

# Ausbildung zum ZfPBau-Experten – Entwicklungen der letzten Jahre

Alexander TAFFE<sup>1</sup>, Sascha FEISTKORN<sup>2</sup>, Christoph DAUBERSCHMIDT<sup>3</sup>

<sup>1</sup> HTW - Hochschule für Technik und Wirtschaft Berlin, Berlin

<sup>2</sup> SVTI - Schweizerischer Verein für technische Inspektionen,  
Nuklearinspektorat, Wallisellen, Schweiz

<sup>3</sup> Hochschule München, München

**Kurzfassung.** Klassische zerstörungsfreie Prüfverfahren sind seit Jahrzehnten fester Bestandteil industrieller Bereiche wie Luftfahrt, Automotive, Eisenbahn und Kraftwerke. Ein hoher Normungsgrad der Verfahren und Ausbildungsstandards in Form einer ISO-Norm liegen vor. Bei der zerstörungsfreien Prüfung im Bauwesen (ZfPBau) ist das anders. Bis auf den Rückprallhammer sind ZfPBau-Verfahren nicht genormt. Auch zur Personalqualifikation finden sich in Regelwerken nur sehr wenige Anforderungen, obwohl es offensichtlich ist, dass dies eine unverzichtbare Voraussetzung für die richtige Anwendung der Verfahren und zuverlässige Prüfaussagen ist. In diesem Beitrag werden Erfahrungen mit einem Ausbildungskonzept vorgestellt, bei dem Bauwerksprüfer nach DIN 1076 in einem zweitägigen Lehrgang ausgebildet werden. Dabei werden die notwendigen Voraussetzungen heraus gearbeitet, wie z.B. die Erstellung von geeigneten Testkörpern oder die Festlegung notwendiger Kursinhalte, die zum Etablieren von Ausbildungskursen erforderlich sind.

## 1. Entwicklung von Ausbildungsinhalten in der ZfPBau

Bei der Anwendung von klassischen ZfP-Verfahren in den Bereichen Luftfahrt, Automotive, Eisenbahn und Kraftwerke usw. ist es selbstverständlich, dass Prüfungen nur von entsprechend ausgebildetem und zertifiziertem Personal ausgeführt werden. Ausschließlich Prüfer, die auf der Basis der DIN EN ISO 9712

- über eine entsprechende Berufsausbildung verfügen,
- eine Ausbildung der Stufen 1, 2 oder 3 absolviert haben
- und über die (je nach Stufe) geforderte Erfahrungszeit verfügen,

dürfen (je nach Stufe) Prüfungen durchführen, Ergebnisse bewerten bzw. Prüfverfahren und deren Durchführung in einer Prüfanweisung festlegen. Dies geht Hand in Hand mit einem hohen Normungsgrad der Verfahren Ultraschall (UT), Durchstrahlungsprüfung (RT), Wirbelstrom (ET) usw., so dass die Inhalte von Lehrgängen dadurch feststehen. Unabhängige Körperschaften wie z. B. die DGZfP oder Sector Cert bieten Ausbildungskurse an, die die Anforderungen der ISO-Norm erfüllen.

Im Bereich der zerstörungsfreien Prüfung im Bauwesen (ZfPBau) ist der Normungsgrad deutlich geringer ausgeprägt. Lediglich die Anwendung des Rückprallhammers und die Messung der Ultraschalllaufzeit nach DIN EN 12504-2 bzw. 12504-4 sind normativ geregelt. Zwar wird auch in einigen Regelwerken, wie z. B. der RI-ZFP-TU [1], der VDI6200 [2], der RÜV [3], dem OSA-Leitfaden [4] u.a., der Einsatz von

ZfPBau-Verfahren gefordert, deren Anwendung aber nicht näher beschrieben. Eine Zusammenstellung der Regelwerke ist in [5] veröffentlicht. Mittlerweile gibt es geeignete Zusammenstellungen, die die Grundlagen der Verfahren und deren Anwendung praxistauglich erklären [6], [7].

