

Die POD – eine Vorgehensweise zum qualitativen Gütenachweis zerstörungsfreier Prüfverfahren im Bauwesen am Beispiel des Impulsradars

Sascha FEISTKORN*, Alexander TAFFE*

* Bundesanstalt für Materialforschung und –prüfung, 12205 Berlin

Kurzfassung. Die POD (Probability of Detection) hat sich als statistisches Werkzeug für die Bewertung der Zuverlässigkeit zerstörungsfreier Prüfsysteme in der klassischen ZfP bewährt. Aus diesem Grund wird die Methode der POD auf die zerstörungsfreie Prüfung im Bauwesen übertragen, um erstmals eine objektive Antwort auf zerstörungsfreie Prüfungen geben zu können, denen eine qualitative Fragestellung zugrunde liegt. Dies geschieht an der Prüfaufgabe der Ortung metallischer Reflektoren in Abhängigkeit Ihrer Tiefenlage mithilfe des Impulsradars. Dazu wird nachgewiesen, dass eine Übertragung und Anwendung der POD für die objektive Bewertung dieser Prüfaufgabe zulässig ist. Nach der Konzipierung und Fertigung von Testkörpern werden die Ergebnisse der POD(a)-Analyse vorgestellt, die erstmal eine Charakterisierung und einen Vergleich unterschiedlicher Radarprüfsysteme anhand eines objektiv ermittelten Kennwerts ermöglichen. Außerdem können Einflussgrößen auf die Detektionstiefe eines metallischen Reflektors erstmals quantifiziert werden.

1 Einführung

Die zerstörungsfreie Prüfung im Bauwesen hat in den letzten Jahren zunehmend an Bedeutung gewonnen, da die Möglichkeiten der zerstörungsfreien Prüfung mittlerweile auch den Zugang in die alltäglichen praktischen Fragestellungen vollzogen hat. Die Lösung dieser Fragestellungen wie beispielweise der schadfreien Bohrung in Hohlkastenseitenwände von Verkehrsbrücken zur nachträglichen statischen Ertüchtigung der Konstruktion [1] hat dazu neben regelmäßigen Vorträgen im Rahmen der Ausbildung für Ingenieure der Brückenprüfung nach DIN 1076 sehr viel beigetragen.

Zerstörungsfreie Prüfverfahren werden hierbei in quantitative und qualitative Prüfaufgaben unterteilt. Um die zerstörungsfreien Prüfverfahren im Bauwesen sicher anwenden zu können, sind Angaben zur Genauigkeit bei quantitativen Prüfaufgaben und zur Leistungsfähigkeit bei qualitativen Prüfaufgaben unabdingbar. Mithilfe der Validierung nach Heft 574 des Deutschen Ausschusses für Stahlbeton [2] ist es möglich, zerstörungsfreie Prüfverfahren im Bauwesen bezüglich der Erfüllung einer Prüfaufgabe bzw. von Kundenanforderungen zu bewerten.

Wird ein Prüfverfahren charakterisiert, müssen die Eigenschaften und die Leistungsfähigkeit des für die Prüfung vorgesehenen Verfahrens bekannt sein. Die Prüfaufgabe ist validiert, wenn die Kundenanforderungen, die sich aus dem „speziell beabsichtigten Gebrauch“ ergeben, berücksichtigt werden und die Erfüllung der Kundenanforderungen nachgewiesen wurde.

Typische Verfahrensmerkmale, mit denen die Güte eines quantitativen Prüfverfahrens charakterisiert wird, sind die Ermittlung der Messunsicherheit des Verfahrens nach GUM [3] durch Quantifizierung einzelner Unsicherheitsbeträge sowie der anschließenden Berechnung der Gesamtmessunsicherheit. Außerdem muss eine Aussage über die Genauigkeit, die durch Richtigkeit (Übereinstimmung Schätzwert und wahrer Wert) und Präzision (Standardabweichung) des Messergebnisses beschrieben wird, getroffen werden [2].

Qualitative Prüfaufgaben können mit der in [2] beschriebenen Vorgehensweise ebenfalls validiert werden. Die „Ermittlung der Kundenanforderungen“ sowie der „Nachweis der Erfüllung der Kundenanforderungen“ sind hierbei prüfaufgabenunabhängig und aus den Anforderungen des Kunden und den Anforderungen, die sich aus dem gewählten Prüfverfahren ergeben, zu generieren.

