

Regelwerke in der Bauwerksdiagnose

Alexander TAFFE *

* HTW - Hochschule für Technik und Wirtschaft Berlin, Berlin

Kurzfassung. Die Bauwerksdiagnose umfasst die gesamte Bandbreite von Untersuchungsverfahren zur Ermittlung des Ist-Zustands von Bauwerken. Während die konventionellen meist zerstörenden Verfahren geregelt sind, ist bei zerstörungsfreien Prüfverfahren im Bauwesen (ZfPBau-Verfahren) ein geringer Regelungsgrad festzustellen. Daher konzentriert sich dieser Beitrag auf Regelwerke von ZfPBau-Verfahren. Neben den wenigen Normen wird auf Vorschriften, Merkblätter und Fachliteratur eingegangen, die einen gesicherten Kenntnisstand der Verfahren vermitteln. Darüber hinaus werden Regelwerke genannt, die die Anwendung von ZfPBau-Verfahren fordern und Hilfsmittel, wie geeignete Verfahren ausgewählt werden können.

1 Regelung von Verfahren zur Bauwerksdiagnose und ZfPBau-Verfahren

Die Bauwerksdiagnose umfasst die gesamte Bandbreite von Untersuchungsverfahren zur Ermittlung des Ist-Zustands von Bauwerken. Während die konventionellen meist zerstörenden Verfahren geregelt sind, ist bei zerstörungsfreien Prüfverfahren im Bauwesen (ZfPBau-Verfahren) ein deutlich geringer Regelungsgrad festzustellen. In [1] ist eine Übersicht der Regelwerke zur Bauwerksdiagnose zusammengetragen, die sowohl die zerstörenden als auch die zerstörungsfreien Prüfverfahren im Bauwesen (ZfPBau) zusammenfasst. Dieser Beitrag hier konzentriert sich auf die aktuellen Regelwerke der ZfPBau-Verfahren.

Grundsätzlich ist zwischen Regelwerken zu unterscheiden, die die Anwendung von ZfPBau-Verfahren *fordern* und Regelwerken, die die korrekte Anwendung von Verfahren *beschreiben*. Letztere sind bei ZfPBau-Verfahren nur in vereinzelten Gebieten des Bauingenieurwesens anzutreffen. Insbesondere Normen sind kaum vorhanden (siehe dazu Kap. 2). Besonders bei der Regelwerken, die die Anwendung von ZfPBau-Verfahren fordern, ist in den letzten Jahren eine deutliche Zunahme zu verzeichnen; insbesondere bei den Regelwerken zur wiederkehrenden Bauwerksprüfung (siehe dazu Kap. 3). Allerdings finden sich kaum Hinweise, welche Prüfverfahren bei einer konkreten Prüfaufgabe anzuwenden sind. Diese Lücke füllen Merkblätter, Schriftenreihen (siehe Kap. 4) und Standardliteratur (Kap. 5).

2 Normen

In Deutschland sind im Vergleich zu anderen Ländern wie USA, Großbritannien oder Frankreich nur wenige ZfPBau-Verfahren genormt. Nach der mehrere Jahrzehnte gültigen DIN 1048 (Teil 2: Durchführung der Rückprallhammerprüfung; Teil 4: Bestimmung der Druckfestigkeit) ist die Bestimmung der Rückprallzahl in der DIN EN 12504-2 [2]



festgelegt. Das neu entwickelte Prinzip der Geschwindigkeitsdifferenzmessung zur Bestimmung des Q-Werts wird erstmals in der derzeit gültigen Ausgabe von 12/2012 genannt.

Die Auswertung der Rückprallwerte ist in der DIN EN 13791 *Bewertung der Druckfestigkeit von Beton in Bauwerken oder in Bauwerksteilen* [3] geregelt. Dabei ist zu beachten, dass eine Festlegung einer Druckfestigkeitsklasse allein aus Rückprallwerten (Rückprallhammerprüfung ohne Korrelation mit der Bohrkernfestigkeit) nur Bestandteil der nationalen Anwendungsregeln von Deutschland ist. Darin ist die Festlegung von Druckfestigkeitsklassen allein aus Rückprallwerten auf Karbonatisierungstiefen von maximal 5 mm beschränkt. Dagegen sind die Kombinationen aus Rückprallwerten und Bohrkernfestigkeiten auch europäisch gültig.

