Merkblätter

DEUTSCHER BETON- UND BAUTECHNIK-VEREIN E.V.

Bautechnik

Anwendung zerstörungsfreier Prüfverfahren im Bauwesen
Non-Destructive Testing Methods in Civil Engineering

Fassung Januar 2014



Bau
Kompetenz
im Dialog

DEUTSCHER BETON- UND
BAUTECHNIK-VEREIN E.V.

DBV-Merkblatt „Anwendung zerstörungsfreier Prüfverfahren im Bauwesen“
Fassung Januar 2014

© Deutscher Beton- und Bautechnik-Verein E.V., Berlin 2014
Redaktion: Dipl.-Ing. Heinrich Bastert

Deutscher Beton- und Bautechnik-Verein E.V.
Kurfürstenstraße 129
10785 Berlin
info@betonverein.de
www.betonverein.de

Verlag: Eigenverlag
Druck: Druckerei Chmielorz GmbH, 65205 Wiesbaden

Titelbild: Spanngliedortung an einer Brücke mittels Radarverfahren
Quelle: Bilfinger Construction GmbH, Mannheim

Alle Rechte, insbesondere die der Übersetzung in andere Sprachen, vorbehalten. Kein Teil dieser Schrift darf ohne schriftliche Genehmigung des DBV in irgendeiner Form – durch Fotokopie, Mikrofilm oder irgendein anderes Verfahren – reproduziert oder in eine von Maschinen, insbesondere von Datenverarbeitungsmaschinen, verwendbare Sprache übertragen oder übersetzt werden.

Die Wiedergabe von Markennamen, Handelsbezeichnungen oder sonstigen Kennzeichen in dieser Schrift berechtigt nicht zu der Annahme, dass diese von jedermann frei benutzt werden dürfen. Vielmehr kann es sich auch dann um eingetragene Warenzeichen oder sonstige gesetzlich geschützte Kennzeichen handeln, wenn sie als solche nicht eigens markiert sind.

Inhaltsverzeichnis

Seite

Abstract 5
Vorbemerkung 5
1 Einleitung 7
1.1 Allgemeine Grundlagen 7
1.2 Begriffe und Abkürzungen 8
1.3 Kurzbeschreibung der Prüfverfahren 11
1.3.1 Gliederung der ZfPBau-Verfahren 11
1.3.2 Mechanisch angeregte Verfahren 11
1.3.2.1 Rückprallhammer 11
1.3.2.2 Ultraschall 12
1.3.2.3 Impakt-Echo 15
1.3.2.4 Low-Strain-Verfahren („Hammerschlag-Methode“) 16
1.3.3 Elektrische und elektromagnetische Verfahren 19
1.3.3.1 Radar 19
1.3.3.2 Infrarot-Thermografie 21
1.3.3.3 Radiografie (Durchstrahlungsprüfung) 23
1.3.4 Magnetische Verfahren 24
1.3.4.1 Magnetisches Gleichfeld 24
1.3.4.2 Magnetisches Wechselfeldverfahren 26
1.3.4.3 Remanenzmagnetismusverfahren oder magnetische Streufeldmessung 29
1.3.5 Chemische bzw. elektrochemische Verfahren (Potentialfeldmessung) . . 29
1.3.6 Endoskopie 31
2 Prüfaufgaben 33
2.1 Material-/Baustoffeigenschaften 33
2.1.1 Druckfestigkeit am Bauteil 33
2.1.2 Feuchte 35
2.2 Struktur-/Bauteiluntersuchungen 38
2.2.1 Bauteildicke 38
2.2.2 Bewehrungsortung 44
2.2.3 Betondeckung 47
2.2.4 Bewehrungsgehalt 50
2.2.5 Bewehrungskorrosion 52
2.2.6 Ortung von Einbauteilen 56
2.2.7 Ortung von Hohlstellen und Gefügestörungen 58
2.2.8 Risse 60
3 Bauartbedingte Prüfungen 62
3.1 Spannbetonbauteile 62
3.1.1 Ortung von Hüllrohren 62
3.1.2 Spannstahlbruchortung 64
3.1.3 Verpresszustand Hüllrohre 68
3.1.4 Vorspannkraft (Seile, externe Spannglieder) 70

