

# Semesterarbeit



Hochschule für angewandte Wissenschaften und Kunst  
Fachhochschule Hildesheim  
Fakultät Bauwesen  
Fachrichtung Bauphysik und Baukonstruktion

**Ingo Poppe**  
Mat.-Nr. 438180  
Lehre/Wendhausen

**Stefan Busch**  
Mat.-Nr. 437534  
Braunschweig

Thema  
**Prüfung und Instandsetzung von Brücken**

WS 2006/2007

Prüfer: Prof. Dr.-Ing. Hans-Peter Leimer

## Aufgabenstellung

### Baustoffe, Bauteile, Gebäude

Im Rahmen des Bauwesens ist zu erkennen, dass Baustoffe, Bauteile und Gebäude einen erheblichen Entwicklungsprozess ausgesetzt sind. Dieses führt zu neuen Konzepten und Varianten. Es stellt sich somit den Studenten und angehenden Ingenieuren die Aufgabe, auf diese Fragen, die im Wesentlichen Bestandteil des Seminars für Baukonstruktion und Bauphysik sind, eine Antwort zu geben und sich vertiefend mit diesen Problemen auseinanderzusetzen.

## Eidesstattliche Erklärung

Hiermit erkläre ich an Eides statt, dass die gesamte Hausarbeit und die zugehörigen Berechnungen von mir selbständig angefertigt wurden.

Befragte Personen, Zitate und/oder Übernahmen sind entsprechend gekennzeichnet und in einem Quellenverzeichnis am Ende dieser Hausarbeit aufgeführt.

Hildesheim, den

\_\_\_\_\_

Ingo Poppe

## Eidesstattliche Erklärung

Hiermit erkläre ich an Eides statt, dass die gesamte Hausarbeit und die zugehörigen Berechnungen von mir selbständig angefertigt wurden.

Befragte Personen, Zitate und/oder Übernahmen sind entsprechend gekennzeichnet und in einem Quellenverzeichnis am Ende dieser Hausarbeit aufgeführt.

Hildesheim, den

---

Stefan Busch

---

**Inhaltsverzeichnis:**

1.	Geschichte des Brückenbaus	6
2.	Brücken – Verfahren und Konzepte (Typologie)	8
3.	Bau- und Planungsfehler	9
4.	DIN – Allgemeines zur Prüfung und Unterhaltung	9
5.	DIN – Vorbereitung einer Bauwerksprüfung	10
6.	DIN – Bauwerksprüfung	10
7.	DIN – Prüfung von Betonbrücken	11
8.	DIN – Instandsetzung von Betonbrücken	13
9.	WTA – Bauwerksdiagnose	15
10.	WTA – Prüfen und Warten von Betonbauwerken	16
11.	WTA – Schutz und Instandsetzung von beton	17
12.	Beispiel der WTA zur Injizieren von Rissen	20
13.	Schlusswort	21
14.	Fotos, Quellen, Normen und Literatur	22

---

## 1. Geschichte des Brückenbaus

Eng verbunden ist die Brückenbaukunst mit der Geschichte der Menschheit: Wachsende Gesellschaften brauchen mehr Lebensraum und müssen deshalb nach Wegen suchen, um natürliche Hindernisse zu überwinden. Es ist sogar denkbar, dass Menschen schon Brücken bauten, ehe sie überhaupt sesshaft wurden. Denn auch Nomaden mussten auf ihren Jagdpfaden Hindernisse überwinden. Das heißt, unsere Vorfahren stießen irgendwann an ihre natürlichen Grenzen. Flüsse konnten oft nicht überquert, Schluchten mussten über lange Umwege umgangen werden. Doch, wie so oft, war es wohl ein Zufall, der die Menschen auf eine Idee brachte. Vermutlich begann alles damit, dass Seile und Lianen Abgründe überspannten, Steine mit geringer Spannweite, kurze Distanzen überwandern und Äste oder Baumstämme über Bäche gelegt wurden. Holz ist der Urbaustoff und auch der älteste Brückenbaustoff überhaupt. Auf immer raffiniertere Weise überbrückten die Menschen immer weitere Strecken. Brücken standen für die Macht, natürliche Barrieren zu überwinden und so Grenzen zu überschreiten. So erlaubten erste Balkenbrücken eine Ausweitung frühmenschlicher Lebensstätten: mehr Kommunikation mit Nachbarn, mehr Warenaustausch, wachsende Siedlungen, Verkehr und Handel kamen zustande. Brücken sind also ein Symbol menschlichen Zusammenlebens, spielten aber auch bei kriegerischen Auseinandersetzungen eine ausschlaggebende Rolle und waren sogar oft kriegsentscheidend. Brücken wurden aber auch als Zeichen des Stolzes und Ruhmes errichtet. Mit dem technischen Fortschritt wurden Brückenkonstruktionen kühner: Im 6. Jahrhundert v.Chr. ließ König Nebukadnezar von Babylon eine Brücke aus Zypressen- und Zedernholz über den Euphrat bauen. Der wurde kurzerhand umgelenkt, um die Steinpfeiler im Flussbett besser errichten zu können. Jedenfalls ging der Brückenbau von Anfang an zwei verschiedene Wege der Verteilung von Lasten. Entweder man schlägt einen Bogen über das Hindernis, oder man hängt Seile auf. Natürlich gibt es auch Verbindungen beider Methoden, und entsprechend groß ist die Vielfalt möglicher Brückenbauten. In jedem Fall sind zwei Aufgaben zu lösen. Zum einen muss die Brücke ihr eigenes Gewicht tragen und zum anderen das, der zu transportierenden Lasten. Lange Hängebrücken für Wagemutige gab es schon vor 4000 Jahren in China und Indien. Kunstvolle Bogenbrücken aus Stein bauten erst die Etrusker, dann die Römer. So entstand der monumentale Pont du Gard im Jahre 19 v.Chr. als Teil eines Aquädukts, das Wasser 40 Kilometer weit über das Felstal des Gardon bei Nîmes leitete. Die römische Brückenbaukunst war Voraussetzung für den Ausbau des Wasser- und Verkehrsnetzes und damit eine der Grundlagen der Macht des Römischen Reiches, denn wer die Brücken beherrscht, beherrscht auch das Land. Und wer das Land beherrscht, beherrscht das Volk. Die meisten Ansiedlungen entstanden an Flüssen, und so ist die Stadtgeschichte meistens mit der Geschichte ihrer Brücken verbunden. Da aber die Menschen bei allen ihren Tätigkeiten nicht ausschließlich den Zweck, sondern zugleich ästhetische Ziele anstreben, ist das Bauen von Brücken immer auch ein Wettstreit um die schönste Brücke gewesen.

