehrungskorrosion ist, und diese wiederum durch die dann fehlende Betondeckung beschleunigt wird (Abb. 1).

Schädigungen können bis zur totalen Zersetzung führen. Die Erfahrungen zeigen, dass Schäden oftmals örtlich begrenzt auftreten und nur in seltenen Fällen eine gesamte Struktur erfassen. Trotzdem können diese örtlich begrenzten Schäden die Gesamtfunktion einer Struktur sehr negativ beeinträchtigen.

In den Anfangsjahren des Betonbaus war die Dauerhaftigkeit noch ein untergeordnetes Thema. In dem Fachbuch Eisenbeton aus dem Jahr 1928 [1] werden als Schadensmechanismen nur chemische Angriffe benannt, Umweltbedingungen hatten damals noch keinen Einfluss auf die Konstruktion oder die Auswahl des Betons. Dieser Einschätzung lag keine Ignoranz zugrunde, sondern es war nicht bekannt, dass die Alkalität des Betons durch die Karbonatisierung verloren geht oder ein zu hoher Wasserzementgehalt die Porenstruktur des Zementsteins gegenüber Frosteinwirkungen schwächt. Auch gab es noch keine Schadstoffe wie Chloride, die auf Verkehrswegen gestreut werden.

Die Erfahrungen aus den darauffolgenden Jahrzehnten mit starken Schäden an Betonbauteilen führten zu Anpassungen der Anforderungen. Neben der sukzessiven Erhöhung der Betondeckung in den 1980er und 1990er Jahren werden in den Normen, die

auf den Eurocodes basieren, die Betoneigenschaften detaillierter beschrieben.

Mit Einführung des DIN-Fachberichts 100 im Jahre 2001 hat die Berücksichtigung dieser Schädigungsprozesse eine hervorgehobene Bedeutung bekommen. In vielen Fällen werden die Expositionsklassen, die die Exposition des Bauteils gegenüber Schadensprozessen beschreibt, maßgebender für die Wahl des Betons als die Anforderungen aus der Festigkeitsberechnung. Die gemäß DIN EN 206 [2] genormten Betone haben eine Nutzungsdauer von 50 Jahren. Die Expositionsklassen, die in den Eurocodes verwendet werden, um die Umwelteinflüsse zu beschreiben, geben einen guten Überblick über die Schädigungsmechanismen [3].

Das besondere Merkmal des Betonbaus ist seine dezentrale Produktion. Es bedarf keiner großen industriellen Komplexe zur Herstellung des Frischbetons. Die Herstellung des Frischbetons wird zwar intensiv überwacht [5], aber die finale Ausbildung des Baustoffes erfolgt letztendlich beim Einbau und Verdichten des Betons. Der Gütenachweis geschieht systembedingt an Referenzkörpern, die naturgemäß die letzten Arbeitsschritte nicht mehr abbilden [6]. Neben unmittelbar statisch-konstruktiven Schwierigkeiten, die jedoch – bei entsprechender Objektüberwachung und den vorhandenen Sicherheitskonzepten – nur in seltenen Fällen von gravierender Bedeutung sind, können Ausführungsfehler die Dauerhaftigkeit deutlich negativ beeinflussen. Nur Betone, die sorgfältig verarbeitet und nachbehandelt werden, können dauerhaft die an sie gestellten Anforderungen erfüllen.

Schädigungsprozess Betonkorrosion

Chemischer Angriff

Bestimmte chemische Stoffe können einen treibenden oder lösenden Angriff auf den Beton haben. Für die treibenden Angriffe liegt die Ursache meist in der Betonzusammensetzung.

Alkali-Kieselsäure-Reaktion

Verbreitet ist die Alkali-Kieselsäure-Reaktion (AKR), die durch kieselsäurehaltige Gesteinskörnung in Verbindung mit Feuchtigkeit ausgelöst wird. Betroffen sind hiervon



Abb. 1: Betonabplatzung infolge Bewehrungskorrosion

Gesteinskörnungen aus den nördlichen und östlichen Regionen Deutschlands [7]. Aber bedingt durch die heute üblichen Transporte von Gesteinskörnungen oder Fertigteilen kann dieses Phänomen aus den betroffenen Gewinnungsgebieten der Gesteinskörnung in andere Regionen exportiert werden.

Sulfatangriff

In Wasser gelöste Sulfate reagieren mit Zementsteinphasen [8]. Aus dieser Reaktion erwachsen im Zementstein Kristalle, die zu Abplatzungen und Rissen führen. Im Rahmen der geotechnischen Untersuchungen werden diese betonangreifenden Stoffe identifiziert.

Lösende Angriffe

Säuren, weiches Wasser, tierische Öle oder Fette können Betonoberflächen auflösen, so dass die Betondeckung abgetragen wird und weitere Schäden entstehen.