Den detailliertesten Aufschluss über ZfPBau-Verfahren geben die Merkblätter B02 bis B11 der Schriftenreihe der DGZfP, die den aktuellen Stand der Forschung und Anwendung wiedergeben und als Vorlage für mögliche Normen dienen könnten. Die Zusammenstellung unter [www.dgzfp.de](http://www.dgzfp.de) unter dem Stichwort Publikationen / DGZfP-Regelwerke gibt mit Stand Januar 2016 folgende Merkblätter wieder:

- B02: Merkblatt zur zerstörungsfreien Betondeckungsmessung und Bewehrungsart an Stahl- und Spannbetonbauteilen; April 2014, 54 S.
- B03: Merkblatt für Elektrochemische Potentialmessungen zur Detektion von Bewehrungsstahlkorrosion; April 2014, 21 S.
- B03 E: Electrochemical Half-Cell Potential Measurements for the Detection of Reinforcement Corrosion; April 2014, 21 p.
- B04: Merkblatt für das Ultraschall-Impuls-Verfahren zur Zerstörungsfreien Prüfung mineralischer Baustoffe und Bauteile; Mai 1999, überarbeitete Auflage, 20 S. (veraltet)
- B05: Merkblatt über das aktive Thermographieverfahren zur Zerstörungsfreien Prüfung im Bauwesen; April 2013, 36 S.
- B06: Merkblatt über die Sichtprüfung und Endoskopie als optische Verfahren zur Zerstörungsfreien Prüfung im Bauwesen; Januar 1996, 7 S.
- B08: Merkblatt Seismische Baugrunderkundung; August 2013, 40 S.
- B08 E: Specification Seismic Methods for Site Characterization; August 2013, 40 S.
- B10: Merkblatt über das Radarverfahren zur Zerstörungsfreien Prüfung im Bauwesen; Februar 2008, überarbeitete Fassung, 41 S.
- B11: Merkblatt über die Anwendung des Impakt-Echo-Verfahrens zur Zerstörungsfreien Prüfung von Betonbauteilen; März 2011, 39 S.

Die Merkblätter sind sowohl in gedruckter Form als auch als pdf-Dateien erhältlich. Weitere Merkblätter sind in Arbeit, z. B. zu den Themen Feuchtemessung und Korrosionsmonitoring. Die Überarbeitung des veralteten Ultraschallmerkblatts B4 ist kurz vor dem Abschluss. Diese Merkblätter sind der wesentliche Teil der Arbeit des DGZfP-Fachausschusses „ZfP im Bauwesen“ (FA ZfPBau), der seit 1987 besteht.

Der Inhalt der oben genannten Merkblätter floss auch in den von BASt und Verkehrsministerium im Jahr 2011 initiierten Ausbildungslehrgang für Bauwerksprüfer ein. Eine Expertengruppe mit Vertretern aus dem FA ZfPBau, von Hochschulen, Ingenieurbüros, Vertretern der Landesstraßenverwaltungen und der Ausbildungsstätten war in die Konzipierung des Lehrgangs eingebunden, der im November 2011 zum ersten Mal an der BASt als Pilotlehrgang abgehalten wurde. Die weiteren Kurse wurden von einer Kernmannschaft der drei Autoren dieses Beitrags und weiteren Experten der BAM, der Deutschen Bahn und Ingenieurbüros gehalten.

## **2. ZfPBau-Grundmodul des VFIB**

### *2.1 Inhalte*

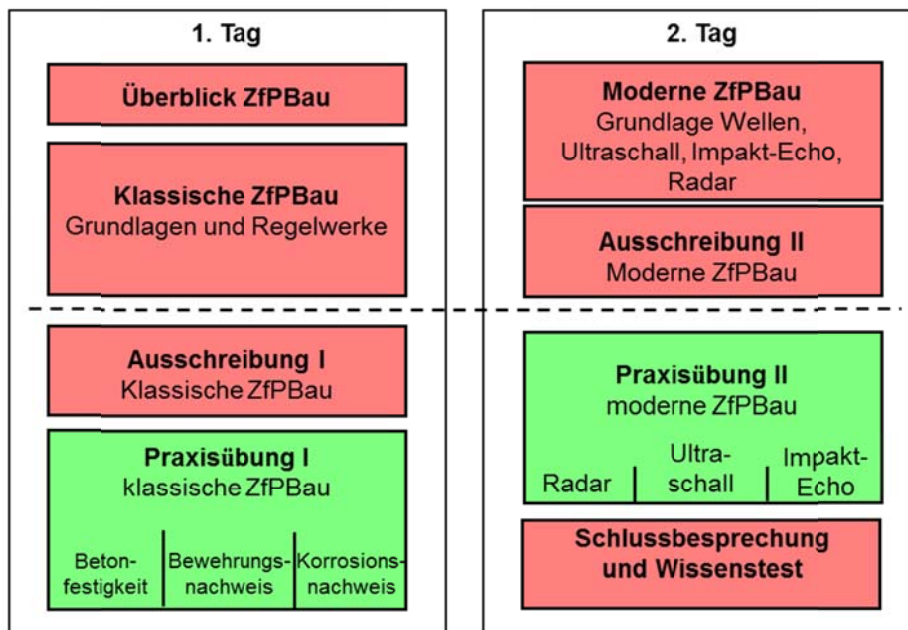
Bislang gibt es den zweitägigen Ausbildungslehrgang („ZfPBau-Grundmodul“), der unter folgenden Bezeichnungen angeboten wird:

