

Radiografie im Bauwesen und Kombination anderer ZfP-Verfahren

Andreas HASENSTAB¹, B. REDMER²

¹Ingenieurbüro Dr. Hasenstab GmbH, Augsburg, Deutschland,

²Bundesanstalt für Materialforschung- und prüfung, BAM, Berlin, Deutschland

Kurzfassung: Die Radiografie stellt in der Materialuntersuchung eine der bedeutendsten Untersuchungsmethoden dar. So werden im Stahl- und Anlagenbau eine Vielzahl von Untersuchungen durchgeführt. Im Bauwesen liegt die Dominanz der Untersuchungen bei den Verfahren Radar, Ultraschallecho und so sollen im folgenden Beitrag vor allem Anwendungsbeispiele mit radiographischen Methoden beschrieben werden. Weiter soll die Kombination unterschiedlicher ZfP-Verfahren dargestellt werden.

Die Verfahren Radar, Ultraschallecho und Bohrwiderstand werden in Anschluss an die Erläuterungen zur Radiografie aufgeführt.

Bei allen Beispielen kam es zu einer Kombination von Radiografie mit anderen zerstörungsfreien Prüfverfahren. Im ersten Beispiel kommt es zu einer Kombination von Radiografie mit Ultraschallecho und Bohrwiderstand an einem alten Eichenbalken aus der Marienkirche aus Lutherstadt Wittenberg. Messungen mittels Bewehrungsortung und Radiografie an Stahllaschen im Gewölbe des Schlosses Lustheim bei München und Untersuchungen mittels Radar und Radiografie an einem Tempel im Pergamonmuseum in Berlin runden die Beispiele ab.

1. Einleitung:

Ziel der Untersuchungen ist es, mit den zerstörungsfreien Untersuchungen den ist-Zustand der Konstruktion zu dokumentieren.

In der Baupraxis wird unter Zerstörungsfreier Prüfung (ZfP) häufig nur eine Sichtprüfung und die Anwendung des Rückprallhammers verstanden. Zusätzlich zu diesen relativ einfachen Verfahren stehen für die Bestandsuntersuchung noch eine große Anzahl von zerstörungsfreien Prüfverfahren zur Verfügung. In den letzten Jahren haben sich z. B. Impact-Echo, Radar, Ultraschall und Radiographie etabliert. Eine grobe Zusammenstellung der verwendeten Verfahren kann Tabelle 1 entnommen werden. Eine umfangreiche Liste der ZfP-Bau-Verfahren kann dem Kompendium der BAM¹ oder dem Bauphysikkalender² entnommen werden.

¹ [BAM2004]

² [WAL2012]



Tabelle 1: Zerstörungsfreie Prüfverfahren im Bauwesen (ZfPBau)³

Elektromagnetische Verfahren: Radar Thermographie (passiv / aktiv) Durchstrahlung	Akustische Verfahren: Ultraschall-echo Impact Echo Pfahlprüfung	Sonstige Verfahren: Bohrwiderstand, LIBS, Endoskopie, Potentialfeldmethode, Rückprallhammer, Bewehrungsart
---	---	--

Da die Mehrzahl der Fachartikel von den Verfahren Radar, Ultraschallecho handeln, sollen im folgenden Beitrag vor allem Anwendungsbeispiele mit radiographischen Methoden beschrieben werden. Weiter soll die Kombination unterschiedlicher ZfP-Verfahren dargestellt werden.

2 Ziele der zerstörungsfreien Prüfung im Bauwesen

Das Ziel einer Anwendung der ZfP Bau-Verfahren ist

- die zerstörungsfreie Bauwerksuntersuchung,
- frühes Erkennen und Eingrenzung von Schäden,
- die Kostenabschätzung bei Instandsetzung sowie
- die zerstörungsfreie Dokumentation und Integritätsprüfung des Bauteilzustandes.

Hierbei kann es sich – in Abhängigkeit vom Baustoff – um Schäden wie

- Hohlstellen, Kiesnester,
- fehlende Bewehrung und
- Innenfäule

oder um Fragestellungen wie Lage der

- Spannglieder, Leitungen,
- vorhandenen Bewehrung und
- deckengleicher Unterzüge und
- Bauteilmessungen etc. handeln.

3 Verfahrensbeschreibungen

Zum besseren Verständnis der folgenden Praxisbeispiele und um dem Leser die effektive Anwendbarkeit der zerstörungsfreien Prüfverfahren zu ermöglichen, werden folgende die ZfP-Verfahren technische Radiografie, Radar, Ultraschallecho und Bohrwiderstand vorgestellt:

3.1 Technische Radiografie / Durchstrahlung

Allgemein basiert die Radiografie auf der Absorption (Schwächung) ionisierender Strahlung (Röntgen- oder Gammastrahlung) durch Dichte-, Material- und Dickenunterschiede im untersuchten Bauteil (Prüfobjekt).

Dazu wird das Prüfobjekt mit Hilfe ionisierender Strahlung durchstrahlt und das Schwächungsprofil als Projektionsbild mittels eines Detektors aufgezeichnet. An der unterschiedlichen Grauwertverteilung im Projektionsbild lassen sich abweichende Unterschiede in der Materialzusammensetzung, -dicke und -dichte erkennen. Praktisch bedeutet dies, dass Stahl, Beton und Fehlstellen deutlich unterschieden werden können. Allgemein ist ein beidseitiger Zugang am Bauteil erforderlich.

³ [HAS2008]

Als Strahlenquelle wird ein abschaltbarer Röntgenstrahler oder ein radioaktiver Strahler (z.B. Kobalt Co-60, Iridium Ir-192) verwendet. Die Strahlenquelle wird nach der zu durchstrahlenden Bauteildicke ausgewählt (TAF2010). Zur Bildaufnahme dienen radiografische Filme und digitale Detektoren (Speicherfolien, Matrixdetektoren).