3.2 Verkehrsflächen 74
3.2.1 Lagebestimmung von Dübeln (Betonfahrbahnen und -freiflächen) 74
3.2.2 Dickenbestimmung von Fahrbahndecken (Beton und Asphalt) 77
3.2.3 Schichtenaufbauten von Fahrbahndecken (Asphalt) 78
3.3 Gründungen 80
3.3.1 Ortung von Fundamenten 80
3.3.2 Pfahlgründungen 81
3.4 Tunnelbau (Tunnelinnenschalen, Tunnelscanner) 84
3.5 Elementwände (Hohlstellen, Fugenbleche, Zulagebewehrung) 87
3.6 Bauen im Bestand 89
3.6.1 Deckenaufbauten (Tragelemente, Bewehrungsortung, Bauteil-/Schichtdicken) 89
3.6.2 Experimentelle Tragsicherheitsbewertungen (Probebelastungen) 91
3.6.3 Mauerwerk 97
4 Hinweise zur Ausschreibung 100
5 Hinweise zur Personalqualifikation 104
Schrifttum 106

Merkblatt

Anwendung zerstörungsfreier Prüfverfahren im Bauwesen

Non-Destructive Testing Methods in Civil Engineering

Fassung Januar 2014

Abstract

This Guide to Good Practice gives an overview on non-destructive testing (NDT) methods as applied to civil engineering from the point of view of the required inspection or test task. The bases of NDT methods are briefly described without particular reference to physical principles. The alternatives to as well as the limitations of using non-destructive testing methods for assessing structures are addressed in the explanation of suitable testing methods for special inspections.

Vorbemerkung

Das vorliegende Merkblatt wurde erstellt vom DBV-Arbeitskreis „Anwendung zerstörungsfreier Prüfverfahren im Bauwesen“[1] (ZfPBau). Aufgezeigt werden die Möglichkeiten und Grenzen der Anwendung zerstörungsfreier Prüfverfahren aus dem Blickwinkel konkreter Prüfaufgaben im Beton- und Stahlbetonbau sowie angrenzender Konstruktionsweisen, wie z. B. Mauerwerksbau oder Asphaltfahrbahnen.

Ausgehend von einer konkreten Prüfaufgabe wird ein geeignetes zerstörungsfreies Prüfverfahren genannt und dessen Anwendung beschrieben. Ergänzend hierzu werden alternative Verfahren sowie ggf. Verfahrenskombinationen aufgezeigt. Weiterhin wird Aufschluss darüber gegeben, welche Verfahren sich in der Praxis bereits bewährt haben und bei welchen ggf. noch Forschungsbedarf besteht. Der Leser erhält Informationen zu Anwendungsmöglichkeiten, Anforderungen und Grenzen beim Einsatz der Prüfverfahren.

Die Beschreibung der Prüfverfahren im Abschnitt 1 ist bewusst kurz gehalten und enthält neben einer Kurzvorstellung der grundsätzlichen Prinzipien Verweise auf die einschlägige Fachliteratur zu den Verfahrenstechnologien, z. B. die

[1] Arbeitskreismitglieder: Dipl.-Ing. (FH) *Willmes* (Obmann, Bilfinger Construction GmbH), Dipl.-Ing. *Bastert* (Deutscher Beton- und Bautechnik-Verein E.V.); Dipl.-Ing. *Ebsen* (HOCHTIEF ENGINEERING GmbH); Prof. Dipl.-Ing. *Flohrer* (HOCHTIEF ENGINEERING GmbH); Dipl.-Ing. *Friese* (Bundesanstalt für Straßenwesen – BASt); Dr.-Ing. *Hasenstab* (Ing.-Büro Dr. Hasenstab GmbH); Dipl.-Ing. *Hecht* (Max Bögl Bauunternehmung GmbH & Co. KG); Dr.-Ing. *Sodeikat* (Ing.-Büro Schießl · Gehlen · Sodeikat GmbH); Prof. Dr.-Ing. *Taffe* (Hochschule für Technik und Wirtschaft Berlin HTW); Dr.-Ing. *Weise* (Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung, BAM); Dipl.-Ing. *Wilhelm* (BORAPA Ingenieurgesellschaft mbH).