- „Lehrgang Zerstörungsfreie Prüfverfahren für Ingenieure der Bauwerksprüfung nach DIN 1076“
- „Moderne Prüfverfahren in der Bauwerkdiagnose“

Es handelt sich dabei um einen Wahlpflichtlehrgang zur Zertifikatsverlängerung der zertifizierten Bauwerksprüfer nach DIN 1076 und wird bei folgenden Ausbildungsstätten angeboten:

- Bauakademie Hessen und Thüringen am Lehrbauhof Lauterbach (Hessen),
- Bayerische Bauakademie in Feuchtwangen,
- Ingenieurkammer Sachsen an der HTW in Berlin.

Bei diesen Lehrgängen überwacht der VFIB (Verein zur Förderung der Qualitätssicherung und Zertifizierung der Aus- und Fortbildung von Ingenieurinnen/Ingenieuren der Bauwerksprüfung) die Einhaltung der Ausbildungsstandards bezüglich der Lehrinhalte, der fachlichen und pädagogischen Eignung der Referenten, die Ausstattung der Ausbildungsstätten hinsichtlich Geräte und Testkörper. Der VFIB listet auch die Termine der angebotenen Lehrgänge auf seiner Website [8].



**Abb. 1.** Inhalte des zweitägigen „ZfPBau-Grundmoduls“

Die Gliederung des zweitägigen ZfPBau-Grundmoduls ist in Abb. 1 wiedergegeben. Am ersten Tag werden die klassischen ZfPBau-Verfahren Rückprallhammer, Betondeckungsmessung und Potentialfeldmessung behandelt. Am zweiten Tag folgen die fortgeschrittenen Verfahren Radar, Ultraschall und Impakt-Echo. Dabei werden zunächst die nötigen Grundlagen der Messprinzipien vermittelt. Darüber hinaus wird die typische Darstellung von Messergebnissen und deren Interpretation erläutert. Bei Praxisübungen an geeigneten großformatigen Stahlbetonbauteilen können die Teilnehmer selber Messungen durchführen. Da die innere Konstruktion der Testkörper gut dokumentiert ist, kann sehr gut der Zusammenhang von angezeigtem Messergebnis und tatsächlicher innerer Konstruktion

hergestellt werden. Die Teilnehmer lernen so Möglichkeiten und Grenzen der Verfahren kennen.

Ein Alleinstellungsmerkmal des Lehrgangs sind die Praxiseinheiten zur Erstellung von Ausschreibungstexten für ZfPBau-Dienstleistungen. In Gruppenarbeiten erlernen die Teilnehmer, welche Informationen sachkundige Dienstleister benötigen, damit realistische und vergleichbare Angebote erstellt werden können. Damit wird – wie unten ausgeführt - die Zielgruppe auch auf Personen erweitert, die selbst zwar keine ZfPBau-Untersuchungen durchführen, sondern ZfPBau-Dienstleistung ausschreiben bzw. die entsprechenden Aufträge vergeben. Der Lehrgang wurde für folgende Zielgruppen konzipiert:

- Bauwerksprüfer von Ingenieurbauwerken
- Bauwerksprüfer des Hochbaus
- Sachkundiger Planer der Betoninstandsetzung
- Sachverständige für Bauwerksschäden
- Personen, die Prüfverfahren zur Bauwerksdiagnose auswählen, ausschreiben oder beauftragen.