Tabelle 2: erforderliche Strahlenquelle bei unterschiedlichen Bauteilen

Strahlenquelle	Bauteildicke (Beton)
Co-60	20 cm bis 60 cm
Ir-192	bis 40 cm
Röntgenstrahler	bis 30 cm

Das Ergebnis der Durchstrahlung ist eine zweidimensionale Projektion, wobei das Grauwertbild auf einem Monitor angezeigt wird. Es entspricht in der Darstellung dem Bild des radiographischen Films auf einer Leuchfläche. Bereiche mit größeren Materialdicken oder größerer Werkstoffdichte werden hell und Bereiche mit Fehlstellen, geringeren Dicken oder Dichten werden dunkel dargestellt. Mittels Bildverarbeitung können die Resultate in der Erkennbarkeit von Strukturänderungen deutlich verbessert werden.

Im Gegensatz zu den anderen ZfP-Verfahren ist bei der Anwendung der technischen Radiografie auf die Einhaltung der Strahlenschutzbestimmungen zu achten, wobei hier die Auswahl des Strahlers von Bedeutung ist.

3.2 Radar (auch Impulsradar, Georadar)

Radar ist ein zerstörungsfreies Prüfverfahren, mit dem Störungen und Inhomogenitäten in massiven Körpern (Bauwerken, Bauteilen, Boden) durch Reflexionen von elektromagnetischen Wellen festgestellt werden können. Gemessen wird die Laufzeit und Amplitude der empfangenen Radarwellen und deren Messposition.

Die Anwendungsmöglichkeiten von Radar sind vielfältig. So wird Radar

- im Beton- und Stahlbetonbau,
- in historischen Bauwerken (Mauerwerk, Holz⁴),
- für Verkehrswege (Schichtaufbau, Tragschicht),
- für Erdbauwerke/Dämme,
- für Baugrunduntersuchungen sowie
- in der Archäologie

mit dem Ziel verwendet, den strukturellen Aufbau (Schalen, Abmessungen), Einbauteile (Bewehrung, Klammern, Dübel, Anker, Leitungen, Fundamente) und Schadstellen (Risse, Ablösungen) zu orten.

Die physikalischen Grenzen von Radar sind

- das Vorhandensein von Metall (z. B. einer Alufolie in einer Bitumenbahn) → führt zu Totalreflexion,
- nasse Oberflächen → führt teilweise zu extremer Signaldämpfung.

Je nach Umgebung und Antennengröße kann die Messung von Hand, mit einem kleinen Wagen oder vom Auto aus durchgeführt werden. Weiterführende Literatur zum Thema Radar kann [MAI2008] und [WAL2012] entnommen werden.

3.3 Ultraschallechoverfahren

Die Ultraschall-Echotechnik beruht auf der Reflexion von Schallwellen an Diskontinuitäten wie Werkstoffinhomogenitäten, Grenzflächen, Hohlstellen oder der Bauteilrückwand.

Im Bauwesen kann Ultraschallecho an Beton⁵ und Holz⁶ angewendet werden zur

⁴ [HAS2007]

- Bestimmung von Bauteilabmessungen (gleichmäßige Dicke, Aussparungen),
- Ortung von Schäden (Hohlstellen, Kies-nester, Ablösungen, Rissen parallel zur Oberfläche, Fäulnis, Äste) sowie
- Ortung von Schichtwechselln und stofflichen Inhomogenitäten.

Bei Vorhandensein eines Echosignals von der Bauteilrückseite kann davon ausgegangen werden, dass das Bauteil ungeschädigt ist und sich keine inneren Schäden im Bauteil befinden.

Grenzen von Ultraschallecho liegen zum einen in der Unerreichbarkeit des Bauteils (direktes Ankoppeln an das Bauteil ist erforderlich), zum anderen wenn eine Materialschicht auf dem zu untersuchenden Bauteil aufgebracht ist (z. B. Estrich und Folie auf einer Betonplatte).

3.4 Bohrwiderstandsmethode

Beim Bohrwiderstandsverfahren wird eine Bohrnadel (3mm dünn) mit konstantem Vorschub in das zu untersuchende Holz gebohrt und der Bohrwiderstand ortsbezogen aufgezeichnet. Bei hartem Laubholz ist die erforderliche Leistungsaufnahme hoch, bei weichem Nadelholz oder pilzgeschädigtem Holz niedrig. Trifft die Bohrnadel auf Fehlstellen oder Risse, sinkt der Bohrwiderstand schlagartig ab und steigt nach Wiedereintritt in das Holz steil an.⁷

Anwendungsbereiche der Bohrwiderstandsmethode sind

- die Bestimmung von Bauteilabmessungen (gleichmäßige Dicke, Aussparungen, Zapfenverbindungen)
- Ortung von inneren Schäden (Hohlstellen, breiten Rissen parallel zur Oberfläche, Fäulnis, ausgeprägtem Insektenbefall).

Meist werden mit der punkweisen Bohrwiderstandsmessung Stellen überprüft, für die, z.B. nach der flächigen, zerstörungsfreien Ultraschallechomessung, ein Verdacht auf Schädigung besteht oder wenn eine Schädigung sicher ausgeschlossen werden soll. Bei Brücken- und Kirchenprüfungen erfolgt daher in der Praxis sehr häufig eine Kombination aus Ultraschallecho- und Bohrwiderstandsmethode.

4 Praktische Fragestellungen und Lösungen mittels zerstörungsfreier Prüfung

Im nun folgenden Abschnitt werden Beispiele aus der Baupraxis vorgestellt, wo es mittels zerstörungsfreier Prüfung möglich war, Aussagen über die Struktur bzw. den Aufbau der Konstruktion treffen zu können und so wichtige Daten für die Bauwerksbesitzer bzw. den Tragwerksplaner zu erzielen. Bei allen Beispielen kam es zu einer Kombination von Radiografie mit anderen zerstörungsfreien Prüfverfahren. Im ersten Beispiel kommt es zu einer Kombination von Radiografie mit Ultraschallecho und Bohrwiderstand an einem alten Eichenbalken. Messungen mittels Bewehrungsortung und Radiografie an Stahllaschen im Gewölbe eines Schlosses und Untersuchungen mittels Radar und Radiografie an einem Tempel runden die Beispiele ab.