---

Im Mittelalter waren Brücken in kirchlicher Obhut, das heißt, oftmals übernahm die Kirche Bau und Wartung von Brückenanlagen. So genannte Brücken-Bruderschaften ermöglichten Pilgern und Kaufleuten die Weiterreise. Die enorme Macht der Kirche dokumentieren auch Entstehungslegenden von Brücken. Der Pont d'Avignon über der Rhône, die längste Brücke des Mittelalters, soll von einem Schafhirten namens Bénézet im Jahre 1187 auf Gottes direktes Geheiß hin erbaut worden sein. Der Papst übernahm im Übrigen den zuvor kaiserlichen Titel Pontifex (was soviel wie Brückenbauer bedeutet) Maximus, als Rom Zentrum christlicher Kultur wurde. Den Katholiken gilt er bis heute als Mittler zwischen Mensch und Gott.

Als öffentliche Marktplätze hatten Brücken oft kommerzielle Funktionen. Bebaute Brücken, wie der Ponte Vecchio in Florenz und die Rialto Brücke in Venedig, waren im Mittelalter keine Seltenheit. Auf der Krämerbrücke in Erfurt drängten sich beispielsweise einst 62 Häuschen.

Während sich die Industrialisierung von England über Europa ausbreitete, entstand 1779 in der Nähe von Birmingham die erste gusseiserne Bogenbrücke - über dem Fluss Severn. Konstruktionen des 19. Jahrhunderts mussten den wachsenden Anforderungen, besonders denen des Eisenbahnverkehrs genügen. Für die Eisenbahnstrecke Leipzig-Nürnberg musste beispielsweise das Göltzschtal in Sachsen überwunden werden. Im Zeitraum zwischen 1846 und 1850 entstand die zu der Zeit größte Eisenbahnbrücke. Es handelt sich um ein vierstöckiges Viadukt aus Naturstein und 26 Millionen Ziegelsteinen. Noch heute ist sie die größte Ziegelbrücke der Welt.

Seit der Industriellen Revolution haben technische Erfindungen wie der Stahlbeton Tragsicherheit und Dauerhaftigkeit der Brückenkonstruktionen stetig erhöht. Die handwerklich-empirische Bauweise früherer Zeiten wurde von wissenschaftlicher Ingenieurtechnik abgelöst. Eindrucksvolle Verbindungen von technischer Effizienz und Ästhetik waren das Resultat. Wer von San Francisco aus die Golden Gate Bridge betrachtet, der versteht, dass Brücken nicht nur der Mobilität dienen, sondern auch Kunstwerke und Symbole sind. Der Anblick der Golden Gate Bridge fasziniert seit eh und je. Von 1933 bis 1937 erbaut, war die freistehende Hängebrücke mit einer Länge von 2700 Meter die damals längste der Welt und blieb es bis 1964. Die beiden mächtigen Hauptkabel der Golden Gate Bridge bestehen aus 129 000 Kilometern gesponnenem Draht. Sie halten die sechsspurige Fahrbahn in Balance und sind über zwei Türme im Art déco Stil geführt. Diese sind 223 m hoch, was etwa 48 Stockwerken entspricht. Am Ende sind die Stahlseile jeweils in einem Betonblock verankert. Jede Verankerung kann einem Zug von 28 000 Tonnen standhalten. Von solchen Dimensionen wagte man noch wenige Jahrzehnte zuvor nicht zu träumen. Brücken sind seit jeher oft schon wegen ihrer Größe weithin sichtbare Bauwerke, die das Bild einer Landschaft oder einer Stadt in hohem Maße prägen.

---

Jede einzelne Brücke ist ein monumentales Zeichen der Baukultur ihrer jeweiligen Epoche. Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass Brücken heute nicht mehr nur von Nutzen sind, sondern in Metropolen wie London, Paris, Budapest oder New York zu den architektonischen Höhepunkten gehören und somit das Wahrzeichen der Stadt darstellen.

## **2. Brücken – Verfahren und Konzepte (Typologie)**

Bereits einige Jahre v. Chr. Geburt hat Vitruv folgende Anforderungen an die Gestaltung öffentlicher Bauten formuliert, die noch heute gültig sind:

- utilitas, der Nutzwert und die Funktionalität
- firmitas, die Standfestigkeit und die Dauerhaftigkeit
- venustas, die Schönheit und die Ästhetik

Die Einteilung von Brücken kann nach unterschiedlichen Kriterien erfolgen. Dabei werden folgende Typologien unterschieden:

- Typologie nach Form und Konstruktion:  
Balkenbrücken, Fachwerkbrücken, Bogenbrücken, Hängebrücken, Schrägseilbrücken, Spannbandbrücken und bewegliche Brücken
- Typologie nach Material:  
Holzbrücken, Seilbrücken, Massivbrücken und Metallbrücken
- Typologie nach Funktion:  
Straßenbrücken, Fußgängerbrücken, Eisenbahnbrücken, Kanalbrücken/Wasserbrücken, Wildbrücken, Förderbandbrücken, Leitungsbrücken, Pionierbrücken und Behelfsbrücken
- Typologie nach Lage:  
Talbrücken, Hangbrücken, Stadtbrücken und Flussbrücken

## **3. Bau- und Planungsfehler**

Wie bei jedem anderem Bauwerk können auch beim Brückenbau Baumängel zu Beeinträchtigungen, im schlimmsten Fall zum Einsturz führen. Dabei kann es schon im Vorfeld der Bauausführung durch fehlerhafte Planung zu solchen Baumängeln kommen. Unzureichende Berücksichtigung der Windlast, unterdimensionierte Fundamente, Pfeiler und Widerlager, mangelhafte Festigkeitsberechnung mit tatsächlichen Maßen können dann während der Bauphase, im schlimmsten Fall während des Betriebs der Brücken zu schlimmen Folgen