3 Vorschriften

Die zunehmende Bedeutung von ZfPBau-Verfahren zur Zustandsermittlung und Schadensdiagnose spiegelt sich in der Erwähnung dieser Verfahren in den relativ neuen **Vorschriften zur wiederkehrenden Bauwerksprüfung** wider. Eine Kurzübersicht dieser Vorschriften gibt [1]. Sowohl die *VDI-Richtlinie 6200 (Standicherheit von Bauwerken – Regelmäßige Überprüfung)* [4] als auch die *RÜV (Richtlinie für die Überwachung der Verkehrssicherheit von baulichen Anlagen des Bundes)* [5] erwähnen die Notwendigkeit der Anwendung zerstörungsfreier Prüfverfahren, ohne jedoch konkrete Angaben zur Anwendung der Verfahren zu machen. Bei der Auswahl geeigneter Verfahren ist der Prüfer auf Merkblätter und Standardliteratur angewiesen (siehe Kap. 0 und 0).

In der *DIN 1076 zur Überwachung und Prüfung von Ingenieurbauwerken im Zuge von Straßen und Wegen* [6] werden ZfPBau-Verfahren indirekt bei der handnahen Prüfung im Zuge einer Hauptprüfung erwähnt, wonach bei „bei bedenklichen Zustand des Betons ... Druckfestigkeit, Betondeckung ... festzustellen [sind]“. Im Fall von Schäden, deren Ursache und deren Umfang bei einer handnahen Prüfung nicht zu klären sind, folgt eine *Objektbezogene Schadensanalyse (OSA)*, deren Vorgehensweise im zugehörigen *Leitfaden* geregelt ist [7]. Der Leitfaden enthält Hinweise auf zerstörungsfreie und zerstörungsarme Prüfverfahren, die im ZfPBau-Kompendium der BAM zusammengefasst sind [8] (vgl. Kap. 0). Zusätzlich wird auf die Merkblätter der DGZfP (Kap. 0) verwiesen, die für einige der im Kompendium aufgelisteten Verfahren existieren. Diese Untersuchungsmethoden kann der Bauwerksprüfer jedoch nur dann vorschlagen, wenn er über das nötige Detailwissen der ZfPBau verfügt. Daher enthält der Leitfaden auch einen Verweis auf einen Verfahrenskatalog [9], der die Verknüpfung von Schäden am Bauwerk und - sofern technisch möglich und sinnvoll - eine Auswahl von zerstörungsfreien und zerstörungsfreien Prüfverfahren aus dem ZfPBau-Kompendium der BAM herstellt. Die Liste der Bauwerksschäden ist nach den Kriterien der RI-EBW-PRÜF [10] angeordnet und umfasst die gesamte Liste des Anhangs mit über 1.400 Schadensbeispielen. Dieser Katalog liegt als CD-ROM vor und ist beispielsweise auf der CD-ROM des Programms *SIB-Bauwerke* als Tool beigefügt. Damit gibt der *OSA-Leitfaden* nicht nur organisatorische und strategische Hinweise zu weitergehenden Untersuchungen, sondern benennt auch Quellen mit Informationen zu diesen Verfahren.

Darüber hinaus sei noch auf die *DS 804 (Vorschrift für Eisenbahnbrücken und sonstige Ingenieurbauwerke)* [11] für die wiederkehrende Prüfung von Bauwerken der Deutschen Bahn hingewiesen.

Neben den Vorschriften zur wiederkehrenden Bauwerksprüfung gibt es weitere **Vorschriften** aus ganz unterschiedlichen Bereichen des Bauingenieurwesens, in denen

konkrete ZfPBau-Verfahren und die Auswertung der Ergebnisse umfassend beschrieben werden. Dazu zählen:

- **RI-ZFP-TU** als Teil der ZTV-ING [12]: Einsatz von Ultraschall und Impakt-Echo zur Detektion von Minderdicken in Tunnelinnenschalen
- **EA-Pfähle** der DGGT [13]: Pfahlintegritätsprüfung (Low-Strain Verfahren), Durchschallung von Betonpfählen (Single- und Cross-Hole) und Parallel-Seismic
- **ZTV Beton-Stb 07** [14]: Bestimmung der Dübellege in Betonfahrbahnen mit Wirbelstrom und Georadar

Bislang einzigartig ist bei der *RI-ZFP-TU* die geforderte Qualifikation durch personengebundene Anerkennung der Geräte und Verfahren. Zur Anerkennung muss der Betreffende Messungen an einem durch die Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt) bereitgestellten Probekörper durchführen und durch „anschließende Auswertung und Dokumentation ... die Funktionsfähigkeit des einzusetzenden Geräts, die Interpretation der Messergebnisse sowie die zur Auswertung erforderlichen Arbeitsschritte im Detail darstellen.“ Das Anerkennungsverfahren muss nach fünf Jahren wiederholt werden. Mit der Durchführung der Prüfungen dürfen nur durch die BASt anerkannte Firmen beauftragt werden, deren Anerkennung an die zertifizierten Personen gebunden ist.