Die Anwendung der Radiografie an Metallen und Nichtmetallen ist in unterschiedlichen Industriezweigen ein standardisiertes Prüfverfahren.

Eine Untersuchung der Einbindelänge von Stahlstangen in Metallmuffen bei der Gaststätte der Regattastreck ein Brandenburg an der Havel aus dem Jahre 1969 kann [WAL2010] entnommen werden.

⁵ [WAL2012], [STR2008]

⁶ [HAS2005], [HAS2008]

⁷ [BAR2009]

4.1 Untersuchungen an Eichenbalken aus dem Südturm der Marienkirche in Wittenberg

An einem Eichenbalken, der aus der Sanierung des Turmes der Marienkirche in Lutherstadt Wittenberg (links: Abbildung 1) aufgrund von Schäden entfernt wurde, wurden umfangreiche Untersuchungen an der BAM⁸ und im Labor des Ingenieurbüros Dr. Hasenstab in Augsburg durchgeführt. Folgend werden die Forschungsergebnisse mit einer mobilen Röntgenblitzröhre, Ultraschallecho- und Bohrwiderstandsmethode dargestellt.

Fragestellung: Wie weit reicht die nur stirnseitig sichtbare Schädigung in den Eichenbalken hinein? Können Balken dieser Abmessungen zerstörungsfrei untersucht werden?

Lösungsansatz: Untersuchung mit mobiler Röntgentechnik bzw. großflächige, vergleichende Ultraschallechomessungen am Balken, um Schäden auszuschließen. Auffällige Bereiche werden dann mit einem modernen hochauflösenden Bohrwiderstandsgerät, punktuell untersucht, um so viel Originalbaubsubstanz zu erhalten.



links: Abbildung 1: Marienkirche in Lutherstadt Wittenberg;
rechts: Abbildung 2: Eichenbalken an der BAM mit Röntgenblitzröhre (links) und digitalem Matrixdetektor

Messung mit Ergebnissen mobiler Röntgenblitzröhre:

Das Ergebnis der Durchstrahlungsprüfung ist in Abbildung 3 dargestellt und zeigt, dass es möglich ist, mit mobiler Röntgentechnik am Bauwerk Holzbalken mit einer Bauteildicke von 26,6cm x 20cm zu untersuchen. Weiter ergab eine genaue Analyse des digitalen Röntgenbildes zusammen mit einer Hochpassfilterung⁹ dass eine inhomogene Struktur eindeutig gefunden und einer Schädigung zugeordnet werden konnte.

⁸ [HAS2005]

⁹ [OST2003]

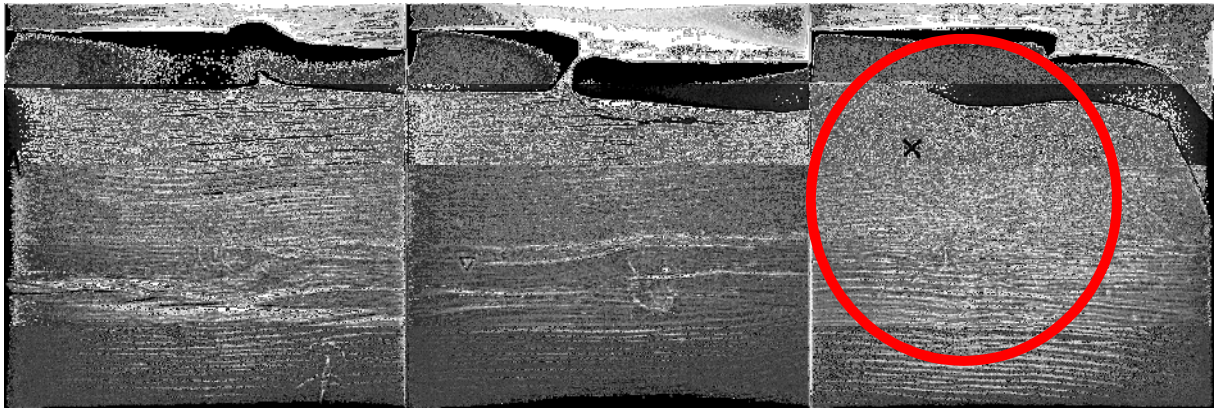


Abbildung 3: Ergebnis der Radiografiemessungen mit Röntgenblitzröhre von Eichenbalken an der BAM, Schädigung von der Stirnseite (rot markiert)

Messung mit Ultraschallecho:

Das Ergebnis der Ultraschallechomessungen entlang der oberen Kante am Eichenbalken kann Abbildung 4 entnommen werden. In dem Ultraschallechobild sind deutliche Echos mit einer konstanten Laufzeit zu erkennen, welche einer Bauteildicke zugeordnet werden können (schwarzer Kasten).

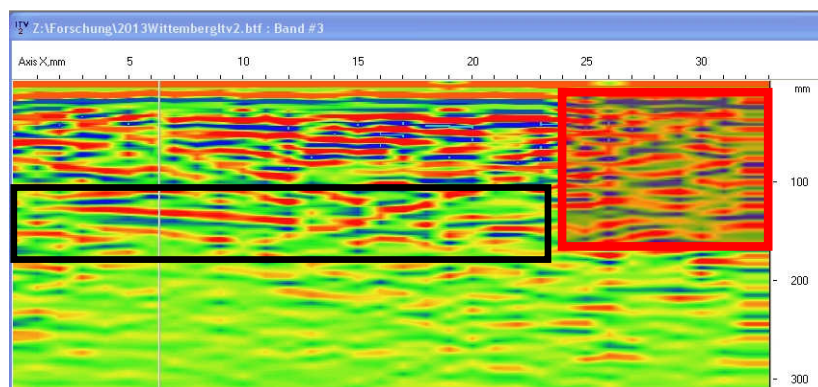


Abbildung 4: Ergebnis einer Messung mit Ultraschallecho an Eichenbalken, links deutliches Echo (im Inneren des Bereiches bis zum Echo kann keine Risse parallel zur Oberfläche, ausgeprägte Insektenbefall oder Fäulnis enthalten sein); rechts: keine eindeutigen Signale, eine innere Schädigung kann nicht ausgeschlossen werden.