Die „Charakterisierung des Prüfverfahrens“ stellt sich jedoch als schwierig dar, da noch kein Formalismus für einen objektiven Gütenachweis qualitativer zerstörungsfreier Prüfaufgaben im Bauwesen vorhanden ist. Im vorliegenden Artikel wird deshalb die Vorgehensweise der POD auf die ZfP-Bau-Verfahren am Beispiel des Impulsradars zur Detektion metallischer Reflektoren in Abhängigkeit Ihrer Tiefe angewendet, um erstmals qualitative Prüfverfahren objektiv charakterisieren und bewerten zu können.

2 Übertragung der POD auf die zerstörungsfreie Prüfung im Bauwesen

Um ein korrektes Ergebnis bei der POD(a)-Analyse zu erhalten, müssen nach [5] vier Bedingungen eingehalten werden:

Linearität der Parameter „a“/„â“

Es muss zwingend ein physikalischer Zusammenhang zwischen der Prüfsystemantwort „â“ und der Reflektortiefe „a“ vorliegen, der jedoch nichtlinear und durch eine beliebige Funktion gegeben sein kann (z. B. kann das Signal mit linearer Zunahme der Reflektortiefe quadratisch abnehmen). Dieser physikalische Zusammenhang zwischen der Größe „a“ und der Prüfsystemantwort „â“ muss durch Skalierung mit dem Faktor α in eine lineare Beziehung überführt werden können. α kann hierbei z. B. die mathematische Funktion der Logarithmierung enthalten.

Normalverteilung der Prüfsystemantworten „â“

Für eine Reflektortiefe „a“ müssen die zugehörigen Prüfsystemantworten „â“ der Wahrscheinlichkeitsdichtefunktion einer Normalverteilung folgen.

Homogenität der Varianzen σ^2 der Prüfsystemantworten „â“

Es muss eine nahezu homogene Varianz der Prüfsystemantworten „â“ über den gesamten Messbereich vorliegen. Wie in Abbildung 1 dargestellt, müssen die Abweichungen der Prüfsystemantworten „â“ für jede Reflektortiefe „a“ annähernd gleich sein, so dass für alle Reflektortiefen eine Wahrscheinlichkeitsdichtefunktion mit unterschiedlichen Mittelwerten und nahezu gleicher Varianz vorliegt.

unkorrelierte Prüfsystemantworten „â“

Unkorrelierte Prüfsystemantworten „â“ werden erzeugt, wenn eine beliebige Anzahl unabhängiger Beobachtungen einer Reflektortiefe bei identischen Randbedingungen vorgenommen werden kann. Diese unabhängige rückwirkungsfreie Messdatenaufnahme einer Reflektortiefe ohne systematische Abweichungen, deren

Mittelwert gegen den wahren Wert strebt, bezeichnet man als unkorrelierte Prüfsystemantworten bzw. unabhängige Beobachtungen.

Im vorliegenden Anwendungsfall wird ein linearer Zusammenhang zwischen der Reflektortiefe a und der Prüfsystemantwort \hat{a} als erste Voraussetzung nachgewiesen. Durch Logarithmieren der Signalantworten \hat{a} , die im Scheitelpunkt der Reflexionshyperbeln ausgelesen werden, kann ein linearer Zusammenhang hergestellt werden. Dies liegt darin begründet, dass sich die Amplitudenschwächung hauptsächlich aus Absorption, Divergenz (Öffnungswinkel der Antenne) sowie Reflexion und Streuung infolge des heterogenen Materials Beton ergibt [6], [7]. Dies hat zur Folge, dass die Signalamplitude mit zunehmender Tiefe exponentiell abnimmt [8]. Als Prüfsystemantwort „ \hat{a} “ werden darum die Signalamplituden des Prüfsystems im Scheitelpunkt der Reflexionshyperbel verwendet, da die exponentiale Signalschwächung durch Logarithmierung linearisiert und somit die erste Voraussetzung, ein linearer Zusammenhang, zwischen der Prüfsystemantwort „ \hat{a} “ und der Reflektortiefe „ a “ erzeugt wird.