Physikalische Einwirkungen

Frosteinwirkungen

Beton hat eine Porenstruktur, die Wasser aufnehmen kann. Bei Frosttemperaturen gefriert dieses Wasser und die Volumenvergrößerung kann das Betongefüge zerstören. Augenscheinliche Frostschäden sind Ablösungen des Betons an der Oberfläche. Weitere Schadensursachen sind unterschiedliche Temperaturen und Gefrierpunkte in der Betonstruktur.

Mechanische Einwirkung

Unter den mechanischen Einwirkungen werden Anprall oder Abrieb der Oberfläche aufgefasst, aber auch Risse infolge äußerer Einwirkungen oder aber Behinderung der Verformungen des Betons aus Hydratation oder Schwinden. Ein weiteres Beispiel sind Abplatzungen im Bereich starr ausgeführter Fugen.

Schädigungsprozess

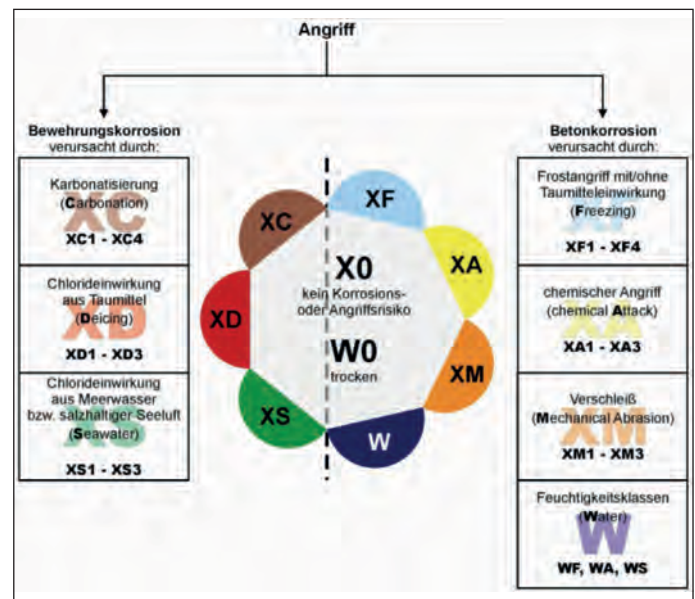
Bewehrungskorrosion

Bei der Hydratation des Zementes bildet sich Calciumhydroxid ($\text{Ca}(\text{OH})_2$), wodurch ein basisches Milieu (pH-Wert 13,5) entsteht. Dieses Milieu sorgt für eine Passivierung des Stahls, so dass dieser effektiv vor Korrosion geschützt ist. Diese Schutzschicht kann durch Karbonatisierung und eindringende Chloride gestört werden. Die Korrosion ist ein elektrochemischer Vorgang, bei dem sich an der Anode Elektronen herauslösen und zur Kathode wandern. An der Anode löst sich das Eisen auf. Voraussetzung für den Prozess sind Sauerstoff und ein Elektrolyt, meist Wasser.

Korrosion infolge Karbonatisierung

Durch das Eindringen von Kohlendioxid (CO_2) bildet sich Kalkstein (CaCO_3) und die Porenlösung neutralisiert sich. Dieser

Abb. 2: Expositions-klassen [4]



Vorgang dringt flächig in das Betonbauteil ein. Unter einem pH-Wert von 9 ist der Stahl depassiviert, also nicht mehr geschützt. Bei Zutritt von Wasser und Sauerstoff beginnt der Stahl zu korrodieren. Merkmal dieser Schädigung ist eine flächige Korrosion mit einer starken Volumenvergrößerung, die zu Abplatzung der Betondeckung führt.

Chloridinduzierte Korrosion

Zur Verbesserung der Verkehrssicherheit im Winter auf Straßen und Wegen wird seit Ende der 1960er Jahre Streusalz eingesetzt. Dies ist eine Quelle für Chlorid-Ionen, die in den Beton eindringen und die Passivierung punktuell auflösen. Die Schädigung zeigt sich in tiefgreifenden, begrenzten Korrosionsnarben (Abb. 4). Eine relevante Volumenveränderung findet nicht statt, so dass sich Schäden von außen erst bei einem stark fortgeschrittenen Korrosionsprozess erkennen lassen. Der Eintritt der Chloride in den Beton wird befördert durch einen porenreichen Beton und Risse in

der Oberfläche. Aktuelle Erfahrungen zeigen, dass diese Schäden auch in Betonkonstruktionen auftreten, die tiefer unter der Oberfläche liegen [9].