Echos von der Bauteilrückseite bedeuten, dass in diesem Bereich davon ausgegangen werden kann, dass sich im inneren des Balkens bis zum Echo, keine Risse parallel zur Oberfläche, ausgeprägte Insektenbefall oder Fäulnis befinden kann. Im rechten Teil der Messspur (rot markiert) ist kein Echo zu empfangen und ein Schaden ist nicht auszuschließen.

Bei der Auswertung der Ultraschallergebnisse sind sowohl Kenntnisse der Physik wie über den Werkstoff Holz von großer Bedeutung – das gemessene Echo verläuft entlang eines Schwindrisses. Hier kann nur eine Aussage über die Schadensfreiheit bis in eine Tiefe von ca. 12-13cm gemacht werden, um eine Aussage über den gesamten Querschnitt zu bekommen, müsste noch von der gegenüberliegenden Seite aus gemessen werden.

Messungen mit Bohrwiderstand:

Um die Ergebnisse der Ultraschallechomessungen genauer zu untersuchen, wurden punktuelle Messungen mit Bohrwiderstand durchgeführt. Hierfür wurden besonders die Bereiche mit dem Echo am Riss bzw. der Bereich „ohne Echo“ mit Verdacht auf eine Schädigung angebohrt. Zum Einsatz kam das moderne Gerät Resi 400 von IML, wo es

möglich ist, sowohl den Bohrwiderstand wie auch den Vorschub der Bohrnadel aufzuzeichnen (Abbildung 5).



Abbildung 5: links: Bohrwiderstandsmessung an Eichenbalken mit modernem Bohrwiderstandsmessgerät Resi400 von IML wo eine Aufzeichnung des Vorschubes der Bohrnadel und des Bohrwiderstandes möglich ist;

Abbildung 6: rechts oben: Ergebnis einer Bohrwiderstandsmessung; grün dargestellt der Bohrwiderstand, blau dargestellt der Vorschub, Risse bei 12cm und 18cm; Holzbalken ist intakt
rechts unten: Ergebnis einer Bohrwiderstandsmessung; innenfäule rot markiert

In (Abbildung 6 rechts oben) ist das Ergebnis der Bohrwiderstandsmessung dargestellt, welche in einem Bereich mit einem deutlichen Rückwandecko bei den Ultraschallechomessungen durchgeführt wurde. Im Ultraschallechobild wurde ein Echo von einer Bauteildicke von ca. 12 cm dargestellt und kann dem Riss im Bohrwiderstandsdiagramm zugeordnet werden.

Im Ergebnis der Ultraschallechomessung (Abbildung 4) fällt der rechte, rot markierte, Bereich auf, in dem keine reflektierten Ultraschallsignale empfangen wurden. In diesem Bereich mit einem Verdacht auf eine innere Schädigung wurde mit Bohrwiderstand eine Messung durchgeführt. Das Ergebnis der Bohrung kann (Abbildung 6 rechts unten) entnommen werden und zeigt einen Abfall des Bohrwiderstandes in Balkenmitte, was auf eine Innenfäule hindeutet.

Bei den Messungen mit Bohrwiderstand kann deutlich der ungeschädigte und der geschädigte Bereich unterschieden werden und ebenso der Restquerschnitt bestimmt werden.

Nutzen für das Bauwerk und den Eigentümer:

Bei dem beschriebenen Fall handelt es sich um einen Probekörper, stellvertretend für viele Bauwerke. So war es möglich, durch die flächige Untersuchung mit Ultraschallecho oder Radiografie, den ungeschädigten Teil der Konstruktion eindeutig zu bestimmen und so viel historische Bausubstanz zu erhalten. Bei auffälligen Bereichen kann punktuell mit Bohrwiderstand die Art der Schädigung bzw. die genaue Ausdehnung bestimmt werden. Mit dem so geringeren Materialaustausch ist zusätzlich zu dem Erhalt der bedeutenden Bausubstanz eine erhebliche Kostenersparnis möglich.

4.3 Untersuchung von Stahlschlaufen beim Schloss Lustheim bei München

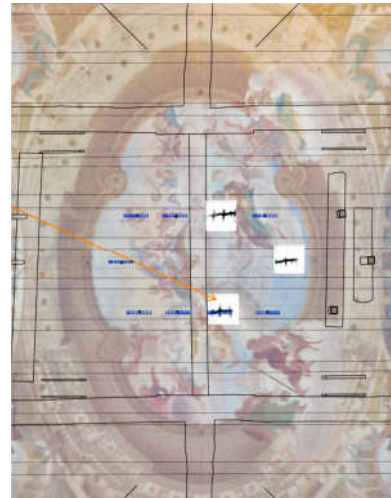


Abbildung 7: links: Ansicht des Schlosses Lustheim;
Abbildung 8: rechts: Unteransicht Decke mit Lage der Anker, bestimmt mittels Bewehrungsortungsgerät;
Abbildungen zur Verfügung gestellt von Ingenieurbüro *Beratende Ingenieure Brandl + Eltschig Tragwerksplanung GmbH*

Das Schloss Lustheim gehört zur Schlossanlage Schleissheim, welches von der *Bayerische Verwaltung der staatlichen Schlösser, Gärten und Seen* verwaltet wird. Der junge Kurfürst Max Emanuel (reg. 1680-1726) hat anlässlich seiner Vermählung mit der österreichischen Kaisertochter Maria Antonia im Juni 1685 seinen Hofarchitekten Henrico Zuccalli mit der Errichtung des Jagd- und Gartenschlösschens Lustheim bei der Schlossanlage Schleissheim beauftragt. Die kunsthistorisch bedeutende Deckenfresken des Festsaals der Meister Francesco Rosa, Giovanni Trubillio und Johann Anton Gump. stellen die Diana, die Göttin der Jagd dar.