---



---

führen. Die gewählten Baumaterialien sollten laufend in der Bauphase überprüft werden, denn Gussfehler und mangelhafter Beton können zu den ebenfalls oben genannten Folgen führen. Die Geschichte des Brückenbaus führt dabei Fälle auf, die immer wieder auf menschliche Versagen zurückzuführen sind. Am 28. Dezember 1879 überquerte ein Zug während eines Sturms die Firth-of-Tay-Brücke in Schottland. Die Brücke stürzte aufgrund mangelhafter Ausführung aber auch wegen Fehler in der Planungsphase ein. Die Bau- und Planungsfehler der Vergangenheit sind auch in der Gegenwart Ursachen von Beeinträchtigungen und Brückeneinstürzen. Der letzte dokumentierte Fall war am 07. November 2001 in Granada/Spanien.

#### **4. DIN – Allgemeines zur Prüfung und Unterhaltung**

Als Brücken gelten alle Überführungen eines Verkehrsweges über einen anderen Verkehrsweg, über ein Gewässer oder über tiefer liegendes Gelände, wenn ihre lichte Weite zwischen den Widerlagern 2,00 m oder mehr beträgt. (...)“ Das ist die Definition nach DIN1076 aus Verkehrsblatt-Dokument Nr. B 5276 Vers. 07/97

Brückenbauwerke sind einer immer stärkeren Belastung ausgesetzt, was zwangsläufig zu Verschleiß und Schäden führt. Deshalb erlangen Maßnahmen zur Instandsetzung und Instandhaltung eine immer größere Bedeutung, die regelmäßige Überprüfung des Zustandes bestehender Brücken sowie deren Begutachtung gehören dazu. Jede Brücke muß auf die jeweils vorhandenen Besonderheiten des zu überbrückenden Geländes, des Untergrundes und der zu erwartenden Schwere und Menge des Verkehrs abgestimmt sein. Es handelt sich hierbei um routinemäßige Kontrollen von Brücken als Stahlkonstruktion oder Stahl-Verbund-Konstruktion. Umfang und zeitliche Abfolge der Prüfung sind in DIN 1076 geregelt. Demnach sind Ingenieurbauwerke alle 3 Jahre in einer Sichtprüfung (einfache Untersuchung) und alle 6 Jahre in einer Hauptprüfung zu begutachten. Die Untersuchungen, die nur von erfahrenen Brückenbau-Ingenieuren durchgeführt werden dürfen, dienen in erster Linie der Sicherheit der Bauwerke und deren Benutzer. Sie haben aber auch eine große wirtschaftliche Bedeutung: sich abzeichnende Schäden an Bauwerken können so rechtzeitig erkannt und im „Frühstadium“ meist mit einfachen Mitteln und ohne großen finanziellen Aufwand behoben werden.

Beim Bau und bei der Unterhaltung der Brücken sind die allgemein anerkannten Regeln der Technik zu berücksichtigen. Die Brücken sind so zu unterhalten, dass sie den Erfordernissen der Sicherheit und Ordnung genügen. Die Verletzung der genannten Pflichten kann zu Strafverfolgung und bei Vorsatz oder grober Fahrlässigkeit zu persönlicher Haftung des Bediensteten führen. Es ist daher unerlässlich, den mit der Bauwerksinstandhaltung Beauftragten die Gelegenheit zu geben, sich durch Aneignen der Fachliteratur und Teilnahme an Fortbildungsveranstaltungen die Voraussetzungen zu schaffen, die komplexe Aufgabe der Bauwerksinstandhaltung mit Erfolg zu lösen.

---

## **5. DIN – Vorbereitung einer Bauwerksprüfung**

Die Qualität einer Bauwerksprüfung nach DIN 1076 bei gleichzeitiger Wirtschaftlichkeit ihrer Durchführung hängt wesentlich von der Ausarbeitung eines Arbeitskonzeptes vor Beginn der Prüfung ab. Hierzu ist Einblick in das Bauwerksbuch, eine Art Lebenslauf eines Bauwerks mit allen wichtigen Daten, zu nehmen, die Bestandsunterlagen sind durchzusehen und in den meisten Fällen ist eine vorherige Ortsbesichtigung durchzuführen. Eine Ortsbesichtigung ist unerlässlich, denn diese ergibt die notwendige Kenntnis über die Zugänglichkeit des Bauwerks. Dieses kann zum Beispiel die Erreichbarkeit der Pfeiler und Widerlager sein oder aber auch die notwendige Beleuchtung und die notwendige und ausreichende Belüftung von Innenräumen sein. Dabei ist es wichtig, dass alle Personen die an der Vorbereitung beteiligt sind, sich gegenseitig unterstützen.

## **6. DIN – Bauwerksprüfung**

Die besten Brückenprüfungen sind nutz- und zwecklos, wenn sich nicht als Arbeitsgrundlage für die Planung und Durchführung der Unterhaltsarbeiten dienen können. Deshalb ist die Systematik der Erfassung, Bewertung und Verfolgung der Prüfergebnisse sehr wichtig. Die Entscheidungs- und Kontrollwege sind sehr komplex. Ohne diese durchdachten Entscheidungswege kommt es aber immer wieder zu Versäumnissen.

Die Kosten für die Bauwerksinstandhaltung setzen sich aus den Kosten für die Bauwerksprüfung durch Ingenieure und durch die Maßnahmen der Bauwerksunterhaltung zusammen. Um Kosten einzusparen werden immer häufiger freischaffende Prüfindenieure mit der Prüfung beauftragt. Der bei der Kostenermittlung zugrunde gelegte Prüfaufwand ist aufgrund von Erfahrungen notwendig, um eine gesicherte Aussage über den Zustand aller Bauteile sowie über den Zustand des Gesamtbauwerkes machen zu können. Dabei spielt die Art und Größe einer Brücke eine entscheidende Rolle. Es sollte an dieser Stelle auch erwähnt werden, dass auch andere finanzielle Aspekte eine große Rolle spielen. Die Kosten setzen sich nicht nur aus den Material- und Arbeitskosten, sondern aus der Baustelleneinrichtung und den Vorhaltekosten zusammen.