## *2.2 Kursziele*

Um die Kursziele in einem zweitägigen Lehrgang zu erreichen, müssen diese zunächst realistisch abgesteckt sein und bedürfen eines geeigneten Lehrkonzepts, das sowohl theoretische Grundlagen zum Verständnis als auch praktische Kenntnisse vermittelt. In Anbetracht der Lehrgangsdauer von nur zwei Tagen ist es realistisch, den Teilnehmern folgende Kenntnisse zu vermitteln:

- Überblick über die große Bandbreite zerstörungsfreier Prüfverfahren im Bauwesen
- Sicherer Umgang mit den klassischen Anwendungen der Rückprallhammerprüfung, der Betondeckungsmessung, der Ermittlung von Karbonatisierungstiefen und einfacher Bewehrungsortung
- Kenntnis der entsprechenden Normen, Vorschriften bzw. Merkblätter der klassischen ZfPBau-Verfahren
- Grundwissen und richtiger Umgang mit den Verfahren Potentialfeldmessung, Radar, Ultraschall und Impakt-Echo an Beton
- Kenntnis der entsprechenden Merkblätter und Fachliteratur moderner ZfPBau-Verfahren
- Hilfen zur Ausschreibung von klassischen und modernen ZfPBau-Verfahren
- Hilfen zur Beurteilung einer sachkundigen Durchführung von ZfPBau-Dienstleistungen

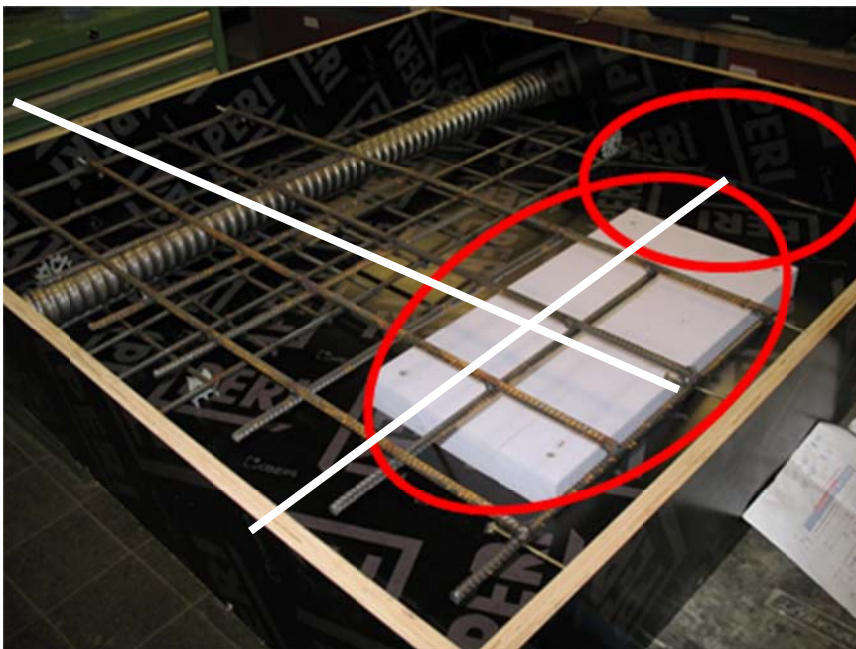
Die Vorgaben des VFIB sehen vor, dass die Teilnehmer des Lehrgangs nach dem Lehrgang die klassischen Verfahren wie Rückprallhammerprüfung und Bewehrungsnachweis regelkonform und selbstständig anwenden können. Das vermittelte Verständnis der modernen ZfPBau-Verfahren wie Potentialfeldmessung, Ultraschall, Radar und Impakt-Echo versetzt die Teilnehmer in die Lage, unter Anleitung Messungen durchzuführen bzw. Prüfleistungen richtig auszuschreiben.

Natürlich befähigt der Lehrgang allein noch nicht zur selbstständigen Durchführung fortgeschrittener Untersuchungen mit Radar, Ultraschall, Impakt-Echo und Potentialfeldmessung. Hierfür ist weitere Praxiserfahrung unter fachkundiger Anleitung notwendig. Weitere Lehrgangsangebote werden in Kap. 3 beschrieben.