4 Merkblätter und Schriftenreihen

Von großer Praxisrelevanz haben sich die **Merkblätter der DGZfP** (Deutsche Gesellschaft für zerstörungsfreie Prüfung) erwiesen. Dort ist der aus Wissenschaft und Technik gesicherte Wissensstand für die Verfahren gemäß Tab. 1 angegeben. Eine Kurzübersicht der Inhalte der Merkblätter gibt [1].

Tabelle 1: Alle derzeit von der DGZfP verbreiteten Merkblätter der B-Reihe (Stand: Anfang 2014)

Merkblatt Nr.:	Titel
B02	Merkblatt zur zerstörungsfreien Betondeckungsmessung und Bewehrungsortung an Stahl- und Spannbetonbauteilen (2014)
B03	Merkblatt für Elektrochemische Potentialmessungen zur Detektion von Bewehrungsstahlkorrosion (2014)
B04	Merkblatt für das Ultraschall-Impuls-Verfahren zur Zerstörungsfreien Prüfung mineralischer Baustoffe und Bauteile (1999) – Derzeit in Überarbeitung
B05	Merkblatt über das aktive Thermographieverfahren zur Zerstörungsfreien Prüfung im Bauwesen (2013)
B06	Merkblatt über die Sichtprüfung und Endoskopie als optische Verfahren zur Zerstörungsfreien Prüfung im Bauwesen (1996)
B08	Merkblatt Seismische Baugrunderkundung (2013)
B10	Merkblatt über das Radarverfahren zur Zerstörungsfreien Prüfung im Bauwesen (2008)
B11	Merkblatt über die Anwendung des Impakt-Echo-Verfahrens zur Zerstörungsfreien Prüfung von Betonbauteilen (2011)

Daneben gibt es noch weitere Schriftreihen mit verschiedenen Themen der ZfPBau: (Eine Kurzbeschreibung der Inhalte der nachfolgenden Schriften ist in [1] zu finden.)

- **Merkblätter des DBV** (Deutscher Beton- und Bautechnik Verein)
Betondeckung und Bewehrung nach EC2 (2011) [15]: Messen der Betondeckung am fertigen Bauteil und statistische Auswertung
Bauen im Bestand – Beton und Betonstahl (2008) [16]
Bauwerksbuch – Empfehlungen zur Sicherheit und Erhaltung von Gebäuden

(2007) [17]

Anwendung zerstörungsfreier Prüfverfahren (2014) [18]

- **Schriftenreihe des DAfStb** (Deutscher Ausschuss für Stahlbeton)
 - Heft 422 [19] : *Prüfung von Beton – Empfehlungen und Hinweise als Ergänzung zu DIN 1048* (1991)
 - Heft 565 [20]: *Zerstörungsfreie Prüfverfahren und Bauwerksdiagnose im Betonbau – Beiträge zur Fachtagung des DAfStb in Zusammenarbeit mit der BAM* (2006)
 - Heft 574 [21]: *Zur Validierung quantitativer zerstörungsfreier Prüfverfahren im Stahlbetonbau am Beispiel der Laufzeitmessung* (2008)
 - Heft 589 [22]: *Zerstörungsfreie Ortung von Gefügestörungen in Betonbodenplatten* (2010)
 - Heft 603 [23]: *Gütebewertung qualitativer Prüfaufgaben in der zerstörungsfreien Prüfung im Bauwesen am Beispiel des Impulsradarverfahrens* (2012)
- **Schriftenreihe der BAST** (Bundesanstalt für Straßenwesen)
 - B38 [24]: *Materialtechnische Untersuchung beim Abbruch der Talbrücke Haiger* (2003)
 - B48 [25]: *Scannende Prüfverfahren zur zerstörungsfreien Prüfung von Brückenbauwerken* (2006)
 - B54 [26]: *Nachweis des Erfolges von Injektionsmaßnahmen zur Mängelbeseitigung bei Minderdicken von Tunnelinnenschalen* (2007)
 - B55 [27]: *Überprüfung des Georadarverfahrens in Kombination mit magnetischen Verfahren zur Zustandsbewertung von Brückenfahrbahnplatten aus Beton mit Belagsaufbau* (2007)
 - B65[28]: *Zerstörungsfreie Untersuchungen am Brückenbauwerk A1 Hagen/Schwerte* (2009)