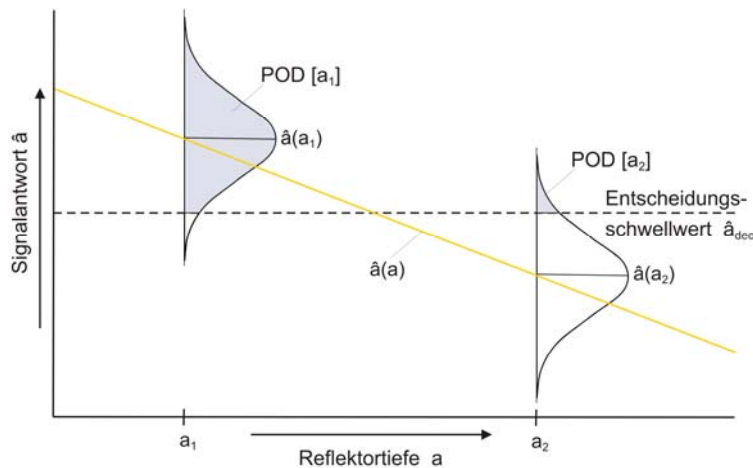


Abbildung 1: Schema der POD(a) Berechnung aus einer \hat{a} vs. a Beziehung, in Anlehnung an [4]

Die Wahrscheinlichkeitsfunktion der Normalverteilung der Prüfsystemantworten \hat{a} wird für die richtige Erzeugung einer POD(a)-Kurve vorausgesetzt, da die POD(a)-Kurve im Ergebnis eine kumulierte Verteilungsfunktion der Normalverteilung darstellt. Die Linearität zwischen den Parametern der Reflektortiefen a und den exponentiell abnehmenden Prüfsystemantworten \hat{a} wird durch das Logarithmieren der Prüfsystemantworten \hat{a} erzielt. Diese Neuskalierung der Achse der Prüfsystemantworten \hat{a} hat zur Folge, dass eine Normalverteilung der Prüfsystemantworten $\ln(\hat{a})$ nachgewiesen werden muss. Deshalb wird der Nachweis geführt, dass eine logarithmische Normalverteilung der Prüfsystemantworten \hat{a} vorliegt, da die Wahrscheinlichkeitsfunktion der logarithmischen Normalverteilung die Verteilung einer Zufallsvariablen beschreibt, wenn der Logarithmus dieser Zufallsvariablen normalverteilt ist.

Der Nachweis der Wahrscheinlichkeitsfunktion der Lognormalverteilung wird mithilfe des Kolmogorov-Smirnov-Anpassungstests geführt. Mit diesem Anpassungstest, der auch als Signifikanztest bezeichnet werden kann, wird objektiv das hypothetisch angenommene Verteilungsmodell überprüft. Verglichen wird mithilfe des Kolmogorov-Smirnov-Anpassungstests die empirisch vorliegende Häufigkeit der Zufallsvariablen der Prüfsystemantworten \hat{a} mit der theoretisch erwarteten und nachzuweisenden Häufigkeit der Wahrscheinlichkeitsfunktion der Lognormalverteilung. Den Ausgangspunkt dazu bildet die zu testende Nullhypothese H_0 – „Die Prüfsystemantworten \hat{a} folgen der Wahrscheinlichkeitsfunktion der Lognormalverteilung“ –, die durch den Anpassungstest

auf einem Signifikanzniveau von $\alpha=0,05$ angenommen oder verworfen wird und die die Art der Verteilungsfunktion und ihre Parameter spezifiziert [9]. Die Ergebnisse des Kolmogorov-Smirnov-Anpassungstests, die darin bestehen, ob durch den Vergleich der Differenzen d_{\max} und d_{α} die Nullhypothese H_0 abgelehnt oder angenommen wird, sind beispielhaft für eins der acht untersuchten Radarprüfsysteme in Abbildung 2 dargestellt. Die Diagramme wurden hierbei mit der Software „EasyFit 5.5 Professional Evaluierungsversion“ erstellt.

Um den Kolmogorov-Smirnov-Anpassungstest mit einer großen Stichprobe führen zu können, wurden mit jedem Radarprüfsystem 100 Messspuren auf der entsprechenden Seitenfläche der Referenztestkörper aufgezeichnet, von der aus sich die Reflektortiefe a der metallischen Reflektoren im Bereich zwischen 10% und 90% Detektionswahrscheinlichkeit befindet.