Merkblätter der Deutschen Gesellschaft für Zerstörungsfreie Prüfung e. V. (DGZfP, [R1] – [R9] mit Erläuterungen und Kurzfassung der Inhalte in [1]) oder das Kompendium „Zerstörungsfreie Prüfverfahren“ der Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM) [2]. Eingehender betrachtet werden im vorliegenden Merkblatt dagegen die in der Praxis häufig auftretenden Prüfaufgaben, gegliedert in Material- und Baustoffeigenschaften sowie Struktur- und Bauteiluntersuchungen. Ein weiteres Kapitel widmet sich den bauartbedingten Prüfungen. In den Kapiteln 4 und 5 werden Hinweise zur Ausschreibung zerstörungsfreier Prüfverfahren sowie zur Ausbildung und Personalqualifikation und wie diese nachzuweisen bzw. zu erlangen sind, gegeben. An dieser Stelle sei vorsorglich darauf hingewiesen, dass für eine sichere und fehlerfreie Auswahl und Anwendung von ZfPBau-Verfahren die Lektüre dieses Merkblatts allein nicht ausreicht.

Hinsichtlich der in diesem Merkblatt nicht enthaltenen Baustoffe und Bauweisen, wie z. B. Holzbau, Stahlbau und Baugrunduntersuchungen sowie Inhalte der aktuellen Forschung und Entwicklung wird auf die diesbezügliche Fachliteratur verwiesen ([4]–[7]). Der Themenbereich „Bauwerksmonitoring“ wird aufgrund seiner Komplexität ebenfalls nicht näher behandelt. Hierzu wird auf entsprechende Literatur, z. B. [8] verwiesen. Weiterhin entfallen die „Spektroskopischen Verfahren“, da sie als Laborverfahren dem DAfStb-Heft 422 [422] zuzuordnen sind; sie werden mit aktuellem Stand in [3] und [6] beschrieben.

Das Herzstück dieses Merkblatts bilden die Abschnitte des Kapitels 2 „Prüfaufgaben“. Nach einer Beschreibung der jeweiligen Prüfaufgabe und des Untersuchungszieles folgen Hinweise zum Einsatz geeigneter Verfahren und Geräte sowie zum üblicherweise erforderlichen Aufwand bei deren Anwendung. Vorgestellt werden die Grundzüge der Messdurchführung und damit erreichbare typische Ergebnisse, deren Interpretation und geeignete Formen zu deren Dokumentation. Es wird verdeutlicht, welche Einflussgrößen bei der Verfahrensanwendung zu beachten sind, wo Fehlerquellen und Anwendungsgrenzen liegen und welche Verfahren sich in der Praxis bewährt haben. Die daraus ableitbaren Schlussfolgerungen sollen dem Anwender Hilfestellung für die sinnvolle und wirtschaftliche Auswahl und Kombination der gängigen Verfahren geben.