5 Standardliteratur

Wegen des geringen Normungsgrads und der wenigen Vorschriften spielt Fachliteratur bei der großen Bandbreite an ZfPBau-Verfahren eine wichtige Rolle. Dabei haben sich einige Standardwerke etabliert. Die nachfolgende Aufzählung fasst diese ohne Anspruch auf Vollständigkeit zusammen, wobei vorzugsweise deutschsprachige Literatur aufgeführt ist:

- **ZfPBau-Kompodium** [8]
Beschreibung von 115 zerstörungsfreien und zerstörungssarmen Verfahren mit einheitlicher Gliederung
- **Bauphysik-Kalender2004** [29]
Umfassende Dokumentation des Stands der Technik für verschiedene ZfPBau-Verfahren und Prüfaufgaben (Gebäudethermografie, aktive Thermografie, Radar, Ultraschallecho an Beton, Frischbeton und Holz, Impakt-Echo, Remanenzmagnetismus, magnetische Verfahren zur Bewehrungsortung, Potentialfeldmessung, LIBS, elektrische Verfahren zur Feuchtemessung, Wasserstoff-Kernspinresonanz bzw. NMR) mit Praxisbeispielen und Angaben zur Leistungsfähigkeit und Grenzen der Verfahren
- **Betonkalender2007** [30]
Umfangreiche Zusammenfassung der Arbeiten der Forschergruppe FOR 384 „Zerstörungsfreie Strukturbestimmung von Betonbauteilen mit akustischen und

elektromagnetischen Echo-Verfahren“ der Jahre 2001 bis 2006, die den Stand der Forschung darstellen

- **Bauphysik-Kalender2012** [31]:
Grundlagenartikel, der Schadensmechanismen an Beton und mögliche ZfPBau-Verfahren beschreibt; ZfP an Holz und Mauerwerk; Grundlagen und Anwendung der Bauthermografie; Regelwerke der Bauwerksdiagnostik [1]
- **Woodhead Publishing in Materials** [32] (in englischer Sprache)
Volume 1 beginnt bei den Schädigungsprozessen von Stahlbeton und beschreibt Standardprüfverfahren von der visuellen Prüfung über mikroskopische Untersuchungen bis hin zu Verfahren zur Bestimmung der Betonzusammensetzung. Volume 2 umfasst die zerstörungsfreien Prüfverfahren im Bauwesen. Beginnend mit einem Abschnitt über die Planung und Umsetzung von Untersuchungen mit ZfPBau-Verfahren folgt ein sehr umfangreicher Abschnitt mit Beschreibungen von Verfahren, Auswertungstechniken und Modellierung, der durch einen Abschnitt am Ende mit Fallstudien abgerundet wird.
- **Reliability and Limits of Single and Combined Techniques** [33]: (in englischer Sprache)
Dieser Sachstandsbericht fasst die Ergebnisse des RILEM TC 207 zur kombinierten Anwendung von ZfPBau-Verfahren und zur Datenfusion der Ergebnisse zusammen.
- **Fachzeitschriften**
In der Fachzeitschrift *Beton- und Stahlbetonbau* sind von 2004 bis 2013 viele Artikel zu verschiedenen ZfPBau-Verfahren und Prüfaufgaben erschienen, die teilweise aufeinander aufbauen. In geringerer Zahl sind solche Artikel auch in den Fachzeitschriften *Bautechnik* und *Der Bauingenieur* zu finden.
- **Fachtagungen**
Besonders umfangreich sind Beiträge zu den Fachtagungen der DGZfP (national: Jahrestagungen, DACH-Tagungen, Bauwerksdiagnose; international: NDT-CE), die entweder bei der DGZfP als CD-ROM erhältlich oder unter www.ndt.net zu finden sind.