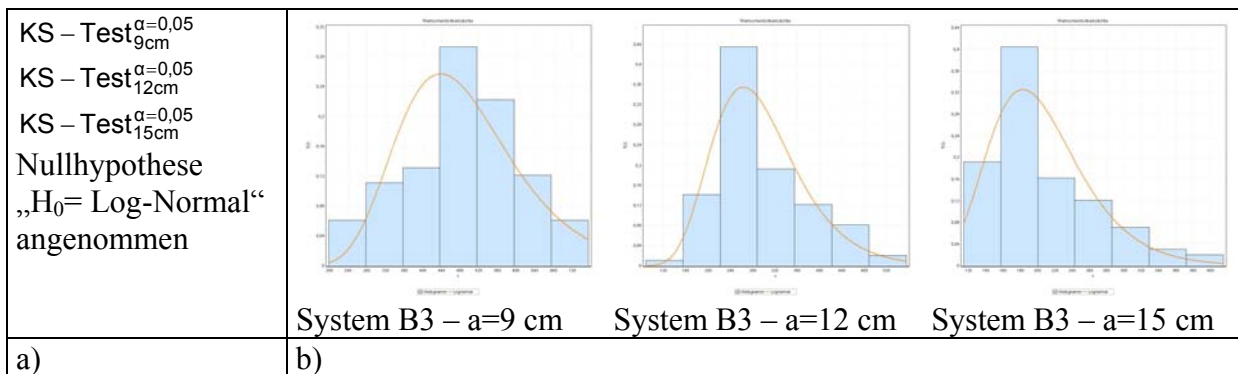


Abbildung 2: Nachweis der Normalverteilung der Prüfsystemantworten „ \hat{a} “ für das Radarprüfsystem B3 mit dem Kolmogorov-Smirnov-Anpassungstest in den entsprechenden Reflektortiefen a

- a) Ergebnisse des Kolmogorov-Smirnov-Anpassungstests
- b) grafische Darstellung der Verteilung der Signalamplituden \hat{a} in einem Histogramm und der sich aus der Stichprobe ergebenden Lognormalverteilung

Für den Nachweis homogener Varianzen wird für jede Stichprobe einer Reflektortiefe a die Standardabweichung σ der Prüfsystemantworten $\ln(\hat{a})$ berechnet. Die Standardabweichungen σ sind in Abbildung 3 dargestellt und werden miteinander verglichen, womit der Nachweis homogener Varianzen erbracht wurde.

System B3	a=9 cm; $\sigma=0,27$	a=12 cm; $\sigma=0,28$	a=15 cm; $\sigma=0,28$
-----------	-----------------------	------------------------	------------------------

Abbildung 3: Nachweis der Homogenität der Varianzen der Prüfsystemantworten „ \hat{a} “ für das Radarprüfsystem B3 in den entsprechenden Reflektortiefen a

Somit wurde in diesem Kapitel nachgewiesen, dass die POD als statistisches Werkzeug genutzt werden kann, um die qualitative Fragestellung, bis zu welcher Tiefe metallischer Reflektoren zuverlässig mit dem Impulsradar detektiert werden können, objektiv beantworten zu können.

3 Konzipierung von Testkörpern

In diesem Kapitel wird beschrieben, wie ein Referenztestkörper für die zerstörungsfreie Prüfung im Bauwesen, der zur Bestimmung des Kennwerts „zuverlässige Detektionstiefe $a_{90/95}$ “ metallischer Reflektoren“ dienen soll, konzipiert wird. An diesen Referenztestkörpern werden die notwendigen Untersuchungen zur Charakterisierung eines Prüfsystems, die einen späteren Vergleich unterschiedlicher Prüfsysteme sowie eine

Quantifizierung von Einflussgrößen ermöglichen, durchgeführt. Hierbei wird eine Unterteilung in die unterschiedlichen Einflussbereiche „POD“, „Baustoffe“ und „Radarverfahren“ vorgenommen, da alle drei Einflussbereiche unterschiedliche Auswirkungen auf die Konzeption des Referenztestkörpers haben. Abbildung 4 stellt die konzipierten Testkörper in Bild und Zeichnung dar.