Bis zum Zeitpunkt der Depassivierung sind am Bauwerk augenscheinlich keine Auffälligkeiten erkennbar. Treten Anzeichen für Korrosion auf, Risse oder Abplatzungen, ist der Schädigungsprozess bereits im Gange. In der Initialphase der Schädigung passiert noch wenig. Danach nehmen die Schäden überproportional schnell zu.

In Abb. 5 ist dies schematisch für die chloridinduzierte Korrosion aufgezeigt. Es verdeutlicht auch die Kostenentwicklung, wenn zu spät gehandelt wird.

Beim Vergleich von Erhaltungszuständen von Brücken ist deren Exposition gegenüber schädlichen Klimaeinflüssen ein wichtiger Parameter. Bauwerke in trockenen Regionen mit wenigen Frosttagen haben eine längere Nutzungsdauer als Bauwerke in Regionen, wo diese Einflüsse häufig auftreten.

ATLAS HANNOVER

**Zweiwegebagger
Atlas AB 1604 ZW**

- junge Maschinen
- viele Anbaugeräte
z.B. Hammer, Schwellen-
fach-, Sortiergreifer ...
- regelmäßig gewartet
- Bahnabnahme
- Rückfahrkamera
- Zusatzkreislauf Stopfgerät

Schienenscheren

MFSRC-240
bis 52 kg/mtr. Schiene
Gewicht: 2.500 kg
Trägergerät ab 19 to.

ATLAS HANNOVER Baumaschinen GmbH & Co.
Bremer Straße 6
30880 Laatzen
Tel.: 05102/7004-32
Fax: 05102/7004-44
Ansprechpartner: Erik Manowski
E-Mail: manowski@atlas.hannover.de

**Vermietung,
Verkauf und Service**

Europäisch harmonisierte DIN EN 1504			Nationale Ergänzung	
Teil	Inhalt	Deutsche Fassung	Regelung	Stand
1	Definitionen	EN 1504-1:2005		
2	Oberflächenschutzsysteme für Beton	EN 1504-2:2004	DIN V 18026	2006-06
3	Statisch und nicht statisch relevante Instandsetzung	EN 1504-3:2005	abZ	
4	Kleber für Bauzwecke	EN 1504-4:2004	abZ	
5	Injektionen von Betonbauteilen	EN 1504-5:2013	DIN V 18028	2006-06
6	Verankerungen von Bewehrungsstäben	EN 1504-6:2006	abZ	
7	Korrosionsschutz der Bewehrung	EN 1504-7:2006	abZ	
8	Qualitätsüberwachung und Beurteilung der Konformität	EN 1504-8:2004		
9	Allgemeine Grundsätze für die Anwendung von Produkten und Systemen	EN 1504-9:2008	Ril Sib	
10	Anwendung von Stoffen und Systemen auf der Baustelle, Qualitätsüberwachung der Ausführung	EN 1504-10:2003	Ril Sib	
		CE-Zeichen	Ü-Zeichen	

Tab. 1: Gegenüberstellung europäisch harmonisierte Normen DIN EN 1504-x und nationale Ergänzungen

Normen für die Instandsetzung

In Deutschland gibt es drei maßgebende Regelwerke. Der Deutsche Ausschuss für Stahlbeton hat 2001 als Richtlinie Schutz und Instandsetzung von Betonbauteilen (RiLi-SIB) veröffentlicht. Die RiLi-SIB umfasst vier Teile [10].

Teil 1 wurde zurückgezogen und durch die DIN 1504-9 [11] ersetzt. Die beiden anderen Teile sind noch über die Eisenbahnspezifische Liste der Technischen Baubestimmungen (ELTB) [12] bauaufsichtlich eingeführt. Heute gültig im Bereich der eingeführten technischen Baubestimmungen sind die Normenreihen DIN EN 1504. In Tab. 1 sind die harmonisierten Normen und nationalen Ergänzungen gegenübergestellt.

Zu den Produktnormen gibt es allgemeine bauaufsichtliche Zulassungen oder sogenannte Restnormen. Mit diesen zusätzlichen Regelungen sollen Leistungsmerkmale, die in den harmonisierten Normen nicht erfasst sind, national definiert werden. Jedoch hat

der Europäische Gerichtshof (EuGH) die Bundesrepublik für diesen Ansatz bei anderen Bauprodukten bereits verurteilt [13]. Es ist zu erwarten, dass diese juristische Bewertung auch auf die Bauprodukte der Instandsetzung übertragen wird. Es wird daher in Zukunft notwendig sein, zusätzliche Leistungsmerkmale gegebenenfalls in jedem einzelnen Bauvertrag zu regeln.