6 Referenzen

- [1] Hillemeier, B. und A. Taffe: Aktuelle Regelwerke der Bauwerksdiagnostik, in: Fouad, N. A. (Hrsg.): *Bauphysik-Kalender 2012*; Berlin: Verlag Ernst & Sohn, Kapitel A3, S. 57-101
- [2] DIN EN 12504-2 Prüfung von Beton in Bauwerken - Teil 2: Zerstörungsfreie Prüfung; Bestimmung der Rückprallzahl; Deutsche Fassung EN 12504-2, Ausgabe:2012-12, Beuth Verlag, Berlin
- [3] DIN EN 13791 Bewertung der Druckfestigkeit von Beton in Bauwerken oder in Bauwerksteilen; Deutsche Fassung EN 13791:2007, Ausgabe:2008-05, Beuth Verlag, Berlin
- [4] VDI-Fachbereich Bautechnik: VDI-Richtlinie 6200: Standsicherheit von Bauwerken – Regelmäßige Überprüfung, Ausgabe 2010-02, VDI-Gesellschaft Bauen und Gebäudetechnik
- [5] Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS): Richtlinie für die Überwachung der Verkehrssicherheit von baulichen Anlagen des Bundes, RÜV, als Download unter www.bmvbs.de erhältlich
- [6] DIN 1076: Ingenieurbauwerke im Zuge von Straßen und Wegen, Überwachung und Prüfung, Ausgabe 1999-11, Beuth Verlag, Berlin
- [7] Bundesanstalt für Straßenwesen: Leitfaden Objektbezogene Schadensanalyse, als Download erhältlich unter www.bast.de unter Fachthemen / Objektbezogene Schadensanalyse bei Ingenieurbauwerken / Download des Leitfadens
- [8] Schickert, G., Krause, M. und H. Wiggenhauser: *ZfPBau-Kompodium*, Internetpräsenz: www.bam.de/zfpbau-kompodium.htm (2004)
- [9] Forschungsvorhaben FE 15.372/2002/HRB im Auftrag des BMVBW: Erarbeitung eines RI-EBW-PRÜF-kompatiblen Verfahrenskatalogs zur Anwendung im Rahmen der objektbezogenen