Ziel der Untersuchungen und Lösungsansatz:

Das Ziel der, von der *Bayerische Verwaltung der staatlichen Schlösser, Gärten und Seen* veranlassten Untersuchungen ist, den Zustand von Metallstreben, welche das Deckengewölbe halten, zu untersuchen. Es sollen korrodierte und intakte Stahlteile unterschieden werden können, was für eine statische Bewertung der Konstruktion durch das Ingenieurbüro *Beratende Ingenieure Brandl + Eltschig Tragwerksplanung GmbH*. Die Lage der Metallstreben wurde bereits mittels Bewehrungsortungsgerät bestimmt, aber verfahrensbedingt ist keine Aussage über eine Korrosion möglich.

Vorgehensweise und Messverfahren

Es wurden Untersuchungen des Gewölbes mittels Radiografiemessungen durchgeführt, wobei der Strahler unterhalb und der Detektor oberhalb der Decke angeordnet waren. Dies bedeutet eine Strahlungsrichtung „von unten nach oben“, mit den Filmen auf der Oberseite.

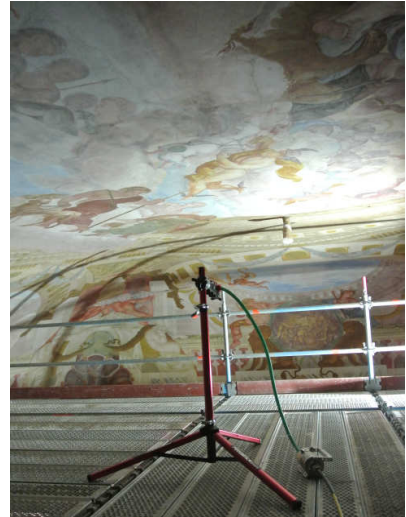


Abbildung 9: links: Gerüst unter der Decke
 Abbildung 10: rechts: Aufbau der Strahlenquelle mit Strahler und Sicherheitsbehälter unter zu untersuchender Decke; ein Berühren der filigranen Decke war nicht erforderlich



Abbildung 11: links: Strahlenquelle in Sicherheitsbehälter;
 Abbildung 12: rechts: Sicherheitsbereich



Abbildung 13: Filme auf der Oberseite des Gewölbes

Ergebnisse

Die Radiografiemessungen haben ergeben, dass es sehr gut möglich ist, mit Iridium Ir-129 Messungen durch das Mauerwerksgewölbe durchzuführen und aussagekräftige Bilder zu erlangen.

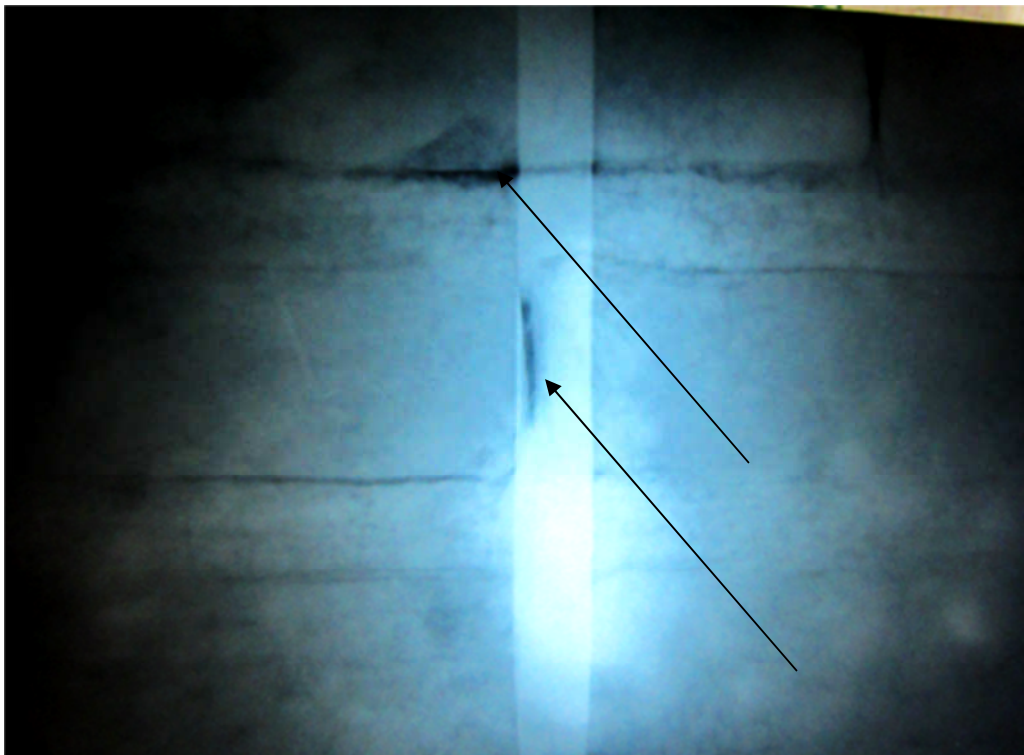


Abbildung 14: Ergebnis einer Durchstrahlung am Deckengewölbe Schloss Lustheim; mittig hell Metallteil der Lasche; horizontale dunkle Linien stellen Mauerwerksfugen dar; Fuge ohne Mörtel als schwarzer Bereich zu erkennen und mit Pfeil markiert

Die Messungen ergaben, dass die Kanten der Stahlteile scharf zu erkennen. Ebenfalls waren alle Kanten der teils sichtbaren Schlaufen ohne Rostnasen. Weiter konnten die Abmessungen der Stahlteile eindeutig bestimmt werden.