Die Bundesanstalt für Straßenwesen (BAST) hat 1990 die ZTV-SIB erstmalig veröffentlicht. Diese ist heute in der ZTV-ING [14] integriert. Im Teil 3, Massivbau, gibt es den Abschnitt 4 „Schutz und Instandsetzung von Betonbauteilen“ und den Abschnitt 5 „Füllen von Rissen und Hohlräumen“. In den Dokumenten werden vergleichbar mit [6] Instandsetzungssysteme und Regeln zur Überwachung der Ausführung zusammengestellt. Die ZTV-ING muss bei Eisenbahnbrücken vertraglich vereinbart werden. Die Bundesanstalt für Straßenwesen führt Listen, in denen die von der BAST zertifizierten Stoffe und

Stoffsysteme für die Instandsetzung aufgeführt sind. Die ZTV-ING und RiLi-SIB wurden weitestgehend harmonisiert.

Instandsetzungsmethoden

Bei der Instandsetzung von Beton kommen im Prinzip die folgenden Maßnahmen zur Anwendung:

- Betonersatz,
- Rissverfüllen,
- Oberflächenschutz.

Betonersatz

Für den Betonersatz gibt es zwei Ausgangsszenarien. Entweder sind am Bauteil Abplatzungen oder Hohlstellen, die durch Beton oder Ersatzsysteme geschlossen werden, oder der Beton hat Schadstoffkonzentrationen, die zu einer weiteren Gefährdung der Konstruktion führen und daher ersetzt werden müssen.

Für den Betonersatz gibt es folgende Bauprodukte:

- Beton nach DIN EN 206,
- Spritzbeton nach DIN EN 14487,
- Spritzmörtel/-beton mit Kunststoffzusatz (SPCC),
- Zementmörtel mit Kunststoffzusatz (PCC),
- Reaktionsharzmörtel (PC),
- Vergussbetone und Vergussmörtel (werden zukünftig zugelassen sein gemäß 3. Berichtigung der RiLi-SIB).

Rissverfüllung

Rissverfüllungen haben den Zweck, Risse gegen eindringende Feuchtigkeit abzudichten oder einen Kraftschluss herzustellen. Ziel im erstgenannten Fall ist entweder, den Feuchtigkeitsdurchtritt zu verhindern, damit das behandelte Bauteil die Funktion als Feuchtigkeitsbarriere erfüllt, oder den Zutritt in den Beton zu unterbinden, um die Bewehrung oder den Beton selbst vor zerstörenden Medien zu schützen.

Rissverfüllungen sind entweder flexibel oder starr. Flexible Rissverfüllungen wirken im Wesentlichen als Abdichtung und starre Systeme ermöglichen den Kraftschluss. Ein weiterer wichtiger Punkt bei der Auswahl der Verfüllstoffe ist der Zustand der Risse (trocken oder feucht), die vorhandenen Rissweiten und die zu erwartenden Rissbewegungen. Für die Rissverfüllung stehen folgende Materialien zur Verfügung:

- Epoxidharz (EP),
- Zementleim (ZL),
- Zementsuspension (ZS),
- Polyurethan (PUR).

Die Verarbeitung erfolgt über Injektionstechnologien oder Tränken der Risse.

Oberflächenschutz

Oberflächenschutzsysteme schützen Beton vor dem Eindringen schädigender Stoffe. In der ZTV-ING wird unterschieden zwischen:

- Hydrophobierung (OS-A) und
- Beschichtung (OS-B bis OS-F).



Abb. 3: Lösender Betonangriff

In Tab. 2 sind die wesentlichen Merkmale der Oberflächenschutzsysteme nach der ZTV-ING zusammengestellt.

Vereinfachend lässt sich zusammenfassen, dass die Systeme entsprechend ihrer alphanumerischen Kennzeichnung aufwendiger werden. Hydrophobierungen (OS-A) werden genutzt, um ungeschädigten Beton vor Wasserzutritt zu schützen. Das Wasser perlt an der Oberfläche ab. Die Wirkung ist jedoch zeitlich begrenzt.

Mit den Beschichtungen OS-B und OS-D können Betonoberflächen geschützt werden, wenn zum Beispiel die Betondeckung nicht ausreicht. Für Brückenüberbauten ist es wichtig, dass die Systeme, die an sichtbaren Flächen appliziert werden, nicht rissüberbrückend sind, da ansonsten eine Rissbildung, die für die Bewertung eines Überbaus im Rahmen der Brückenprüfung wichtig ist, nicht erkannt werden kann. Rissüberbrückende Beschichtungen können nur dort eingesetzt werden, wo Beobachtungen der Risse keine Aussagen zur Tragfähigkeit liefern (z. B. im Kapfenbereich). Die Beschichtung OS-F wäre hierzu geeignet. Oberflächenschutzsysteme sind einem Alterungsprozess unterworfen.

Prinzipien und Verfahren für den Schutz und die Instandsetzung von Betontragwerken

In DIN EN 1504-9 sind die verschiedenen Prinzipien und Maßnahmen in der Tab. 1 zusammengefasst. Die Instandsetzungsprinzipien sind mit Kennzahlen von 1 bis 11 durchnummeriert.