## **7. DIN – Prüfung von Betonbrücken**

Der heutige moderne Brückenbau wurde unter dem erst in den letzten drei Jahrzehnten hinzugekommenen Gesichtspunkt der Prüfbarkeit und Unterhaltbarkeit in nahezu allen Bereichen erheblich fortentwickelt. Demnach ist bei Prüfungen von älteren Brücken auch der Umstand zu bewerten, wie bestimmte Konstruktionsdetails heutzutage aus den Erkenntnissen der Vergangenheit heraus gestaltet werden würden. Aus solchen vergleichbaren Betrachtungen ergeben sich besondere Prüf- und Beurteilungskriterien bezüglich Abhängungen aller Art, hinterlüftete Verkleidungen, verlorene Schalungen, einbetonierte oder in Hohl-

---

räumen untergebrachte Entwässerungseinrichtungen und nicht zeitgemäßen Konstruktions-techniken. Dabei haben sich im Laufe Methoden der Überwachungen und Prüfungen von Brücken entwickelt:

- a) Inaugenscheinnahme
- b) Abklopfen der Oberfläche
- c) Öffnen von Hohlstellen und oberflächennahen Bereichen
- d) Entnahme von Proben
- e) Messungen am Bauwerk
- f) Probelastungen

Durch Inaugenscheinnahme sind alle an der Bauteiloberfläche erkennbaren Merkmale und Schäden zu erfassen. Sichtbare Schäden an Brückenbauwerken können zum Beispiel starke Aussinterung an Rissen in einer Bogenbrücke am Beton, Betonschäden einer Brückenkappe durch Frost- und Tausalzwirkung, Stalagtitenbildung durch Aussinterung an der Unterseite der Fahrbahnplatte im Bereich des Anschlußstreifens aus Fertigteil-Ortbeton, korrodierte Stahlträger auf einer Auflagerbank mit Betonabplatzungen oder Randträger einer Brücke mit Ribildung und Randabplatzungen sein. Dieses ist eine zerstörungsfreie Maßnahme zur Bauwerkserkundung und ist Grundlage für den Einsatz anderer, aufwendigerer Prüfmethode.

Durch Abklopfen der Oberfläche können oberflächennahe Hohlstellen erfasst werden. Gerade bei Bereichen dichter Bewehrung ist besondere Sorgfalt geboten. Durch mangelhafte Verdichtung können an diesen Stellen Hohlräume entstanden sein. Tief liegende Hohlstellen können durch den Einsatz von Ultraschallgeräten erfasst werden. Diese Methode ist finanziell aufwändig, aber gehört zu den zerstörungsfreien Prüfungsmethoden.

Das Öffnen von Hohlstellen ist ein mechanischer Eingriff und ist nur bei begründeten Fällen und mit größter Sorgfalt vorzunehmen. Dieser Eingriff ist nur dann vorzunehmen, wenn diese der Verfolgung weiterer Prüfziele oder Instandhaltungsmaßnahmen dient. Dabei wird zwischen kleineren Öffnungen für zum Beispiel Endoskopie und größeren Öffnungen von Hohlräumen unterschieden.

Bei der Entnahme von Proben werden Beton-, Stein- oder Mörtelproben für weitere Prüfungen in ein Laboratorium geschickt, wenn eine Analyse vor Ort nicht möglich ist. Diese Methode sollte ebenfalls nur in begründeten Fällen angewendet werden. Die entnommenen Proben sind sorgfältig zu katalogisieren und aufzubewahren.

Messungen am Bauwerk sind sehr aufwändig und sollten bei Prüfungen gemäß DIN 1076 nur angewendet werden, wenn der Aufwand im Verhältnis zu den weiteren Maßnahmen steht. Temperatur und Feuchte der Luft sollten während der Bauwerksprüfung mit einem Hygrothermograph erfasst werden. Die Daten müssen kontinuierlich erfasst und dem Prüfbericht beigelegt werden. Die Bauwerkstemperatur spielt bei den Messungen eine wesentliche

---

Rolle, da abhängig der Tageszeit die Sonneneinstrahlung unterschiedliche Teile der Brücke erwärmen kann. Auch diese gemessenen Temperaturen müssen unter Angabe des Ortes im Prüfbericht notiert werden. Auswertung und Vergleich der Ergebnisse vermessungstechnischer Kontrollen sind nur in Kenntnis der Witterungsverhältnisse und Bauwerkstemperaturen zum Zeitpunkt der Messungen möglich. Die vorhandenen Risse an einer Brücke sind in ihrem Verlauf zusammen mit der Rissart, also oberflächennaher oder trennender Riss, genauestens zu erfassen. Ein erfahrener Prüfenieur kann anhand des Rissverlaufes auf die Rissart schließen. Ist dieses nicht ohne weiteres möglich, kann auf eine der oben bereits erwähnten Methoden zurückgegriffen werden. Rissbreiten und -längen werden mit einem Linienstärkemaßstab erfasst und anschließend fotografiert. Durch Gipsmasken können Rissbreitenänderungen erfasst werden. Eine weitere Methode der Bauwerksmessung ist die Karbonatisierung. Auf frischen Bruchflächen wird der Indikator Phenolphthalein aufgesprüht. Das ist eine schwach-alkoholhaltige Lösung die die Karbonatisierungstiefe über den ph-Wert anzeigt. Verfärbt sich die Probe violett, ist bereits eine Karbonatisierung erfolgt. Der ph-Wert von Beton liegt bei 12,5 und schützt so die Stahlbewehrung vor Rost. Sinkt dieser ph-Wert durch die Karbonatisierung, ist die Bewehrung nicht mehr ausreichend geschützt.

Probebelastungen sind vorzunehmen, wenn diese nach Art und Größe des Bauwerks entweder vor Inbetriebnahme oder aus besonderem Anlass erforderlich sind. Eine derartige Belastungen darf eine heutige übliche Rechenmethode, wie einen Standsicherheitsnachweis, nicht ersetzen. Sie dient vielmehr der Erkundung des Tragverhaltens von besonderen Tragabschnitten nach einer Verstärkungs- oder Instandsetzungsmaßnahme. Dieses kann je nach Art der Brücke mit Hilfe eines Belastungsfahrzeuges oder bei Brücken für den Schienenverkehr durch eine Lok ausgeführt werden.