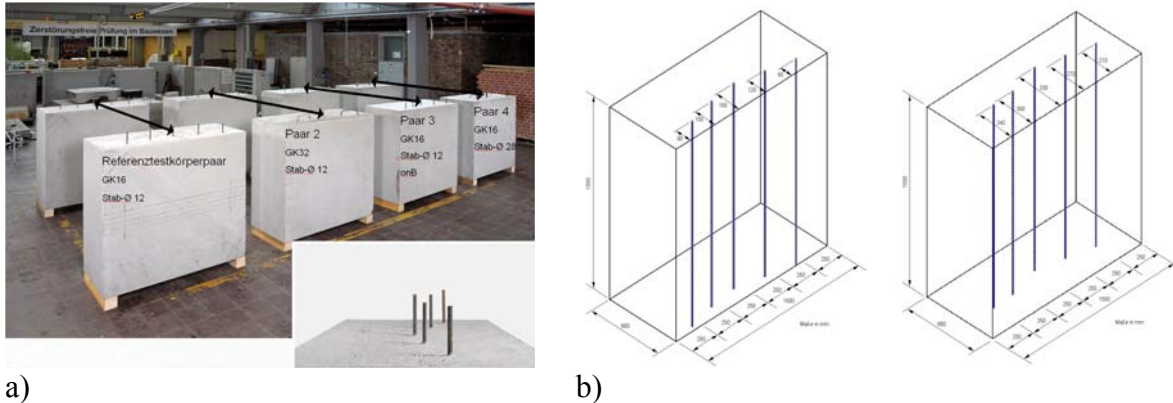


Abbildung 4: Testkörper für die POD(a)-Analyse zur Charakterisierung und zum Vergleich unterschiedlicher Radarprüfsysteme sowie zur Quantifizierung von Einflussgrößen
a) Testkörperpaare nach der Herstellung
b) schematische Darstellung des Referenztestkörperpaars

Für die Erstellung einer POD(a)-Kurve mithilfe der „ \hat{a} vs. a “-Analyse wird empfohlen, innerhalb eines Versuchs mindestens 30 - 40 Wertepaare (a , \hat{a}) im signifikanten Wahrscheinlichkeitsintervall (10%, 90%) aufzuzeichnen, wobei eine höhere Anzahl an Wertepaaren immer die Genauigkeit der POD(a)-Kurve erhöht [4], [5]. Zusätzlich ist für die Erstellung einer POD(a)-Kurve ist wie in Abbildung 1 dargestellt, die Ermittlung eines Entscheidungsschwellwertes \hat{a}_{dec} erforderlich, mit dem festgelegt wird, ob eine Prüfsystemantwort „ \hat{a} “ eines Reflektor als Signal oder als Rauschen definiert wird. Da die Festlegung des sinnvollen Entscheidungsschwellwertes \hat{a}_{dec} eine Analyse des Rauschens voraussetzt, ist es unerlässlich, einen Bereich innerhalb des Referenztestkörpers zu schaffen, in dem das Rauschen aufgezeichnet werden kann. Die Ermittlung des Entscheidungsschwellwertes \hat{a}_{dec} ist in [11] beschrieben.

Neben der Erstellung einer POD(a)-Kurve mit einer möglichst hohen Genauigkeit besteht ein weiteres Ziel darin, durch den Einsatz häufig verwendeter Baustoffe einen Referenztestkörper zu erstellen, der die realen Bedingungen repräsentiert. Aus der schnellen und effektiven Verlegung der Bewehrung mit minimalem Arbeitskräfteeinsatz und unter Berücksichtigung der Ökonomie des Bauvorhabens hat sich der Stabdurchmesser 12 mm als der meist verbaute Durchmesser von Bewehrungsstahl herausgestellt [10]. Die Wahl des zu verwendenden Betons stellt sich ungleich schwieriger dar, da der heterogene Werkstoff durch eine hohe Zahl unterschiedlicher Parameter beschrieben wird. Aus diesem Grund wurde ein normaler Beton mit einem w/z-Wert von 0,49 und ein Zement CEM I 32,5R verwendet.

Die Randbedingungen des Impulsradars sind durch die maximale Eindringtiefe der elektromagnetischen Wellen sowie durch das laterale Auflösungsvermögen gegeben. Diese Parameter haben einen großen Einfluss auf die Anordnung der Reflektoren sowie auf die Dicke des Testkörpers.

4 Charakterisierung und Vergleich unterschiedlicher Impulsradarsysteme

Nachdem die Gültigkeit der Übertragung der POD auf die zerstörungsfreie Prüfung im Bauwesen nachgewiesen und Testkörper erstellt wurden, wurden über einen Zeitraum von einem Jahr die Messungen mit acht unterschiedlichen Radarprüfsystemen auf den Testkörperseitenflächen durchgeführt. Diese Radarprüfsysteme unterscheiden sich dabei in ihrer Antennenmittenfrequenz, haben unterschiedliche Pulsbreiten sowie unterschiedlich stark ausgeprägtes elektronisches Rauschen.

Abbildung 5 stellt beispielhaft die Ergebnisse eines Radarprüfsystems dar.