Am Ende dieses Merkblattes befindet sich eine Zusammenstellung des Schrifttums, die in die Kapitel „Normen und Regelwerke“ und „Weitere Literatur“ unterteilt ist. Letzteres enthält am Beginn der Liste Literaturstellen, die sich als Standardliteratur etabliert haben und darüber hinaus Verweise auf Fachartikel, die vertieftes Wissen vermitteln oder weitergehende Anwendungen beschreiben. Die überschaubare Anzahl von DIN-Normen im Bereich der ZfPBau-Verfahren umfasst primär die Ermittlung der Betondruckfestigkeit mit dem Rückprallhammer ([R10] und [R11]). In den vergangenen Jahren hat die Anwendung von ZfPBau-Verfahren zunehmend Eingang in Richtlinien ([R16] in Verbindung mit [R17], [R18] und [R19]) und andere Merkblätter ([R12]) gefunden, die den

Einsatz von ZfPBau-Verfahren fordern, deren Anwendung aber nicht beschreiben. Das Schließen dieser Lücke zwischen Forderung und praxisgerechtem Einsatz von ZfPBau-Verfahren ist eines der Ziele dieses Merkblattes. Einen Überblick mit den aktuellen Regelwerken der Bauwerksdiagnostik gibt [1]. Von Bedeutung sind die Hefte der Schriftenreihe des Deutschen Ausschusses für Stahlbeton e. V. (DAfStb), die Erläuterungen zu nicht genormten Verfahren [422] geben und den Sachstand zur Anwendung von ZfPBau-Verfahren vermitteln [565]. Neben der Anwendung einzelner Verfahren sind auch mögliche Messunsicherheiten und die Zuverlässigkeit beim Auffinden von Objekten bzw. Einbauteilen etc. von Bedeutung. Diese Themen werden in diesem Merkblatt nur angeschnitten und in [574] und [603] detailliert behandelt.

Es wird gebeten, Erfahrungen bei der Anwendung dieses Merkblatts und Anregungen dem Deutschen Beton- und Bautechnik-Verein E. V., Postfach 11 05 12, 10835 Berlin, info@betonverein.de, mitzuteilen.

1 Einleitung

1.1 Allgemeine Grundlagen

Wie in [1] ausgeführt und nachfolgend in nahezu gleichem Wortlaut wiedergegeben, ist die zerstörungsfreie Prüfung im Bauwesen (ZfPBau) als Teildisziplin aus der zerstörungsfreien Materialprüfung (ZfP) hervorgegangen. Die Entwicklung der heutigen ZfPBau-Verfahren aus klassischen ZfP-Verfahren ist eng an die Entwicklung neuer Bauweisen (z. B. Spannbeton) und damit auftretende Schwachstellen bzw. Schäden (z. B. Spanndrahtbrüche, durch Tausalz verursachte Lochkorrosion) verbunden. [574] weist im Anhang eine detaillierte Beschreibung dieser Entwicklung auf. Ausgangspunkt für die Einteilung und Gliederung der Verfahren ist die Definition des Begriffs zerstörungsfreie Prüfung aus [9]:

„Technischer Vorgang zur Bestimmung eines oder mehrerer vorgegebener Qualitäts-Kennwerte eines Werkstoffes oder Erzeugnisses gemäß vorgeschriebener Verfahrensweise, wobei die genutzte Energie in Wechselwirkung mit den Material-Kennwerten tritt, ohne dass dadurch das Gebrauchsverhalten (Beanspruchungsart, -größe und -dauer) unzumutbar beeinträchtigt wird."

Demnach ist die Bezeichnung eines Verfahrens als „zerstörungsfrei" relativ in Bezug auf das Gebrauchsverhalten. Inwieweit das Gebrauchsverhalten beeinträchtigt werden darf, ergibt sich aus technischen Vorgaben oder den Vorgaben des Kunden. Für das Bauwesen sind Rückprallhammeruntersuchungen mit kleinen Dellen an der Betonoberfläche und Potentialfeldmessungen, wo an einer Stelle die Bewehrung freigelegt wird, zu Recht als zerstörungsfrei zu bezeichnen. Der Wesensgehalt der zerstörungsfreien Prüfung nach der oben zitierten Definition liegt allerdings in der Wechselwirkung von eingetragener Energie und Materialkennwerten, die direkt gemessen oder aus Messungen abgeleitet werden. Daher wird in [574] eine Gliederung der ZfPBau-Verfahren