### 2.3 Lehrkonzept

Das Lehrkonzept setzt auf eine stufenweise Wissensvermittlung von Grundlagen zum Verständnis der Messprinzipien, gefolgt von eigenen Messungen an gut dokumentierten Testkörpern. Die gewonnenen Ergebnisse werden dann in Bezug auf die tatsächliche innere Konstruktion bzw. den inneren Zustand des Bauteils ausgewertet. Da die innere Konstruktion der Testkörper sehr genau dokumentiert ist, kann dem Messenden der Einfluss bestimmter Objekte auf die Ergebnisdarstellung vermittelt werden.

Am nachfolgenden Beispiel wird dies deutlich: In Abb.2 ist die innere Konstruktion eines Testkörpers vor dem Betonieren dargestellt. Die Lage der späteren Messspuren bzw. Schnitte bei der Ergebnisdarstellung durch das Bauteil sind in weiß eingezeichnet. Die Ergebnisse, die durch Radarmessungen entlang dieser zueinander senkrechten Messlinien entstanden sind, werden in Abb. 3 dokumentiert.

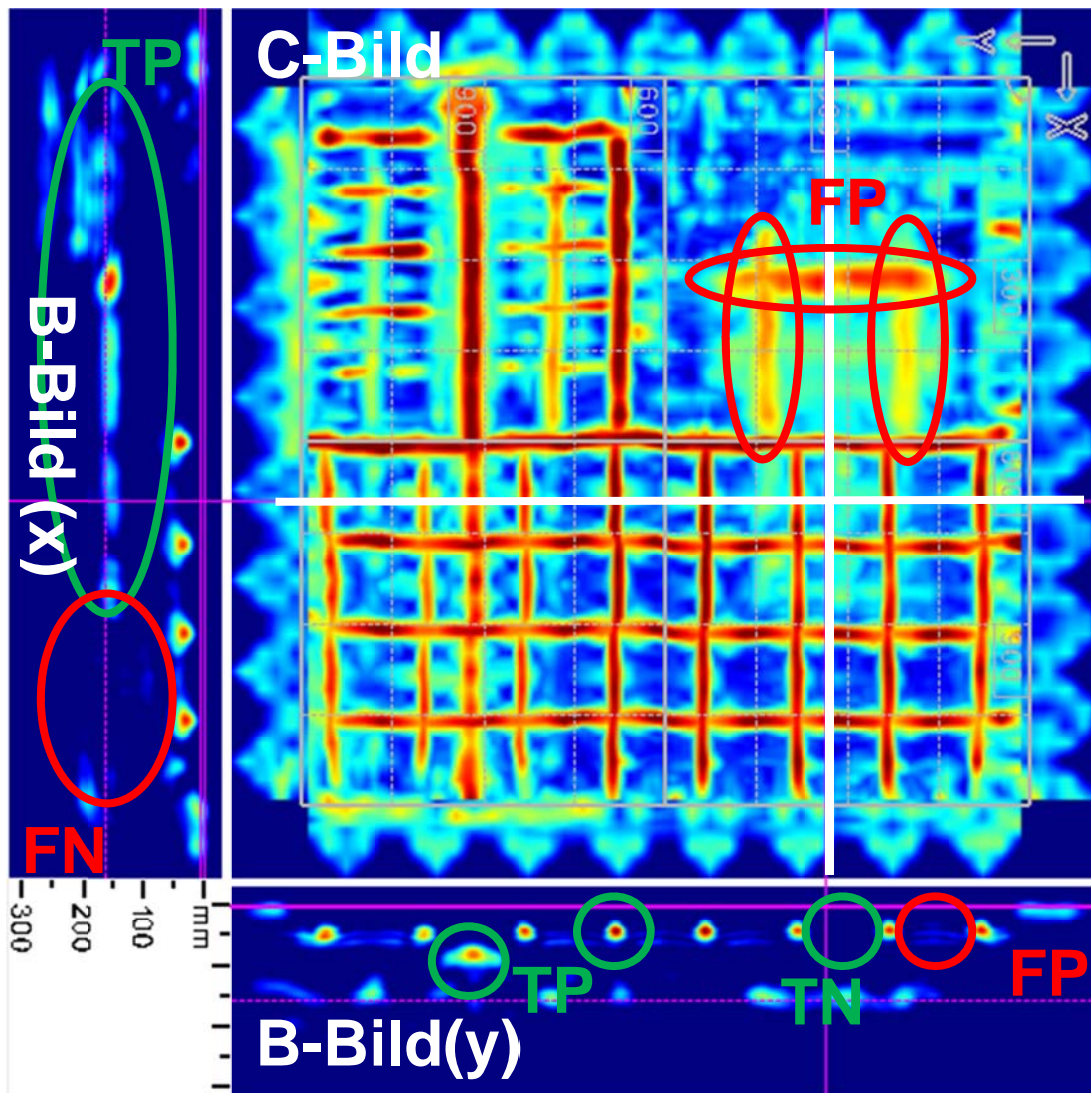


**Abb. 2.** Foto der inneren Konstruktion eines zu Schulungszwecken verwendeten Testkörpers vor dem Betonieren. Die Messspuren bzw. späteren Schnitte zur Ergebnisdarstellung sind in Weiß eingezeichnet.

Bei der Interpretation der Bilder ergeben sich mehrere Möglichkeiten, die auch in Abb. 3 eingezeichnet sind:

- TP (True Positive): Ein vorhandenes Objekt, z. B. das Spannglied im B-Bild(y) von Abb. 3 bzw. die Rückwand im Bild(x) wurden erkannt (Positive); beide Reflektoren sind auch vorhanden (True).
- FP (False Positive) auch als „Falschalarm“ bezeichnet: Ein vermeintliches Objekt, z. B. der „horizontale Stab“ im C-Bild wurde fälschlicherweise (False) als Objekt erkannt (Positive). Es handelt sich aber nur um die Kante der Rückwand der Styroporplatte, die als Stab interpretiert wird. Auch zwischen Stäben könnte man wie im B-Bild(y) rechts dargestellt fälschlicherweise einen Stab vermuten.