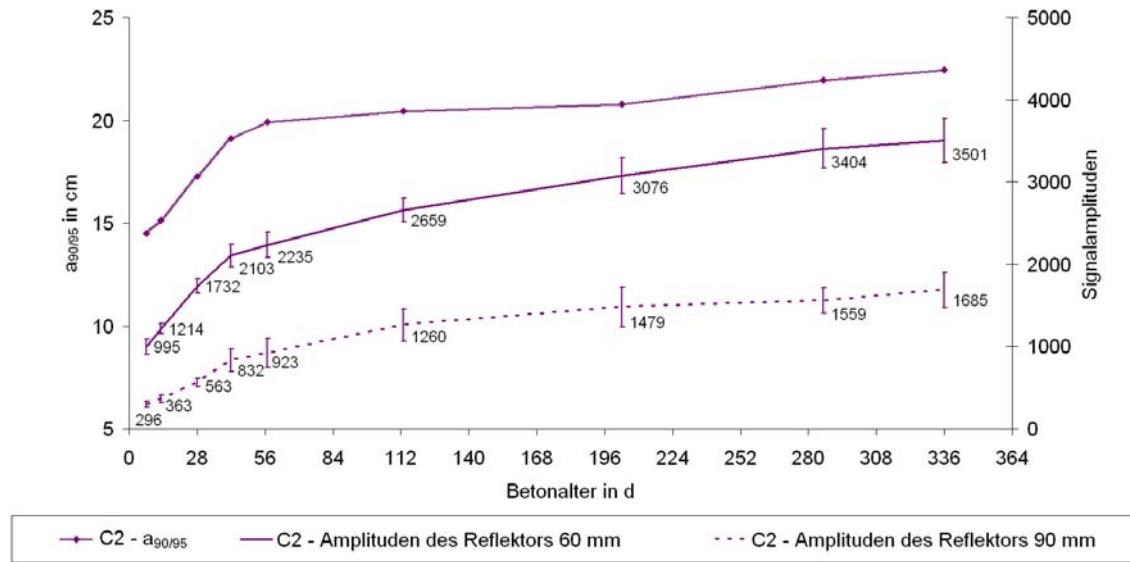


Abbildung 5: Darstellung des Verlaufs der Aushärtung am Beispiel des Systems C2 sowie der Entwicklung der Amplituden über einen Zeitraum von 336 Tagen

Die zuverlässige Detektionstiefe $a_{90/95}$ wird durch die obere Kurve im Diagramm dargestellt. Dazu wurde in definierten Zeitabständen die Messungen durchgeführt und anschließend mit Hilfe der Signalamplituden \hat{a} eine $POD(a)$ -Analyse durchgeführt, deren Ergebnis, die zuverlässige Detektionstiefe $a_{90/95}$, ein Datenpunkt der Kurve darstellt. Es ist ersichtlich, dass gerade in den ersten 2 Monaten die zuverlässige Detektionstiefe $a_{90/95}$ stark zunimmt. Anschließend nimmt die zuverlässige Detektionstiefe $a_{90/95}$ nur noch in geringem Maß zu. Die beiden unteren Kurven stellen zusammen mit den Fehlerbalken (einfache Standardabweichung σ) die Entwicklung der Signalamplituden an den Reflektoren in den Tiefen von 6 cm und 9 cm dar. Der Verlauf aller Kurven ist nahezu gleich, was zum Einen die Richtigkeit der $POD(a)$ -Analyse belegt, zum Anderen auch darauf hinweist, dass die Zunahme der Amplituden sowie der zuverlässigen Detektionstiefe $a_{90/95}$ der Hydratation des Betons geschuldet ist.

Somit kann in diesem Diagramm das Radarprüfsystem C2 erstmals objektiv charakterisiert sowie die Einflussgröße der Aushärtung quantifiziert werden.