Aus allen Methoden werden Daten gewonnen. Diese werden ausgearbeitet und im Prüfbericht notiert. Danach erfolgt die Bewertung der Prüfergebnisse nach Kriterien. Diese lauten wie folgt:

- Standsicherheit
- Verkehrssicherheit
- Dauerhaftigkeit
- 

Dabei wird bewertet ob die Schäden eine Beeinflussung auf das Bauwerk haben und ob Sofortmaßnahmen erforderlich sind. Die zu ergreifenden Maßnahmen lassen sich in die Kategorien Schutz und Instandhaltung von oberflächennahen Betonschichten, Füllen von Rissen und Erhöhung der Tragfähigkeit einteilen

## **8. DIN – Instandsetzung von Betonbrücken**

---

Besteht nach Auswertung der Prüfbefunde Handlungsbedarf für Instandhaltungsmaßnahmen für eine Brücke, kann der Umfang der zu ergreifenden Maßnahmen in weiten Grenzen schwanken. Maßnahmen kleineren Umfangs können in der Regel ausschließlich aufgrund der Brückenprüfergebnisse durchgeführt werden, größere Instandsetzungsmaßnahmen erfordern hingegen eine ausführliche Bestandsaufnahme. Die Ausführlichkeit dieser Maßnahme geht von ihrem Umfang über die der Hauptprüfung hinaus. Ziel ist es in diesem Fall die Kosten für eine Maßnahme zu kalkulieren. Je nach Bewertung der Ergebnisse reichen die Maßnahmen für die Sanierung von Schutz und Instandsetzung von oberflächennahen Betonschichten, Füllen von Rissen bis hin zu solchen für die Erhöhung der Tragfähigkeit des Bauwerks.

Der Schutz und die Instandsetzung von oberflächennahen Bereichen werden bei vereinzelten oder großflächigen Schäden von Bauwerken erforderlich. Diese Schäden entstehen durch Abwitterungen, ungenügender oder undichter Betondeckung, Frost und Tausalzschäden und mechanischen Ursachen wie zum Beispiel Bränden. Die beschädigten Schichten werden sorgfältig abgetragen. Der Untergrund wird für den neuen Beton entsprechend durch Haftemulsionen oder anderen Mitteln vorbereitet. Je nach Größe und Art der Fläche kann der Beton von Hand, maschinell oder gespritzt werden. In vielen Fällen hat es sich bewährt, die gewählten Lösungen für die geplanten Instandsetzungsmaßnahmen an einem Prüfkörper zu erproben. Dieses reicht von der Wahl der Vorbereitung der Betonunterlage bis zur Wahl für die Auftragstechniken für den Beton. Somit sollen kostenintensive Verzögerungen bei der Ausführung am Brückenkörper vermieden werden.

Das Füllen von Rissen ist kosmetischer Natur, die Ursache der Rissbildung wird dadurch jedoch nicht behoben. Daher ist eine laufende Kontrolle der Sanierungsmaßnahme unerlässlich. Das Füllen von Rissen kann mehrere Ziele haben:

- Schließen des Zutritts von korrosionsfördernden Wirkstoffen im Bauteil durch Risse
- Abdichten und Beseitigen von rissebedingten Undichtheiten des Bauteils
- kraftschlüssiges, also zugfestes Verbinden
- dehnfähiges Verbinden der beiden Rissufer

Die letztere Maßnahme ist sinnlos, wenn im Bereich der zu füllenden Risse Zugspannungen später nicht mehr in der Größenordnung der Zugfestigkeit des Bauteilbetons zu erwarten sind. Durch die Erfahrungen der vergangenen Jahre zeigt sich, dass Kenntnisse über die korrosionsfördernde Wirkung von vereinzelten Rissen erheblich gewachsen sind. Nicht jeder Riss von einer Breite von 0,25 mm muss zwangsläufig geschlossen oder gefüllt werden. Die Literatur ist sich dagegen uneinig, ob ein Riss nachträglich durch geeignetes Material durch dehnfähiges Füllen zu einer Dehnungsfuge ausgearbeitet werden kann. Darüber gehen die Meinungen der Experten der jeweiligen Anbieter auseinander.

---

---

Um Korrosionsschäden zu stoppen haben sich Methoden der Spritzverzinkung bewährt. Sie zählen zu den aufwendigen Instandhaltungsmaßnahmen an Stahlbetonstrukturen. Thermisch gespritzte Zinkbeschichtungen auf Betonoberflächen haben sich als Korrosionsschutz bestens hinsichtlich ihrer Effektivität und Wirtschaftlichkeit bewährt und werden nicht nur auf Betonoberflächen, sondern auch für den Schutz der Stahlbewehrung in Stahlbetonbauwerken eingesetzt. Beim kathodischen Korrosionsschutz der Stahlbewehrung im Beton sind in den letzten Jahren signifikante Fortschritte gemacht worden. Bei dieser Methode bleibt die zu schützende Oberfläche weiterhin ganz oder zumindest teilweise dem aggressiven Medium ausgesetzt. Jedoch wird ein aktiver Eingriff in den Korrosionsprozess vorgenommen. Ein galvanisches Korrosionsschutzsystem erfordert einen stetigen Stromfluss von der Anode zur Stahlbewehrung. Hier spricht man von einer Opferanode. Wenn es für Ladungsträger keinen Weg gibt, aus einem Stromkreis in einen anderen zu fließen, spricht man von galvanischer Trennung der beiden Stromkreise. Zwischen den Stromkreisen besteht dann keine elektrisch leitfähige Verbindung. Der Stromkreis wird durch den Beton, der in diesem System den Elektrolyten bildet, geschlossen. So wird ein Stromfluss realisiert, wobei die negativen Chloridionen zu der Anode wandern und sich somit ein Entsalzungseffekt einstellt. Wurden früher noch Titanetze als Anode verwendet, wird heute die Spritzverzinkung der Betonoberfläche angewendet. Titanetze sind recht teuer in der Anschaffung und müssen im Beton eingebettet werden. Die thermisch gespritzte Zinkanode kann sowohl galvanisch als auch mit Fremdstrom betrieben werden.