- TN (True Negative): Richtigerweise (True) wird ein erfahrener Prüfer zwischen den Stäben im B-Bild(y) keinen Stab vermuten (Negative).
- FN (False Negative) „Objekt übersehen“: Während im B-Bild(x) von Abb. 3 im mittleren Teil die Minderdicke (Styroporplatte rot umrandet in Abb. 2) als Rückwand richtig erkannt wird (TP), wird die Bauteilrückwand bei 20 cm (rote Umrandung hinten

in Abb. 2) nicht mehr erkannt (Negative), was nachweislich falsch ist (False). Bei dem damals noch jungen Beton wurde dadurch die Anwendungsgrenze des Radarverfahrens bzgl. der Eindringtiefe erreicht.



**Abb. 3.** Bildgebende Darstellung von Ergebnissen, die von einem kommerziell erhältlichen Radargerät durch automatisierte Bildprozessierung aufgezeichnet wurden. Verschiedene Fälle bei der Bewertung der Richtigkeit der angezeigten Objekte sind möglich: TP (true positive), FP (false positive), TN (true negative) und FN (false negative). [15]

Anhand dieser Fälle können den Teilnehmern Möglichkeiten und Grenzen der Verfahren aufgezeigt werden. Am Fall TP kann gezeigt werden, dass ausreichend große Objekte in nicht zu großer Tiefenlage zuverlässig angezeigt werden. Am Fall FP kann gezeigt werden, dass jedes Verfahren Detektionsgrenzen hat (Objektgröße, Tiefenlage, Abstand untereinander) und Objekte übersehen werden können. Besonders unerfahrene Nutzer neigen dazu, Objekte zu „sehen“, die gar nicht da sind. Durch den Fall FP können Anwender sensibilisiert werden, Ergebnisse nicht „überzuinterpretieren“. Der erfahrene Prüfer hilft den Teilnehmern zu erkennen, wo der Fall TN anzunehmen ist. Eine Auswertung der Ergebnisse auf diese Art erlaubt auch eine quantitative Bewertung der Leistung von Prüfern, falls dies erforderlich ist.

Im beschriebenen ZfPBau-Grundmodul flossen auch Erfahrungen von damals bereits durchgeführten Lehrgängen ein, deren Erfahren bereits bei der DGZfP publiziert wurden ([9]-[11]).