Die Auswertung der Radiografiebilder ergab zudem, dass die Mauerwerkssteine sehr ähnliche Abmessungen aufweisen und die Fugen teils unverfüllt sind.

Nutzen für den Bauwerkseigner

Für die Bayerische Verwaltung der staatlichen Schlösser, Gärten und Seen waren die Ergebnisse von großem Nutzen, da das Ingenieurbüro *Beratende Ingenieure Brandl + Eltschig Tragwerksplanung GmbH* so ein Konzept der Tragkonstruktion erstellen konnte. Ein mechanisches Öffnen der Punkte wäre praktisch nicht möglich gewesen, da das Gewölbe von der Oberseite nicht begehbar ist und sich auf der Unterseite wertvolle Gemälde befinden.

4.4 Untersuchung an Säulenjoch der Heiligen Halle am Markt von Priene

Um die Kombinationsmöglichkeit des zerstörungsfreien Prüfverfahrens Radar mit Radiografie vorzustellen werden folgend Ergebnisse einer umfangreichen Untersuchung im Pergamonmuseum in Berlin vorgestellt¹⁰.

Aufgabenstellung:

- Bestimmung der rückwärtige Verankerung und Konstruktion am Säulenjoch der Heiligen Halle am Markt von Priene
- Ausführung als vor Ort- Messung

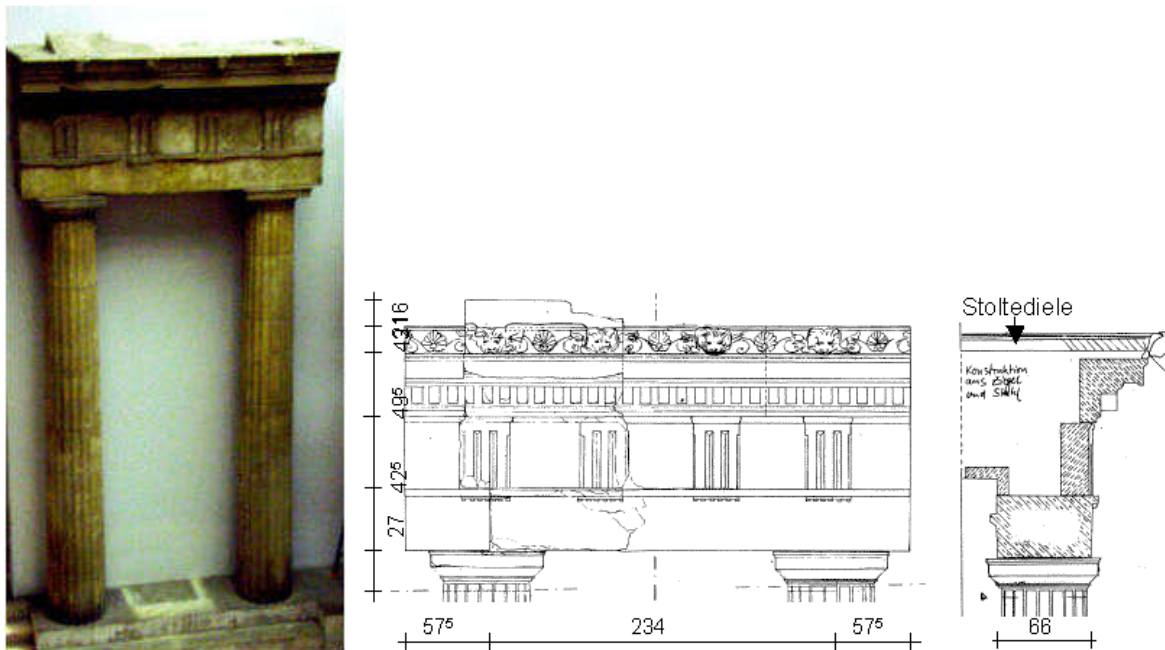


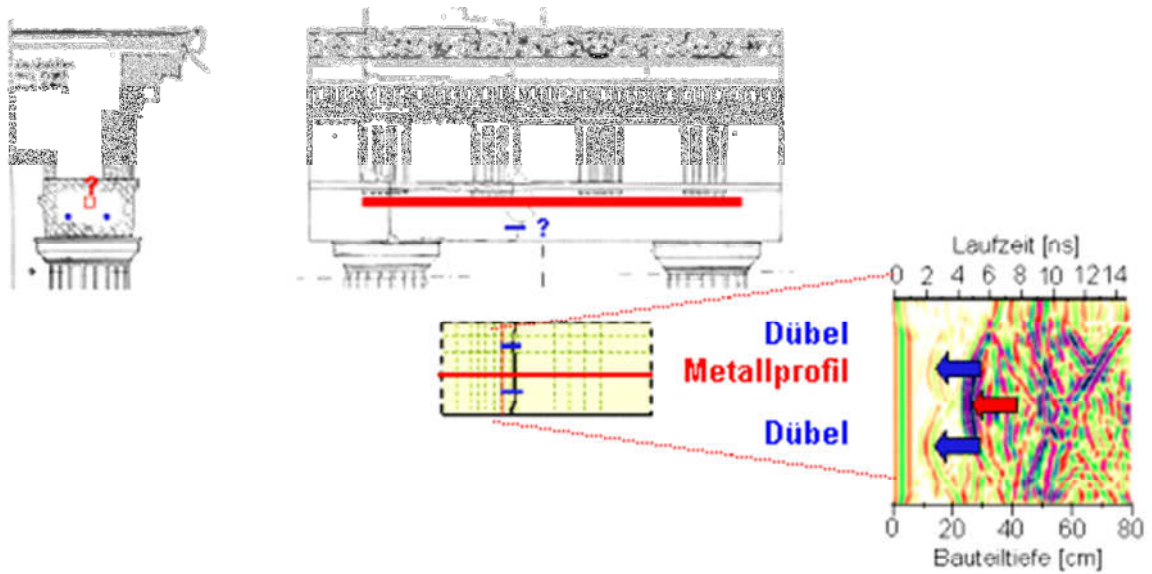
Abbildung 15: links: Ansicht des Säulenjochs der Heiligen Halle am Markt von Priene; rechts: Detailzeichnung des Gebälks des Säulenjochs

Messungen und Ergebnisse:

Radarmessungen:

Die Radarmessungen wurden senkrecht zu der erwarteten Lage der Eisenteile durchgeführt und ergaben metallische Reflektoren.