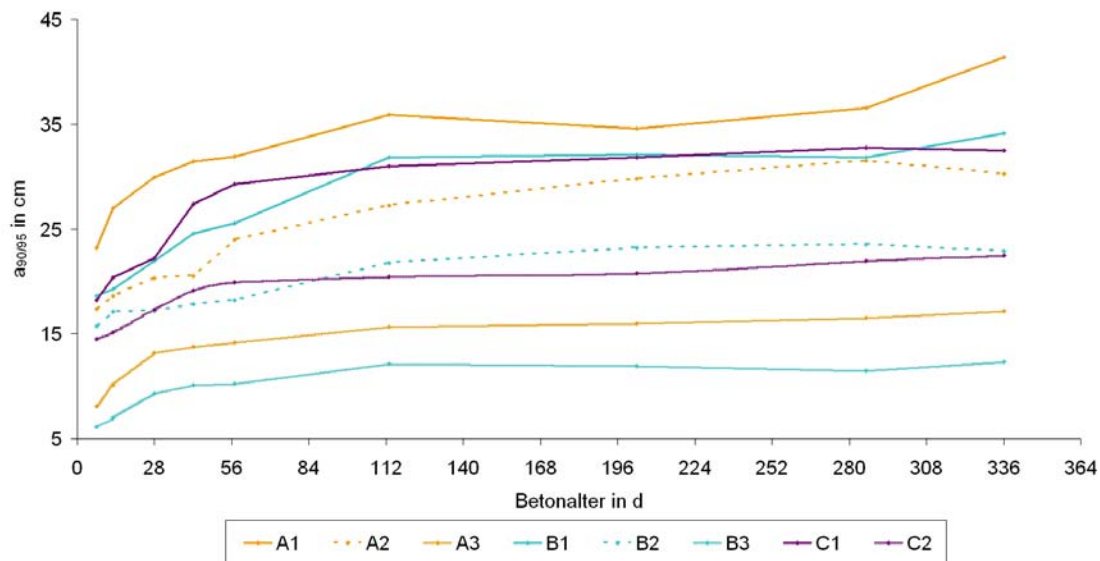


Abbildung 6: Vergleich der untersuchten acht Radarprüfsysteme hinsichtlich Ihrer Detektionstiefe $a_{90/95}$ und Darstellung des Verlaufs der Aushärtung des Betons

In Abbildung 6 werden die untersuchten acht Radarprüfsysteme einander gegenübergestellt. Somit kann ein Vergleich unterschiedlicher Radarprüfsysteme zu einem beliebigen Zeitpunkt objektiv erfolgen.

5 Quantifizierung von Einflussgrößen auf die zuverlässige Detektionstiefe $a_{90/95}$ am Beispiel des Reflektordurchmessers

Am Beispiel des Reflektordurchmessers soll die Mächtigkeit des statistischen Werkzeugs der POD(a) untermauert werden. An drei unterschiedlichen Zeitpunkten wurden Messungen mit den acht unterschiedlichen Radarprüfsystemen vorgenommen. Paarweise werden in Abbildung 7 die zuverlässige Detektionstiefe $a_{90/95}$ bei unterschiedlichen Reflektordurchmessern, 12 mm und 28 mm, im Betonalter 28 Tage, 113 Tage und 203 Tage verglichen. Die zuverlässige Detektionstiefe $a_{90/95}$, die mit der POD(a)-Analyse durch Auswertung der Signalamplituden in den Scheitelpunkten der Reflexionshyperbeln ermittelt wurde, wird nach 203 Tagen zusätzlich zahlenmäßig im Diagramm dargestellt. Bemerkenswert ist, dass bei allen verwendeten acht Radarprüfsystemen die Detektionstiefe $a_{90/95}$ eines Reflektors mit einem Durchmesser von 12 mm größer ist als die Detektionstiefe eines Reflektors mit einem Durchmesser von 28 mm. Eine Begründung für diese Entwicklung der Detektionstiefe $a_{90/95}$ in Abhängigkeit des Reflektordurchmessers ist momentan noch Gegenstand der Forschung.

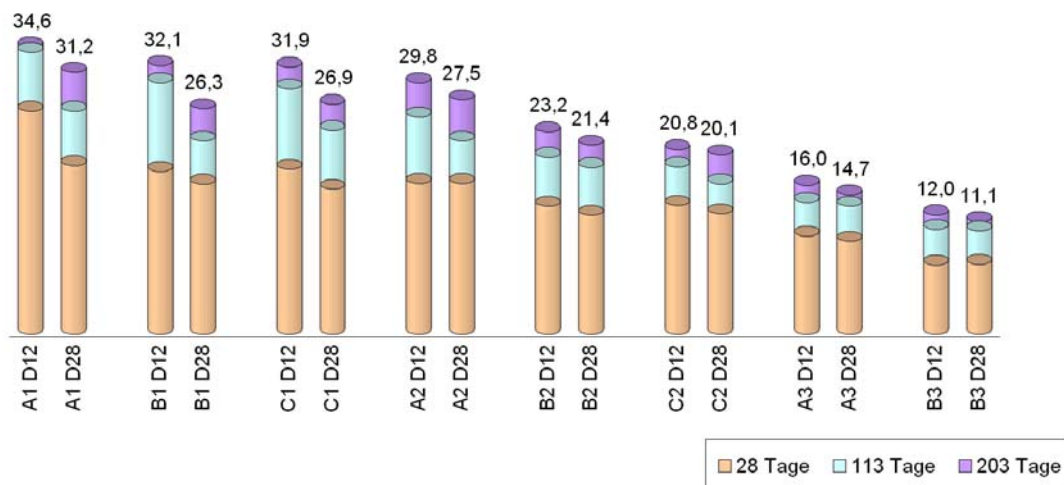


Abbildung 7: Darstellung der zuverlässigen Detektionstiefe $a_{90/95}$ in Abhängigkeit des Reflektordurchmessers, des Radarprüfsystems sowie des Betonalters