Betonkorrosion

Die Kennzahlen 1 bis 6 geben Prinzipien für die Betonkorrosion an. In der Tab. 3 werden die Prinzipien und die Maßnahmen vereinfacht aus der Tabelle 1 der DIN EN 1504-9 [11] herausgezogen.

In der Tabelle 1 der Norm werden unter der Kennnummer 4 Maßnahmen genannt, die nur mit den Regeln der Bemessungsnorm DIN EN 1992 [15] oder weitergehender Verwendbarkeitsnachweise bearbeitet werden. Deshalb ist an dieser Stelle in Tab. 3 das Prinzip 4 herausgenommen.

Bewehrungskorrosion

Für die Bewehrungskorrosion sind die Verfahren grundsätzlich vielfältiger (Tab. 4). Das Prinzip 7.2, bei dem Beton ersetzt wird, ist das wohl am häufigsten angewendete Verfahren. Mit geeigneten Abtragsverfahren, i. d. R. Hochdruckwasserstrahlen, wird der belastete Beton abgetragen und geschädigte Bewehrung ersetzt. Dadurch wird Beton mit korrosionsfördernden Bestandteilen entfernt, geschädigte Bewehrung kann ersetzt werden und die Passivierung des Stahls wird erneuert. Ein innovatives Verfahren ist der kathodische Korrosionsschutz. Das Verfahren ist aus dem Pipeline-Bau, dem Schiffsbau und anderen

OS-A	OS-B	OS-C	OS-D	OS-E ¹	OS-F
nicht filmbildend	starr		rissüberbrückend		
nicht begeh- und befahrbar					direkt begeh- und befahrbar
wässrig				Reaktionsharze	
lösungsmittelhaltig			Dispersion + Zement	EP/PUR-, PUR Harze	
¹ Für OS-E sind bei der BAST keine Systeme gelistet					

Tab. 2: Oberflächenschutzsysteme nach ZTV-ING

	Hydrophobierung	Imprägnieren	Beschichtung	Beton/Mörtel	Spritzbeton	SPCC	PCC	PC	Füllen von Rissen
1 Schutz gegen das Eindringen von Stoffen	X	X	X						X
2 Regulierung des Wasserhaushalts	X	X	X						
3 Betonersatz				X	X	X	X	X	
5 Erhöhung des physikalischen Widerstandes		X	X	X	X	X	X	X	
6 Erhöhung des chemischen Widerstandes		X	X	X	X	X	X	X	

Tab. 3: Vereinfachte Zusammenfassung der Instandsetzungsprinzipien und Maßnahmen bei Betonkorrosion

7.	Erhalt oder Wiederherstellung der Passivität	7.1 Erhöhung der Betondeckung 7.2 Ersatz von schadstoffhaltigem oder karbonatisiertem Beton 7.3 Elektrochemische Realkalisierung von karbonatisiertem Beton 7.4 Realkalisierung von karbonatisiertem Beton durch Diffusion 7.5 Elektrochemische Chloridextraktion
8.	Erhöhung des elektrischen Widerstandes	8.1 Hydrophobierung 8.2 Versiegelung 8.3 Beschichtung
9.	Kontrolle kathodischer Bereiche	9.1 Begrenzung des Sauerstoffgehalts (an der Kathode) durch Sättigung oder Oberflächenschutz
10.	Kathodischer Schutz	10.1 Anlegen eines elektrischen Potentials
11.	Kontrolle anodischer Bereich	11.1 Anstrich der Bewehrung mit Beschichtung durch aktive pigmentierte Beschichtung 11.2 Anstrich der Bewehrung mit Beschichtung nach dem Barriere-Prinzip 11.3 Anwendung von Korrosionsinhibitoren auf den oder zu dem Beton

Tab. 4: Auszug aus der Tabelle 1 für Prinzipien und Verfahren bei Korrosionsschäden der Bewehrung

Industrieanwendungen bekannt. Es hat den Vorteil, dass die Konstruktion nicht durch mechanischen Betonabtrag angegriffen wird. Nachteilig ist jedoch der permanente Unterhaltsaufwand. Voraussetzung für das Prinzip ist, dass die Bewehrung noch nicht standsicherheitsrelevant geschädigt ist. Diese Feststellung ist jedoch in der Praxis nicht einfach.

Vorgehen bei der Instandsetzung von Beton

Oft sind Schäden das Initial einer Instandsetzung, die im Rahmen der Bauwerksprüfung aufgenommen werden. Erfahrungsgemäß haben diese Schäden eine Historie. Es gibt zwar auch Schäden als Folge einer unfallartigen Situation, aber die meisten haben eine zeitliche Entwicklung.