¹⁰ [RED2004].



a. Querschnitt des Gebälks mit Ergebnisinterpretation

b. Vorder- und Untersicht des Gebälks mit Messraster, betrachteter Messlinie sowie Ergebnisinterpretation

c. Radargramm von untersuchter Messlinie

Abbildung 16: Untersuchungen mit Radar aus zitierter Veröffentlichung

Radiografiemessungen:

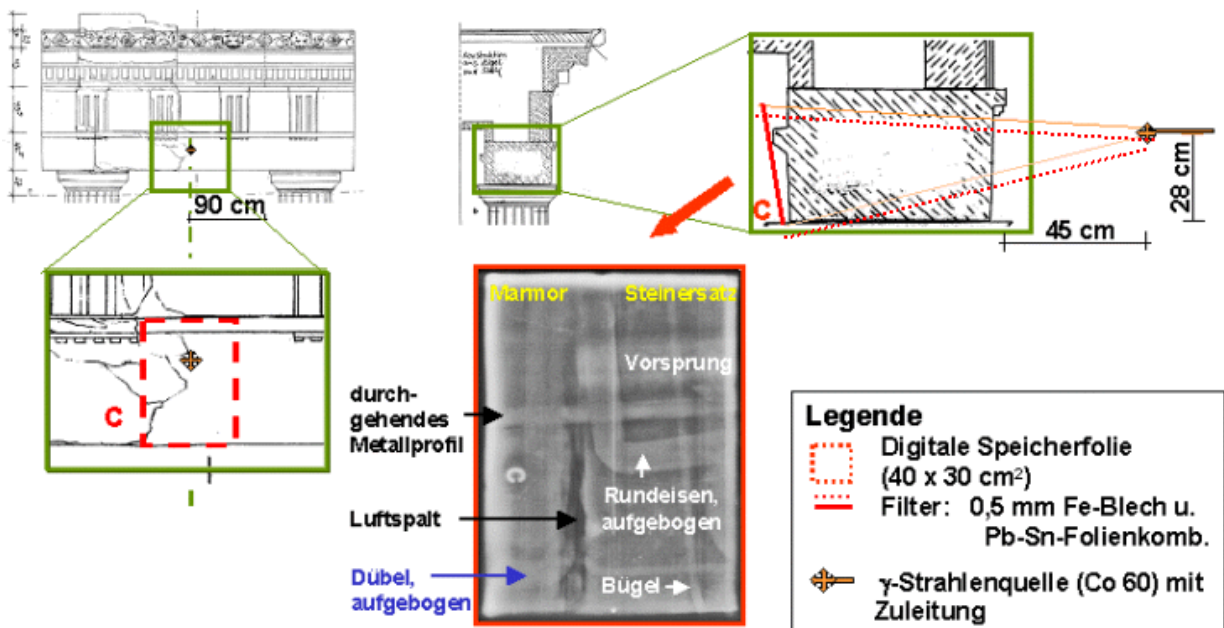


Abbildung 17: Untersuchungen mit Radiografie aus zitierter Veröffentlichung

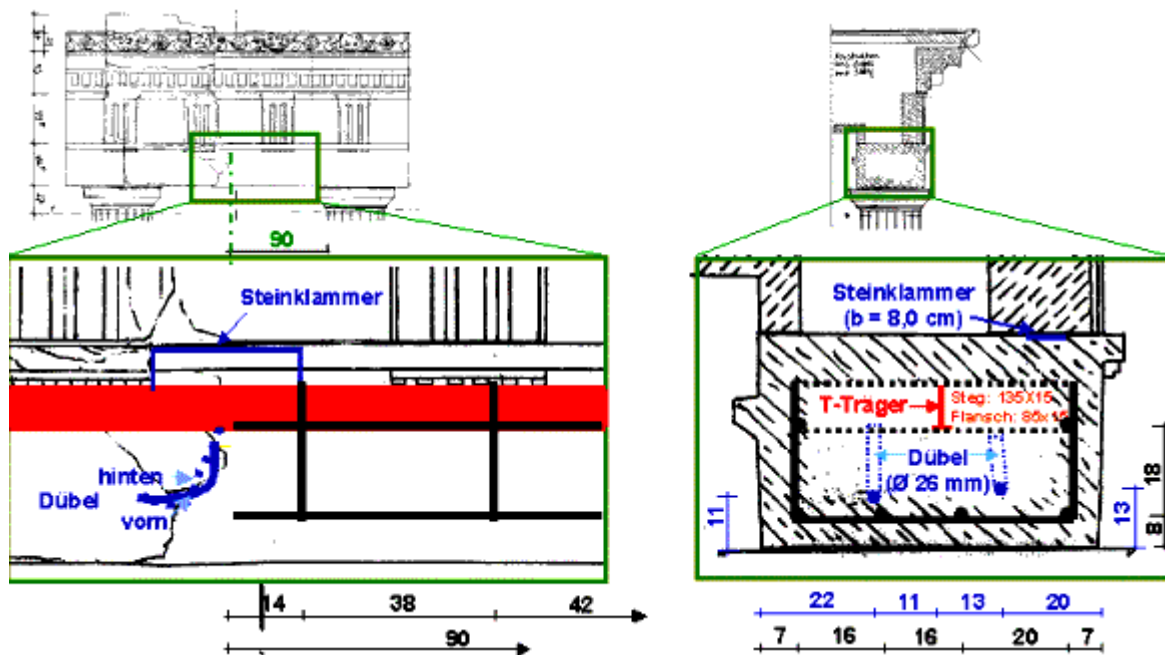


Abbildung 18: Kombination der Ergebnisse der Untersuchungen mit Radiografie und Radar

Nutzen für den Bauwerkseigner:

Mit der Kombination der Untersuchungen mittels Radar und Radiografie war es möglich, ohne Schädigung der Konstruktion den inneren Aufbau der Konstruktion zu bestimmen.