6 Zusammenfassung

Es wurde nachgewiesen, dass die POD auf die zerstörungsfreie Prüfung unter Einhaltung der vier Voraussetzungen für eine korrekte POD(a)-Analyse übertragen werden kann. Die anschließende Konzeption der Testkörper im Rahmen eines faktoriellen Versuchsplans, also die Variation einer Einflussgröße pro Testkörper zur quantitativen Bestimmung des Einflusses auf die zuverlässige Detektionstiefe $a_{90/95}$ hat sich als wirkungsvoll erwiesen. Somit können erstmals an den Referenztestkörpern unterschiedliche Radarprüfsysteme mit einem objektiven Kennwert – zuverlässige Detektionstiefe $a_{90/95}$ – versehen und miteinander verglichen werden. Zusätzlich können die Einflussgrößen Aushärtung des Betons, Reflektordurchmesser, Größtkorn der Gesteinskörnung, Polarisation sowie oberflächennahe Mattenbewehrung in Bezug auf die zuverlässige Detektionstiefe $a_{90/95}$ zahlenmäßig dargestellt und somit quantifiziert werden.

Referenzen

- [1] Kind, Th., Feistkorn, S., Trela, Ch., Wöstmann, J.: Impulsradar für schadensfreie Kernbohrungen an Spannbetonbrücken Zeitschriftenartikel: Beton- und Stahlbetonbau 104 (2009) 12, 876-881; Ernst ISSN 0005-9900, 1437-1006
- [2] Taffe, A.: Zur Validierung quantitativer zerstörungsfreier Prüfverfahren im Stahlbetonbau am Beispiel der Laufzeitmessung, Schriftenreihe des Deutschen Ausschusses für Stahlbeton, Beuth Verlag Berlin, Heft 574 (Dissertation RWTH Aachen, 2008)
- [3] DIN V ENV 13005, Leitfaden zur Angabe der Unsicherheit beim Messen, Deutsche Fassung ENV 13005:1999, Juni 1999; deutsche Übersetzung des GUM - „Guide to the expression of uncertainty in measurement“ (ISBN 92-67-10188-9)
- [4] Berens, A. P.: NDE Reliability Analysis, Reprinted from METALS HANDBOOK® Volume 17, 9th Edition: Nondestructive Evaluation and Quality Control, University of Dayton Research Institute, ASM International 1989
- [5] MIL-HDBK-1823A, Department of Defence Handbook, Nondestructive Evaluation System Reliability Assessment, 7. April 2009
- [6] Merkblatt über das Radarverfahren zur Zerstörungsfreien Prüfung im Bauwesen, DGZfP Deutsche Gesellschaft für zerstörungsfreie Prüfung, Berlin (Ausgabe Februar 2008)

- [7] Knödel, K., Krummel, H. und G. Lange: Geophysik – Handbuch zur Erkundung des Untergrundes Band 3, Springer-Verlag Berlin, Berlin 2005, ISBN 3-540-22275-8
- [8] Butler, D. K.: Near-Surface Geophysics, Society Of Exploration Geophysicists, 2005, ISBN 978-1-560-80130-6
- [9] Rinne, H.: Taschenbuch der Statistik, Verlag Harri Deutsch, Frankfurt am Main 2008, ISBN 978-3-8171-1827-4
- [10] Kämpfe, H.: Bewehrungstechnik aus der Sicht eines Biege- und Verlegebetriebes, In: Institut für Stahlbetonbewehrung e.V., Betonstahltag 2004, Berlin, 26.2.2004, entnommen der Internetpräsenz: http://www.isb-ev.de/bin/load_file.pl?p_dok_id=1000191&p_sys_bereich=Biblio-thek
- [11] Feistkorn, S. und A. Taffe: Die Anwendung der POD zum Nachweis der Güte zerstörungsfreier Prüfverfahren im Bauwesen in: DGZfP; DGZfP-Jahrestagung 2010, Erfurt, 10. – 12. Mai 2010, Berichtsband 122-CD, ISBN 978-3-940283-26-9