Nicht durchgeführter Unterhalt oder der Verzicht auf kleine Instandsetzungen haben oft zur Folge, dass kleine Schäden an Ausstattung oder Konstruktion sich zu respektablen Schäden entwickeln. Die Instandsetzungsaufwendungen nehmen sehr stark zu. Weitere Ursachen können mangelhafte Planung und Ausführung der Bauwerke sein. Typische Mängel sind die falsche Betonsortenwahl, unzureichende Betondeckung, unsachgemäße Ausführung von Arbeitsfugen, falsche Planung der Entwässerung oder unsachgemäße Ausführung der Abdichtung. Die Auflistung ist nicht vollständig. Nach der Schadens- oder Mängelfeststellung und dem Beschluss des Baulastträgers zu handeln, ist eine Objektplanung und gegebenenfalls auch Tragwerksplanung zu



Abb. 4: Chloridinduzierte Korrosion an Bewehrungsseisen

beauftragen. Hierzu sind Planer mit entsprechender Kenntnis in der Bewertung von Schäden, der Instandsetzung und statisch konstruktiven Fragestellungen hinzuzuziehen.

In der DAfStb-Richtlinie [10] ist für diese Aufgaben der sachkundige Planer benannt. Es gibt verschiedene Ausbildungsstellen für den sachkundigen Planer, eine Zertifizierung an einer akkreditierten Stelle ist jedoch nur beim Bauüberwachungsverein (BÜV e. V.) möglich.

Der entscheidende Punkt bei einer Instandsetzungsplanung ist die Frage, ob es sich um standsicherheitsrelevante Schäden handelt. Die Entscheidung ist im Einzelfall vom Planer zu treffen. Grundsätzlich ist anzunehmen,

Phasen der HOAI	Kernaufgaben in der Instandsetzung
1 Grundlagenermittlung	Instandsetzungsziele
2 Vorplanung	Instandsetzungskonzept
3 Entwurfsplanung	Instandsetzungsplan
4 Genehmigungsplanung	Erstellen der Genehmigungsunterlagen
5 Ausführungsplan	Ausführungspläne für die Instandsetzung
6 Vorbereitung der Vergabe	Aufstellen eines Leistungsverzeichnisses
7 Mitwirken bei der Vergabe	Auswertung der Angebote
8 Bauoberleitung	Leiten der Maßnahme

Tab. 5: Zuordnung der Leistungen der Instandsetzung zur HOAI

men, dass sobald Bewehrung betroffen ist, die Frage nach der Standsicherheit positiv zu beantworten ist. In der Praxis hat es sich als hilfreich erwiesen, wenn der Planer der Instandsetzung sowohl die Objektplanung als auch die Tragwerksplanung bearbeiten kann. Für die Tragwerksplanung kann es je nach Schaden notwendig sein, das Gesamtbauwerk zu betrachten, um die Standsicherheit zu bewerten. Der Planer ist mit den Leistungen der Objektplanung (HOAI § 41) und der Tragwerksplanung (HOAI § 51) zu beauftragen (Tab. 5).

Während der Instandsetzungsplanung kann es notwendig sein, vertiefte zerstörungsfreie und zerstörende Untersuchungen am Bauwerk durchzuführen, die über die Prüfungen nach DIN 1076 [16] oder der RIL 804.8xxx [17] hinausgehen. Typische Aufgaben sind die Entnahmen von Bohrmehlproben zur Bestimmung des Chloridgehaltes, Messung der Betondeckung, Proben zur Oberflächenhaftfestigkeit, Entnahme von Bohrkernen zur Materialuntersuchung, Ultraschalluntersuchungen, Radarmessungen oder Potentialfeldmessungen. Diese Untersuchungen sind unterstützend zur Planung notwendig, um die Konzepte abzusichern und die Massen zu bestimmen. Es handelt sich hierbei um keine Grundleistungen der HOAI.

Die Ausführung von Instandsetzungsarbeiten erfordern gesonderte Qualifikationen. Diese Qualifikationen sind unter anderem in der ZTV-ING [14] festgelegt.

Für die Verwendung von kunststoffmodifizierten Baustoffen muss der Auftragnehmer nachweisen, dass eine sachkundige Fachkraft die Arbeiten ausführt. Die Bescheinigung des Ausbildungsbeirats „Schutz und Instandsetzung im Betonbau“ beim Deutschen Beton- und Bautechnik Verein (SIVV-Schein) ist vorzulegen. Ausländische Anbieter müssen eine vergleichbare Qualifikation nachweisen. Die Prüfung muss alle drei Jahre wiederholt werden. Für die Anwendung von Spritzbeton muss die Fachkraft einen „Düsenführerschein“ haben. Diese Qualifikation wird auch über den Deutschen Beton- und Bautechnik Verein nachgewiesen. Schulungen oder Unterweisungen, die zum Teil von Produktherstellern angeboten werden, ersetzen diese Schulung nicht, sondern können sie nur als weitere Fortbildung ergänzen.