### 3. Erfahrungen und weitergehende Ausbildungsmaßnahmen

Das Beispiel aus Kap. 2 zeigt, dass zur wirkungsvollen Durchführung von Messungen geeignete großformatige Testkörper vorhanden sein müssen. Diese müssen eine geeignete Geometrie und das richtige Maß an geeigneten Einbauteilen aufweisen. Überlegungen, die zur Konzeption von Testkörpern zur Anwendung von Ultraschall und Radar an Beton zu vorzunehmen sind, werden in [12] dokumentiert. Aufgrund der Größe dieser Testkörper sind Ausbildungsstätten erforderlich (vgl. Kap. 2.1), die über den nötigen Platz verfügen. Weiterhin ist es erforderlich, dass die im Ausbildungshandbuch konzipierten Testkörper und die erforderlichen Messgeräte vor Ort vorhanden sind.

Aufgrund der Tatsache, dass der in Kap. 2 beschriebene ZfPBau-Grundmodul für Bauwerksprüfer nach DIN 1076 als Weiterbildungsveranstaltung zur Erhaltung ihres Zertifikats angeboten wird, ist eine ausreichend große Zielgruppe vorhanden. Daher hat sich der Lehrgang an den drei in Kap. 2.1 genannten Ausbildungsstätten mit jeweils 1-2 Kursen pro Jahr mit etwa 10 bis 20 Teilnehmern seit 2012 etabliert. Wie in Kap. 2.2 ausgeführt, reicht natürlich der Besuch dieses Lehrgangs nicht aus, ein ZfPBau-Experte zu werden. Daher sind über die Stufe des Grundmoduls hinaus weitere Lehrgänge vorgesehen, die gemäß dem Ausbildungskonzept des Fachausschusses ZfPBau in Abb. 4 als Praxismodule bezeichnet werden.

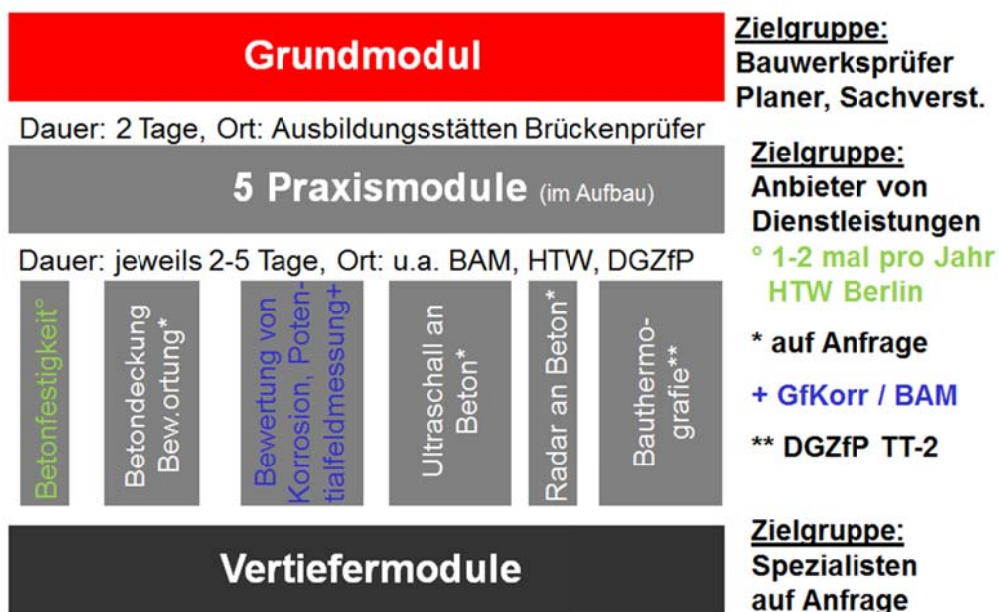


Abb. 4. Mehrstufiges Ausbildungskonzept des Fachausschusses ZfPBau der DGZfP

Wie Abb. 4 zu entnehmen ist, gibt es für die Verfahren Potentialfeldmessung und Bauthermographie bereits etablierte Angebote mit drei- bzw. fünftägigen Lehrgängen. Auch zur zerstörungsfreien Ermittlung der Betondruckfestigkeit gab es 2014 einen Pilotlehrgang, so dass auch hier ein Konzept vorhanden ist. Da die Zielgruppe für diese speziellen Lehrgänge deutlich kleiner ist als die Zielgruppe der Bauwerksprüfer, finden diese Kurse oftmals auf Anfrage statt.