5 Zusammenfassung:

Im vorliegenden Artikel wurde an Hand von Beispielen gezeigt, dass es möglich ist, mittels kombinierten Einsatz verschiedenartiger zerstörungsfreier Prüfverfahren, ohne Schädigung der Bausubstanz, diese zu untersuchen. So ist es möglich, trotz Schäden in der Konstruktion die ungeschädigten Bereiche zu markieren und somit möglichst viel wertvolle Bausubstanz zu erhalten.

Da die Messergebnisse physikalisch belastbar sind und „echte Querschnitte“ als Ergebnis erzielt werden, können die Ergebnisse für die weitere Tragwerksplanung verwendet werden.

Allgemein ist es wichtig, vor jeder Bauwerksuntersuchung die Aufgabenstellung und das Untersuchungsziel detailliert abzuklären und daraus eine geeignete Untersuchungsmethode abzuleiten. Weiter ist es wichtig, vor der Anwendung der umfangreichen Prüfverfahren zuvor mit handnaher Inaugenscheinnahme das Bauwerk anzusehen und die Untersuchungen mit Bedacht anzuwenden. Es sollte immer mit dem Augenmaß „Erkenntnisgewinn durch Messung pro Aufwand“ gearbeitet werden.

So können Voruntersuchungen mittels Radar, Bewehrungsortung oder Ultraschallecho durchgeführt werden und dann gezielte Untersuchungen mittels Radiografie durchgeführt werden.

Radiografiemessungen sind im Bauwesen selten anzutreffen, aber die vorgestellten Beispielen geben einen anschaulichen Überblick der Möglichkeiten der ZfP-Messungen vor Ort am Bauwerk wieder.

6 Literatur:

- [BAM2004] Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM): ZfPBau-Kompendium, <http://www.bam.de/zfpbau-kompendium.htm> (2004)
- [HAS2008] Hasenstab, A., Jost, G., Taffe, A., Wiggenhauser, H.: Zerstörungsfreie Prüfung im Bauwesen – angewandte Forschung und Praxis. Jahrestagung DGzFP DACH, St. Gallen 2008
- [TAF2010] TAFTE A. „Betoninstandsetzung im Ingenieur- und Wohnungsbau“ 04.03.2010, Filderstadt Zerstörungsfreie Prüfverfahren im Bauwesen (ZfPBau) – Übersicht der Verfahren Seite 10
- [HAS2007] Hasenstab, A., Homburg, S., Maierhofer, C., Arndt, R.: Holzkonstruktionen mit Radar und Thermografie zerstörungsfrei untersuchen Tagungsband der DGzFP-Jahrestagung 2007, Poster 14, 14.-16.05.2007 Fürth
- [WAL2012] Walter, A. und A. Hasenstab: Zerstörungsfreie Prüfverfahren zur Bestimmung von Materialparametern im Stahl- und Spannbetonbau in: Fouad N. (Hrsg.); Bauphysik-Kalender 2012, Berlin: Ernst und Sohn (2012)
- [HAS2005] Hasenstab, A.: Integritätsprüfung von Holz mit dem zerstörungsfreien Ultraschall-echoverfahren. Dissertation an der Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM) und der Technischen Universität Berlin, Fakultät VI, Prof. Dr. Hillemeier (TU Berlin), Prof. Scheer (TU Berlin), Dr. Krause (BAM)
- [OST2003] Osterloh, K., Zscherpel, U, Ewert, U, Weiss, P: Einsatzmöglichkeiten mobiler Röntgenblitzröhren, DGzFP-Jahrestagung, 26.-28. Mai 2003 in Mainz DGzFP-Berichtsband auf CD: Plakat 8, Berlin (2003)
- [DGZFP B10] Merkblatt über das Radarverfahren zur zerstörungsfreien Prüfung im Bauwesen (B10), DGzFP Deutsche Gesellschaft für zerstörungsfreie Prüfung, Berlin (2008)
- [WAL2010] Walther A., Jennes M.; Zerstörungsfreie Prüfung in der Bausanierung Gaststätte Regattastrecke Beetzsee; Fachtagung Bauwerksdiagnose Praktische Anwendungen Zerstörungsfreier Prüfung und Zukunftsaufgaben, Berlin 2010, DGzFP Berichtsband BB 121-CD
- [HAS2004] Hasenstab, A., Osterloh, K., Robbel, J., Krause, M., Ewert, U., Hillemeier, B.: Mobile Röntgenblitzröhre zum Auffinden von Holzschäden. DGzFP-Jahrestagung 17.-19.05.2004 in Salzburg, DGzFP-Berichtsband auf CD: Plakat 15
- [RED2004] B. Redmer, F. Weise, U. Ewert, BAM Berlin G. Patitz, Ingenieurbüro für Bauwerksdiagnostik, Schadensgutachten, Tragwerksplanung (IGP), Karlsruhe; Kombierter Einsatz zerstörungsfreier Prüfverfahren zur Bauzustandsanalyse antiker Baudenkmäler im Pergamonmuseum Berlin“ Jahrestagung DGzFP DACH, St. Salzburg 2004