Überwachung

In der ZTV-ING gibt es umfangreiche Angaben und Formulare zur Qualitätssicherung. Für die Instandsetzung ist ein zweistufiges System – vergleichbar mit der ÜK 2 Überwachung bei der Betonverarbei-

Schädigungsstufe	Schäden	Maßnahmen
(1)	Chloride < Grenzwert 	• Beschichten
(2)	Chloride > Grenzwert 	• Betonabtrag • Reprofilieren • Beschichten
(3)	Chloride > Grenzwert Betonstahlkorrosion 	• Abstützungsmaßnahmen • Betonabtrag • Bewehrungsergänzung • Reprofilieren • Beschichten
(4)	Chloride > Grenzwert Bauteilversagen 	• Kompletter Abbruch

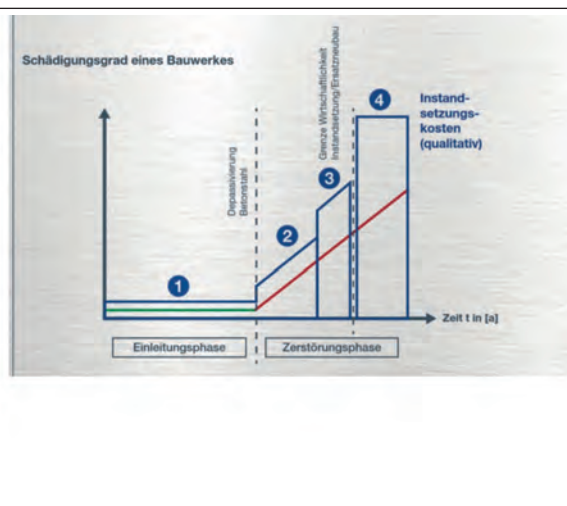


Abb. 5: Vergleich zwischen Chlorideintrag und Instandsetzungsaufwand

THEMENSCHWERPUNKTE:

Ausgabe Nr. 3/16

EI-Spezial: Oberbauschweißtechnik

- Schweißbrauche – Beurteilung der Gefährdung
- Der Einsatz von Ziehgeräten zur Schienenlängung
- Erste Erfahrung mit AS-geschweißten Schienen
- Gleisqualität – Zustandsüberwachung und Abbildung

Anzeigenschluss: 12.2.16

Erscheinungstermin: 8.3.16

Ausgabe Nr. 4/16

- Laserprojektion für Top-Lokomotiven
- Hoch verfügbare Ethernet-Netzwerke für Bahnen
- Arbeitsschutzanforderungen an Lokomotiven
- Nachtsichteinrichtung für Schienenfahrzeuge
- Messung des Radprofils von Eisenbahnradern
- BrückenApp

Anzeigenschluss: 14.3.16

Erscheinungstermin: 11.4.16

Ausgabe Nr. 5/16

**Offizielles Tagungsheft zur
59. VDEI-Oberbaufachtagung**

EI-Spezial: Gleisbaumaschinen und -geräte

- Baustellenlogistik und -management
- Schienenschleiftechnik
- Tiefbau (Erdbauwerke/Geokunststoffe/Geotechnik)

Anzeigenschluss: 15.4.16

Erscheinungstermin: 9.5.16

tung [6] – vorgesehen. Der Ausführende ist zu einer Eigenüberwachung verpflichtet. Diese Eigenüberwachung umfasst die Kontrolle der Eingangslieferungen, Verarbeitungsbedingungen, Prüfung der Haftzugfestigkeit, Nachbehandlung und weitere Punkte.

Die Baustelle muss bei einer Fremdüberwachung angemeldet werden. Die Fremdüberwachung kontrolliert die Prozesse der Eigenüberwachung und führt stichprobenartig Prüfungen durch. Die Bauüberwachung von Instandsetzungsarbeiten sollte eine einschlägige Ausbildung haben.

Fazit

Für die aufgrund des Alters der Bauwerke immer häufiger anzutreffenden Instandsetzungsaufgaben gibt es technische Standards. Diese Standards sind zurzeit insbesondere vor dem Hintergrund der Harmonisierung der europäischen Normen im Wandel. Die Planung von Instandsetzungsmaßnahmen im Betonbau benötigt besondere Kenntnisse in der Bauwerksuntersuchung, Instandsetzung von Beton und den statisch-konstruktiven Zusammenhängen. Falsche Instandsetzungen können die Schäden vergrößern.