Ein zweitägiger Lehrgang, der sich nur auf die Verfahren Ultraschall, Radar und Impakt-Echo konzentriert, ist der in Weimar angebotene Lehrgang „Bauwerksdiagnose – Lokalisieren und Abbilden in Betonbauteilen“ [13], der bereits mehrfach stattgefunden hat und gegenüber dem ZFPBau-Grundmodul etwas mehr wissenschaftlich orientiert ist.

In englischer Sprache bietet die BAM seit mehreren Jahren einen einwöchigen Lehrgang an, der sich an Wissenschaftler und Dienstleister richtet und neben Radar, Ultraschall und Impakt-Echo zusätzlich Bauwerkscanner und Verfahren wie Thermographie, LIBS und Pfahlprüfung in Theorie und Praxis behandelt [14].

Dieser Beitrag wurde im Rahmen der Fachtagung NDT-CE2015 in ähnlicher Form in englischer Sprache veröffentlicht [15].

## Referenzen

- [1] Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt): Richtlinie für die Anwendung der zerstörungs-freien Prüfung von Tunnelinnenschalen (RI-ZFP-TU). Ausgabe 2007. – In: ZTV-ING, Teil 5, Abschnitt 1, Anhang A
- [2] VDI-Richtlinie 6200: Standsicherheit von Bauwerken; Regelmäßige Überprüfung. – Ausgabedatum 2010-02
- [3] Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS): Richtlinie für die Überwachung der Verkehrssicherheit von baulichen Anlagen des Bundes (RÜV), unter: [www.bmvi.de](http://www.bmvi.de)
- [4] Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS): Richtlinien für die Erhaltung von Ingenieurbauten (RI-ERH-ING) – Leitfaden Objektbezogene Schadensanalyse (OSA) unter: [www.bast.de](http://www.bast.de)
- [5] Hillemeier, B. und Taffe, A: Aktuelle Regelwerke der Bauwerksdiagnostik; in: Bauphysik-Kalender 2012, S. 57 – 101
- [6] DBV-Merkblatt „Anwendung zerstörungsfreier Prüfverfahren im Bauwesen“, Eigenverlag (2014)
- [7] Mertens, M. (Hrsg.): Handbuch Bauwerksprüfung – Standsicherheit, Verkehrssicherheit, Dauerhaftigkeit. Rudolf-Müller-Verlag (2015)
- [8] Verein zur Förderung der Qualitätssicherung und Zertifizierung der Aus- und Fortbildung von Ingenieurinnen/Ingenieuren der Bauwerksprüfung (VFIB): <http://www.vfib-ev.de>
- [9] Taffe, A., Spies, M., Recknagel, J. und H. Rieß: Schulung zur zuverlässigen Ortung von Bewehrung in Stahlbetonbauteilen von Kraftwerken, DGZfP (Ed.); Tagungsband zur DGZfP Jahrestagung 2011, Bremen, 30.05.-01.06.2011, Berichtsband 127-CD, Vortrag Di.2.B.1.
- [10] Taffe, A., Spies, M. und J. Recknagel: Schulung zur zuverlässigen Ortung von Bewehrung in Stahlbetonbauteilen von Kraftwerken, DGZfP (Ed.); Tagungsband zur Fachtagung Bauwerksdiagnose 2012, Praktische Anwendungen Zerstörungsfreier Prüfungen und Zukunftsaufgaben, BAM Berlin, 23.-24.02.2012, BB 134-CD, Vortrag 04
- [11] Wiggenhauser, H. and A. Taffe: NDT in Civil Engineering: Research, Application, Validation and Training , Proceedings of the 18th World Conference on Non-Destructive Testing, Durban, South Africa, 16.-20.04.2012
- [12] Gams, J.: Erstellung eines Referenztestkörpers aus Stahlbeton für Untersuchungen mit Ultraschallecho zur bildgebenden Darstellung der inneren Konstruktion. Master Thesis, HTW Berlin – University of Applied Sciences (2015).
- [13] WBA – Bauhaus Weiterbildungsakademie Weimar e.V. <http://www.wba-weimar.de/mfpa/bauwerksdiagnose>
- [14] BAM – Bundesanstalt für Materialforschung und –prüfung; Fachbereich 8.2 <http://www.ndte-training.bam.de/en/home/index.htm>
- [15] Taffe, A., Dauberschmidt, C. und S. Feistkorn: Practical NDT-training according to regulations in the field of bridge testing, NDT-CE2015, 15.-17.09.2015, Berlin