- Schadensanalyse bei der Erhaltungsplanung von Brücken- und Ingenieurbauwerken, Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung, Schlussbericht 2003, Verfahrenskatalog als lauffähiges Programm auf CD-ROM erhältlich
- [10] Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen, Abteilung Straßenbau: Richtlinie zur einheitlichen Erfassung, Bewertung, Aufzeichnung und Auswertung von Ergebnissen der Bauwerksprüfungen nach DIN 1076 (RI-EBW-PRÜF), Ausgabe 2013, als Download unter www.bast.de erhältlich
- [11] DS 804 – Vorschrift für Eisenbahnbrücken und sonstige Ingenieurbauwerke (VEI), Deutsche Bahn
- [12] Richtlinie für die Anwendung der zerstörungsfreien Prüfung von Tunnelinnenschalen (RI-ZFP-TU) Ausgabe 2007, ZTV-ING, Teil 5, Abschnitt 1, Anhang A
- [13] Deutsche Gesellschaft für Geotechnik e.V. (Hrsg.): EA-Pfähle –Empfehlungen des Arbeitskreises „Pfähle“. Berlin: Ernst und Sohn (2012)
- [14] Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für den Bau von Tragschichten mit hydraulischen Bindemitteln und Fahrbahndecken aus Beton – Ausgabe 2007, ZTV Beton-StB 07
- [15] Deutscher Beton- und Bautechnik-Verein; DBV-Merkblatt: Betondeckung und Bewehrung nach EC2, Eigenverlag, Berlin 2002 bzw. 2011
- [16] Deutscher Beton- und Bautechnik-Verein; DBV-Merkblatt: Bauen im Bestand – Beton und Betonstahl, Eigenverlag, Berlin 2008
- [17] Deutscher Beton- und Bautechnik-Verein; DBV-Merkblatt: Bauwerksbuch – Empfehlungen zur Sicherheit und Erhaltung von Gebäuden, Eigenverlag, Berlin 2007
- [18] Deutscher Beton- und Bautechnik-Verein; DBV-Merkblatt „Anwendung zerstörungsfreier Prüfverfahren“, Eigenverlag, Berlin 2014
- [19] Bunke, N.: Prüfung von Beton – Empfehlungen und Hinweise als Ergänzung zu DIN 1048; Schriftenreihe des DAfStb, Heft 422, Beuth-Verlag, Berlin 1991
- [20] Deutscher Ausschuss für Stahlbeton (Hrsg.): Zerstörungsfreie Prüfverfahren und Bauwerksdiagnose im Betonbau – Beiträge zur Fachtagung des DAfStb in Zusammenarbeit mit der BAM, 11.03.2005; Schriftenreihe des DAfStb, Heft 565, Beuth-Verlag, Berlin 2006
- [21] Taffe, A.: Zur Validierung quantitativer zerstörungsfreier Prüfverfahren im Stahlbetonbau am Beispiel der Laufzeitmessung. In: Schriftenreihe des Deutschen Ausschusses für Stahlbeton, Heft 574, Beuth Verlag, Berlin (2008), Dissertation
- [22] M. Fenchel, A. Gardei, M. Krause, C. Maierhofer, F. Mielentz, B. Milman, H. S. Müller, M. Röllig, H. Wiggenhauser, J. Wöstmann: Zerstörungsfreie Ortung von Gefügestörungen in Betonbodenplatten. In: Schriftenreihe des Deutschen Ausschusses für Stahlbeton, Heft 589, Beuth Verlag, Berlin (2010)
- [23] Feistkorn, S.: Gütebewertung qualitativer Prüfaufgaben in der zerstörungsfreien Prüfung im Bauwesen am Beispiel des Impulsradarverfahrens. In: Schriftenreihe des Deutschen Ausschusses für Stahlbeton, Heft 603, Beuth Verlag, Berlin (2012), Dissertation
- [24] Krause, M., Wiggenhauser, H. und J. Krieger: Materialtechnische Untersuchung beim Abbruch der Talbrücke Haiger - Durchführung von Ultraschall- und Impact-Echo-Messungen, Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen, Reihe Brücken- und Ingenieurbau, Heft B 38, NW-Verlag Bremerhaven, 2003
- [25] Holst, R., Streicher, D., Gardei, A., Kohl, C., Wöstmann, J., und H. Wiggenhauser: Scannende Verfahren zur zerstörungsfreien Prüfung von Brückenbauwerken, Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen, Reihe Brücken- und Ingenieurbau, Heft B 48, NW-Verlag Bremerhaven, 2006
- [26] Rath, E., Berthold, G. und H. Lähner: Nachweis des Erfolges von Injektionsmaßnahmen zur Mängelbeseitigung bei Minderdicken von Tunnelinnenschalen, Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen, Reihe Brücken- und Ingenieurbau, Heft B 54, NW-Verlag Bremerhaven, 2007
- [27] Krause, H.-J., Rath, E., Sawade, G. und F. Dumat: Überprüfung des Georadarverfahrens in Kombination mit magnetischen Verfahren zur Zustandsbewertung von Brückenfahrbahnplatten aus Beton mit Belagsaufbau, Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen, Reihe Brücken- und Ingenieurbau, Heft B 55, NW-Verlag Bremerhaven, 2007
- [28] Friese, M., Taffe, A., Wöstmann, J. und A. Zoëga: Zerstörungsfreie Untersuchungen am Brückenbauwerk A1 Hagen/Schwerte, Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen, Brücken- und Ingenieurbau Heft B 65, NW-Verlag Bremerhaven, 2009
- [29] Wiggenhauser, H. und A. Taffe: Zerstörungsfreie Prüfung im Bauwesen, in: Cziesielski, E. (Hrsg.); Bauphysik-Kalender 2004, Berlin: Ernst und Sohn (2004) Kap. C1, S. 305-418.
- [30] Reinhardt, H.-W.: Echo-Verfahren in der zerstörungsfreien Zustandsuntersuchung von Betonbauteilen in Bergmeister, K. (Hrsg.); BetonKalender 2007, Verkehrsbauten-Flächentragwerke. Berlin: Verlag Ernst & Sohn, Bd. 1, Kapitel V, S. 479-598
- [31] Fouad, N. A. (Hrsg.): Bauphysik-Kalender 2012, Gebäuediagnostik; Berlin: Verlag Ernst & Sohn, Kapitel A bis C, S. 1-442

- [32] Maierhofer, Ch., Reinhardt, H.-W. and G. Dobmann (eds.); Non-destructive evaluation of reinforced concrete structures, Volume 1 and 2, Woodhead Publishing Limited, Cambridge 2010
- [33] Breyse, D. (Hrsg.): Non-Destructive Assessment of Concrete Structures: Reliability and Limits of Single and Combined Techniques; State-of-the-Art Report on RILEM Technical Committee 207-INR. Springer 2012