Zink oder Zinklegierungen werden entweder mit dem Drahtlichtbogenspritzverfahren oder dem Drahtflamverfahren hergestellt. Zuvor muss die Betonoberfläche gereinigt und angeraut werden, damit eine gute mechanische Haftung erreicht wird. Dann wird die Oberfläche unmittelbar vor dem Auftragen erwärmt um die Restfeuchte zu entfernen. Das Drahtlichtbogenspritzverfahren arbeitet mit zwei Drähten, die in einer Spritzpistole zusammengeführt werden. Diese sind elektrisch verschaltet, so dass ein Lichtbogen entsteht der zum Aufschmelzen der Drahtspritzen führt. Der so entstandene Schmelztropfen wird durch Druckluft zerstäubt und so beschleunigt auf die zu beschichtende Oberfläche aufgetragen. Die erstarrten Tropfen bilden so eine festhaftende Beschichtung. Moderne Drahtlichtbogenspritzbrenner können so über 200 kg Zinkdraht in einer Stunde verspritzen. Die Lebensdauer einer solchen Spritzverzinkung liegt bei ungefähr 20 Jahren. Um diese Lebensdauer zu erhöhen, kann eine organische Beschichtung auf die Zinkbeschichtung aufgebracht werden. Die Zinkschicht hat so keinen direkten Kontakt mit der Atmosphäre. Der Zinkverbrauch, also die anodische Auflösung der Zinkschicht findet so nur zwischen dem Kontakt von Zink und Beton statt. So kann der Verbrauch an Zink bis zu 50 % reduziert werden. Die dichte organische Beschichtung verhindert auch ein Eindringen von Chloridionen.

## **9. WTA – Bauwerksdiagnose**

---

Der internationale Verein der WTA e.V. hat sich das Ziel gesetzt, die Forschung und deren praktische Anwendung auf dem Gebiet der Bauwerkserhaltung und der Denkmalpflege zu fördern. Die Merkblätter der WTA sind wesentlich verständlicher geschrieben als die Texte der DIN. So ist es für den Bauherrn und dem Unternehmer einfacher, gezielter und erfolgreicher zu handeln. Um Schutz- und Instandsetzungsarbeiten an Betonbauteilen planen und ausführen zu können, muss zunächst der Zustand des betreffenden Bauwerks untersucht und bestimmt werden. Das Merkblatt 5-6-99/D soll helfen den für die Diagnose des Zustands von Betonbauwerken geeigneten Unternehmen und Instituten die systematische Durchführung ihrer Arbeiten zu erleichtern und Bauherrn und Planern eine Übersicht über notwendige Diagnoseschritte vor Mittelbeschaffung, Ausschreibung und Durchführung der Arbeiten zu ermöglichen. Die Erhebungen zur Vorgeschichte dienen als Grundlage der Untersuchungen, aus ihr lassen sich zusätzliche Erkenntnisse zur Klärung der Schadensursache ableiten. Hilfreich für die Dokumentation sind alle Dokumente, wie Ausführungspläne, Berechnungen, Protokolle und eine Liste der am Bau beteiligten Unternehmen und Fachleute, die Auskunft zur geplanten Nutzung geben können. Diese kann mit der tatsächlichen Nutzung verglichen und beurteilt werden. Die Ermittlungen zum Ist-Zustand werden nach der Bedeutung des Bauwerks, der Schäden sowie nach Art und Umfang von Baustoffveränderungen geplant. Bei der Art und Umfang der Prüfungen sind folgende Punkte zu bewerten:

- Tragsicherheit
- Gebrauchstauglichkeit
- Dauerhaftigkeit des Bauwerks
- Korrosionsschutz

Die Prüfungen können im Labor als auch vor Ort erfolgen. Wichtige Punkte der Prüfungen können beispielsweise

- Karbonatisierung
- Dicke der Betondeckung
- Art und Charakteristik von Rissen
- und die Dauerhaftigkeit des Korrosionsschutzes
- 

sein. Entnommene Proben sind zu katalogisieren und aufzubewahren. Die WTA beschreibt zwei Möglichkeiten zur Durchführung der Untersuchungen. Die visuellen Beobachtungen sind schriftlich festzuhalten und durch Fotos zu ergänzen. Für die Untersuchungen am Bauwerk gibt es physikalische, chemische und elektrochemische Prüfungen. Eine Tabelle mit Auflistungen der Gegenstände, Geräte, Vorschriften, Grundlagen und Ergebnissen vertieft die Untersuchung am Bauwerk. Für die Untersuchungen im Labor gibt es eine Tabelle, die

---

genauso aufgegliedert wie die Tabelle zuvor ist. Für diese Untersuchungen werden in der Regel Bohrkernbenutzer benutzt. Die Ergebnisse beider Untersuchungen werden protokolliert und dokumentiert. Zur Beurteilung wird der Soll-Zustand mit dem ermittelten Ist-Zustand miteinander verglichen. Aus den Abweichungen werden die Instandhaltungsmaßnahmen festgelegt.

## **10. WTA – Prüfen und Warten von Betonbauwerken**

Das WTA-Merkblatt 5-7-99/D beschreibt Maßnahmen, die ein Bauherr, Eigentümer oder Betreiber von Betonbauwerken durchführen muss, um die Werterhaltung seines Bauwerks zu erreichen. Wichtige Punkte für die Bauwerkserhaltung sind planmäßige Unterhaltungsmaßnahmen, eine regelmäßige Pflege und Wartung, sowie eine permanente Bauwerksüberwachung.