LITERATUR

- [1] Eisenbeton – Entwurf und Bemessung, Hrsg.: Deutscher Beton-Verein e.V., Verlag von Konrad Wittwer, Stuttgart, 1926
- [2] DIN EN 206-1: – Beton; Festlegungen, Eigenschaften, Herstellung und Konformität, Hrsg.: DIN Deutsches Institut für Normung e. V., 07/2001
- [3] Hellmich, M.; Retzepl, I.: Empfehlungen zu Feuchtigkeitsklassen für Betonbauteile im Eisenbahnbrückenbau, EI 08/2009
- [4] VDEI-Information KIB 05: Betonbauteile von Eisenbahnbrücken – Empfehlungen der Expositions- und Festigkeitsklasse/ Ergänzung zu Ril 804 und ZTV-ING, 07/2009
- [5] VDEI-Information KIB 07: Beton – Herstellung und Verarbeitung, 03/2010
- [6] VDEI-Information KIB 12: Beton – Überwachung der Ausführung, 01/2015

[7] DAfStb-Richtlinie – Vorbeugende Maßnahmen gegen schädigende Alkalireaktionen im Beton (Alkali-Reaktion), Hrsg.: Deutscher Ausschuss für Stahlbeton e.V., Ausgabe 04/2011

[8] DAfStb: Positionspapier zum Sulfatwiderstand, http://www.dafstb.de/application/2_Stellungnahme_Sulfatgriff_auf_Beton_Anlage_A.pdf, Stand Februar 2012

[9] Hennecke, M.; Schöning, M.: Chloridinduzierte Bewehrungskorrosion an U-Bahnbauwerken, in: Bauingenieure, Band 88, Springer Verlag, April 2015

[10] DAfStb-Richtlinie für Schutz und Instandsetzung von Betonbauteilen, Teil 1 bis Teil 4, Hrsg.: Deutscher Ausschuss für Stahlbeton e.V., Ausgabe 10/2001

[11] DIN EN 1504 – Produkte und Systeme für den Schutz und die Instandsetzung von Betontragwerken – Definitionen, Anforderungen, Güteüberwachung und Beurteilung der Konformität, Teil 1 bis Teil 10, Hrsg.: DIN Deutsches Institut für Normung e.V. 10/2005

[12] Eisenbahn-Bundesamt (EBA): Eisenbahnspezifische Liste Technischer Baubestimmungen (ELTB) Fassung: 04/2015 gültig seit 2. April 2015

[13] Nusser, J.: Die Folgen des EuGH-Bauproduktenurteils sind für die am Baubeteiligten noch nicht konkret abschätzbar, in: Der Prüferingenieur, 47, Bundesvereinigung der Prüferingenieure e.V., Berlin, November 2015

[14] ZTV-ING:2014-12 – Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Ingenieurbauten, Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur, Abteilung Straßenbau (BMVI)

[15] DIN EN 1992-1-1:2010-12 – Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton- und Spanbetontragwerken; Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau

[16] DIN 1076 – Ingenieurbauwerke im Zuge von Straßen und Wegen – Überwachung und Prüfung, Hrsg.: DIN Deutsches Institut für Normung e. V., 11/1999

[17] Modul 804.8xxx – Eisenbahnbrücken (und sonstige Ingenieurbauwerke) planen, bauen und instand halten; Inspektion von Ingenieurbauwerken, Hrsg.: DB Netz AG, 02/2008



Dr.-Ing. Markus Hennecke

Prüferingenieur für Baustatik,
Fachbereich Massivbau,
Prüfer für bautechnische Nachweise
im Eisenbahnbau, Massivbau,
Mitglied VDEI FA KIB,
Sachkundiger Planer BÜV e.V.
Geschäftsführender Gesellschafter
Zilch + Müller Ingenieure GmbH,
München
hennecke@zm-i.de

Zusammenfassung

Betoninstandsetzung für Eisenbahnbrücken

Das Thema Betoninstandsetzungen bekommt eine immer größere Bedeutung bei den Baulastträgern der Eisenbahnbrücken. Das Alter des Bestandes und damit die registrierten Schäden nehmen zu. Für die Nachhaltigkeit und den Ressourcenschutz ist es von großer Bedeutung, vorhandene Strukturen möglichst lange in Betrieb zu halten. Hierzu ist es wesentlich, anstehende Schäden frühzeitig zu erkennen und zu beheben. Bei den Bauwerken können sowohl chemische und als auch physikalische Schädigungsprozesse auftreten; weiterhin wird unterschieden zwischen Schädigungen des Betons und der Bewehrung.

Summary

Concrete repair for railway bridges

For the owners of railway bridges, the importance of concrete is growing. The age of the bridge stock and the registered damages is also increasing. It is important to keep existing structure in service as long as possible for improving sustainability and saving resources. For these issues damage must be repaired in early stage. Standards for the technology of concrete rehabilitation exist. This report gives an overview of the basics.