Zur Inspektion und Wartung von Betonbauteilen wurde ein Musterwartungsvertrag entworfen, dabei ist das Merkblatt 5-7-99 heranzuziehen und zu berücksichtigen. Das bedeutet, dass die technische Überwachung und Prüfung nicht im Geltungsbereich der DIN 1076 liegt. Dieser Wartungsvertrag regelt die Wartung zwischen Bauherr und Unternehmer. So wird durch die Wartung die funktionale Gewährleistung erarbeitet. Der Unternehmer übernimmt jegliche Gewährleistung für die Wartungsintervalle damit die planmäßige Nutzung erhalten werden kann. Dieser Vertrag kann den jeweiligen Bedingungen angepasst werden, muss aber immer im Sinne des Merkblattes 5-7-99 handeln. Folgende Gegenstände werden im Vertrag behandelt:

- Leistungen des Auftragnehmers
- Pflichten des Auftragnehmers
- Ausführung der Leistung
- Vergütung
- Gewährleistung
- Haftung
- Vertragsdauer und Kündigung
- Pflichten des Auftraggebers
- Streitigkeiten
- Gerichtsstand
- Schriftform

## **11. WTA – Schutz und Instandsetzung von Beton**

Der Erfolg von Schutz und Instandhaltungsmaßnahmen ist im wesentlichen vom Haftverbund der eingesetzten Werkstoffe mit Untergrund von Beton und Stahl abhängig. Für die



---

Verbundwirkung ist neben den Eigenschaften der Instandsetzungs- und Oberflächenschutzsysteme vor allem die Beschaffenheit des Untergrundes, der vielen Einflüssen unterworfen ist, maßgebend. Die WTA hat in ihrem Merkblatt 5-8-93-D Anforderungen beschrieben, die vor der Aufbringung der unterschiedlichen Produkte vorliegen müssen.

Durch eine Bestandsaufnahme vor Ort wird der in Kapitel 9 erwähnte Ist-Zustand festgelegt. Dieses ist die Grundlage für das Erstellen der Leistungsbeschreibung. Diese wird in dem Merkblatt 5-15-03/D beschrieben und ist den Leistungsphasen 6 und 7 der HOAI zuzuordnen. Die Beschaffenheit ist entsprechend den ausgewählten Kriterien der WTA zu prüfen und festzuhalten. Die Zeit, aktive und passive Einflüsse sollten dabei sind wesentliche Einflüsse auf die Eigenschaften des Untergrundes. Die Leistungen sind im Sinne der VOB zu beschreiben. Dieses erstellte Merkblatt bietet Entscheidungshilfen und Check-Listen an für den Unternehmer an. Die Leistungsbeschreibung sollte möglichst umfassend und detailliert sein. Sie ist ein wesentlicher Aspekt der gesamten Baumaßnahme und ein Bestandteil der Vertragsunterlagen. Eine sachgerechte Leistungsbeschreibung mit einem Leistungsverzeichnis ist die grundlegende Voraussetzung für die Qualitätssteuerung. In der Regel wird das Leistungsverzeichnis der Betonsinstandsetzung in Teilleistungspositionen beschrieben. Dabei sind Sammel- und Pauschalpositionen, auch für die Beurteilung der Gewährleistungsansprüche, ungeeignet. Das Ziel der Instandsetzung und der Weg der Entscheidungen bis zur Beschreibung der Leistung werden durch bestehende Rechtsregeln und technischen Regelwerken maßgeblich beeinflusst. Der Leistungsbereich der Betoninstandsetzung fordert Angaben nach Art, Lage und Form des Bauteils. Bei größerem Umfang sind die Leistungen als eigenständige Leistungspositionen zu formulieren.

1. Untergrundvorbereitung
    - 1.1. Allgemeines (Vorbereitungen)
    - 1.2. Art der Leistung
    - 1.3. Ziel der Maßnahme
    - 1.4. Zielwerte / Kenngrößenangaben
  
  2. Risse
    - 2.1. Allgemeines
    - 2.2. Art der Leistung
    - 2.3. Ziel der Maßnahme
    - 2.4. Material, Zielwerte / Kenngrößenangaben
    - 2.5. Sonstige Angaben zur Ausführung
  
  3. Reprofilierung
    - 3.1. Sonstige Angaben zum Bauteil
    - 3.2. Art der Leistung
-

---

3.3. Ziel der Maßnahme

3.4. Zielwerte / Kenngrößen

4. Oberflächenschutz

4.1. Angaben zum Bauteil

4.2. Art der Leistung

4.3. Ziel der Maßnahme

4.4. Zielwerte / Kenngrößen

Die allgemeinen Anforderungen vor dem Auftragen von Instandsetzungsbetonen und -mörteln muss die Tragfähigkeit verbessern, die Verträglichkeit verbessern und die Haftung fördern. Der Untergrund muss dabei vollständig gesäubert und gereinigt sein. Der Untergrund muss vor dem auftragen so beschaffen sein, dass das die aufzutragende Masse einer geschlossenen, annähernd gleichmäßigen und fest haftenden Schicht ermöglicht. Ein leicht verständliches Tabellensystem gibt die speziellen Anforderungen an den Untergrund für die verschiedenen Instandhaltungsbetone und -mörtel, hier Aufzutragender Stoff genannt, im Einzelnen wieder:

- Temperatur in °C
- Feuchte und Saugverhalten
- Rauheit und Textur
- Oberflächenzugfestigkeit in N/mm<sup>2</sup>

Die Vorbereitung des Untergrundes wird ebenfalls in einer übersichtlichen Tabelle angeordnet und wird wie folgt nach gebräuchlichen Verfahren aufgeteilt:

- Bezeichnung/Geräte
- Anwendungsbereich
- Einschränkungen/Anforderungen
- Bewertung

Die Auswahl geeigneter Verfahrenskombinationen hängt von verschiedenen Einflussgrößen ab:

- Beschaffenheit des Untergrundes
- Anforderung durch den aufzubringenden Stoff
- Umfang der Maßnahme
- Lage und Ausbildung der zu behandelnden Oberfläche
- Örtliche Gegebenheiten
-

---

Bei der Verfahrensabfolge sollte grundsätzlich vom Flächigen zum Örtlichen und vom Groben zum Feinen vorgegangen werden.

Nach der Untergrundvorbereitung beschreibt die WTA die Prüfung des Untergrundes. Dieses sind Prüfverfahren, ob die geforderte Eigenschaft erreicht worden ist. Diese Prüfverfahren sind in 8 Tabellen aufgeteilt:

- I. Visuelle und einfache Prüfungen
- II. Verfahren zur Prüfung der Ebenheit und Verfahren zur Prüfung der Rauheit
- III. Prüfverfahren zur Bestimmung der mechanischen Beschaffenheit des Untergrundes
- IV. Prüfverfahren zur Bestimmung der chemischen Eigenschaften und Verunreinigungen
- V. Prüfverfahren zur Bestimmung der Bodenfeuchte
- VI. Prüfverfahren zur Bestimmung der Untergrundtemperatur
- VII. Prüfverfahren der Dichtigkeit bzw. des Wassersaugverhaltens
- VIII. Verfahren zur Beurteilung von Gefügestörungen

Die Tabellen sind dabei einheitlich nach folgenden Gesichtspunkten gegliedert:

- Prüfverfahren
- Geräte/Hilfsmittel
- Wirkungsprinzip
- Anwendungsbereich
- Störeinflüsse
- Einschränkungen
- Genauigkeit/Bewertung

## **12. Beispiel der WTA zum Injizieren von Rissen**

Risse sind eine normale, für den Baustoff Beton spezifische Erscheinung. Sie können selbst trotz großer Sorgfalt bei Entwurf und Ausführung nicht vollständig vermieden werden. Sie sollten nicht überbewertet werden. Aus rein rechtlicher Sicht stellen Risse noch keinen Mangel dar. Anforderungen an Risse sollten in einem Werkvertrag erwähnt werden. Um für die Sanierung von Rissen nicht einen unnötigen Aufwand zu betreiben, sollten die Ursachen von Rissen von erfahrenen und kompetenten Personen analysiert werden. Risse im Bauwerk können Einfluss auf die Dauerhaftigkeit von Gebäuden haben. Einen wichtigen Punkt für die Analyse ist die Karbonatisierung in Rissen. Durch die Risse im Beton kann die Karbonatisierung tiefer bis zur Bewehrung eindringen. Dadurch kann es zur Korrosion der Bewehrung kommen, die das Bauteil schwächen kann. Injektionsmaterialien sollten beispielsweise Eigenschaften wie eine niedrige Viskosität, eine ausreichend lange Verarbeitungszeit,

---

eine ausreichende Haftzugfestigkeit oder eine ausreichende Haftzugfestigkeit aufweisen. Je Injektionsmittel können dabei einkomponentige Injektionsgeräte und zweikomponentige Injektionsanlagen benutzt werden. Folgendes Injektionsmaterial kommt dabei zum Einsatz:

- Polyurethanharz ist eine begrenzt dehnfähige Verbindung der Rissflanken und so wird ein abdichtendes Verfüllen erreicht
- Schäumendes Polyurethanharz eignet sich zur schnellen Vor-Abdichtung bei stark wasserführenden Rissen, hat jedoch in der Regel keine dauerhaft abdichtende Wirkung
- Injektionszementen verbinden größere Risse oder Fehlstellen kraftschlüssig miteinander. Sie sind auf Druck belastbar. Der Einsatz gegen drückendes Wasser ist nur mit Hilfsmitteln möglich.
- Epoxidharz sorgt für einen kraftschlüssiger Verbund. Es eignet sich zum Schließen auch feinsten Risse. Die Verwendung in feuchter Umgebung ist normalerweise nicht möglich.
- 

Je nach Rissart werden zwei Injektionstechniken angewendet:

- Druckinjektion, dabei werden die Bohrkanäle beidseitig entlang des Risses so angeordnet, dass der Riss in seiner Mitte gekreuzt wird. Das über Bohrpacker injizierte Material kann sich von der Mitte her über den gesamten Riss ausbreiten
- Risstränkung, dabei werden oberflächennahe Risse werden auf waagerechten oder wenig geneigten Flächen drucklos gefüllt. Dabei kommt meistens ein Epoxidharz zur Anwendung. Die Oberfläche kann durch Aufstreuen von Quarzsand abgedeckt werden. Durch die Tränkung wird neben der optischen Wirkung auch ein weiteres Eindringen von Schadstoffen durch den Riss verhindert.

### **13. Schlusswort**

Mit der Überprüfung und Instandhaltung von Brücken, ist es ähnlich wie mit der Kontrolle und Reparatur eines Kraftfahrzeuges. Alle zwei Jahre gibt eine Hauptuntersuchung und Reparaturen werden je nach Geldbeutel notdürftig geflickt bis professionell behoben. Das sieht bei Brücken nicht anders aus, denn diese werden mit öffentlichen Geldern instand gesetzt. Fehlt dieses Geld, wird auch hier notdürftig geflickt, bis die Rechnung am Ende kommt und im schlimmsten Fall ein Bauteil zu versagen droht.

### **14. Fotos, Quellen, Normen und Literatur**

Richard J. Dietrich

Faszination Brücken – Baukunst, Technik, Geschichte

Vollrath / Tathoff

Handbuch der Brückeninstandhaltung

---

Bundesminister für Verkehr	Erhaltungsarbeiten an Brücken und anderen Ingenieurbauwerken von Straßen
Karl Gotsch	Meine Homepage zu Brücken und Genealogie
Nicolas Janberg	Internationale Galerie und Datenbank des Ingenieurbaus
lexi-TV	Brücken
arte.tv	Brücken
planet-wissen.de	Brücken
Wikipedia	Brücke Geschichte des Brückenbaus
Alpine Konzern	Leistungsspektrum
DIN 1076	Ingenieurbauwerke im Zuge von Straßen und Wegen – Überwachung und Prüfung
DIN 53210	Rostgrad
DIN EN ISO 12944	Korrosionsschutz
WTA	Merkblatt 5-1-99/D Wartung von Betonbauwerken
WTA	Merkblatt 5-6-99/D Bauwerksdiagnose
WTA	Merkblatt 5-7-99/D Prüfen und Warten von Betonbauwerken
WTA	Merkblatt 5-8-93-D Schutz u. Instandsetzung von Beton
WTA	Merkblatt 5-15-03/D Schutz und Instandsetzung von Beton
WTA	Schriftenreihe Heft 5 Injizieren von Rissen
	Prof. Dr. Folker H. Wittmann
StrWG	Straßen-Wege-Gesetz der jeweiligen Bundesländer