



DEUTSCHE
GESELLSCHAFT FÜR
ZERSTÖRUNGSFREIE
PRÜFUNG e.V.

DGZfP-Fachausschuss ZfP im Bauwesen
Unterausschuss Qualitätssicherung

Richtlinie B-LF 01

Leitfaden zur Erstellung von Prüfanweisungen für
die Zerstörungsfreie Prüfung im Bauwesen
(ZfP Bau)

April 2022

Wer ist die DGZfP?

Als technisch-wissenschaftlicher Verein verfolgt die DGZfP das Ziel der Erforschung, Anwendung und Verbreitung der zerstörungsfreien Prüfverfahren. Zu ihren rund 1.600 Mitgliedern gehören große Konzerne und mittelständische Unternehmen die Zerstörungsfreie Prüfung (ZfP) einsetzen, ebenso Forschungseinrichtungen, Universitäten und Behörden, aber auch einzelne Personen, die sich mit der ZfP beschäftigen.

Die DGZfP organisiert die Kommunikation und den Erfahrungsaustausch zwischen Forschungs- und Entwicklungsinstituten und ZfP-Anwendern, Geräteherstellern und Dienstleistern und informiert über neueste ZfP-Entwicklungen in der Gerätetechnik und den ZfP-Anwendungen.

Zur Lösung spezieller technischer Probleme hat die DGZfP Fachausschüsse eingerichtet. Der praxisnahe Erfahrungsaustausch und die kostenfreie fachliche Weiterbildung finden in regionalen Arbeitskreisen statt.

Die DGZfP veranstaltet regelmäßig Konferenzen und Seminare. Höhepunkt ist die jährliche Jahrestagung mit über 500 Teilnehmern. Die DGZfP ist Mitglied des EFNDT und ICNDT, der europäischen und der weltweiten Dachorganisation der nationalen ZfP-Gesellschaften.

Weitere Arbeitsgebiete sind die Qualifizierung und Zertifizierung von Prüfpersonal in der Zerstörungsfreien Prüfung. Das Angebot umfasst Kurse und Qualifizierungsprüfungen nach DIN EN ISO 9712, in allen Produktsektoren, in zehn ZfP-Verfahren und drei Qualifizierungsstufen sowie behördlich anerkannte Ausbildungen im Strahlenschutz entsprechend den Fachkunde-Richtlinien Technik.

Mit Veröffentlichung der europäischen Norm DIN EN 473 im Jahre 1993, ersetzt durch die DIN EN ISO 9712 im Jahr 2013, wurde eine unabhängige DGZfP-Personal-Zertifizierungsstelle (DPZ) eingerichtet.

Die DPZ ist von der Zentralstelle der Länder für Sicherheitstechnik (ZLS) als anerkannte unabhängige Prüfstelle nach der europäischen Richtlinie 2014/68/EU (Druckgeräte richtlinie „DGR“) anerkannt und für den nicht geregelten Bereich von der Deutschen Akkreditierungsstelle GmbH (DAkkS) als Zertifizierungsstelle für Personal der Zerstörungsfreien Prüfung akkreditiert. Weiterhin garantieren Verträge mit vielen Ländern Europas und Ländern in Übersee, sowie die Mitgliedschaft im Multilateral Recognition Agreement des EFNDT, dem DGZfP-Zertifikat internationale Anerkennung.

Besuchen Sie uns:



Der Inhalt von DGZfP-Richtlinien und -Merkblättern ist ein von Experten formulierter Stand der Technik, dessen Anwendung empfohlen wird.

Herausgeber:



www.dgzfp.de

Max-Planck-Straße 6 • D-12489 Berlin

Telefon: +49 30 67807-0 • Telefax: +49 30 67807-109 • E-Mail: mail@dgzfp.de

ISBN 978-3-947971-23-7

© DGZfP e.V. 04/2022. Alle Rechte vorbehalten, insbesondere das Recht auf Vervielfältigung und Verbreitung sowie Übersetzung auch in elektronischen Systemen bedarf der schriftlichen Genehmigung der DGZfP e.V.

DGZfP B-LF 01, Ausgabe April 2022

Weitere DGZfP-Richtlinien und Merkblätter (Stand: 04/2022):

A 01	Richtlinie über die Qualifizierung von Prüfwerkern der Zerstörungsfreien Prüfung
A 05	Richtlinie für Ausbildungsstätten – Mindestanforderungen an Ausstattung und Organisation
AT Kompendium pdf	Kompendium Schallemissionsprüfung – Grundlagen, Verfahren und praktische Anwendung
B 02	Zerstörungsfreie Betondeckungsmessung und Bewehrungsortung an Stahl- und Spannbetonbauteilen
B 03	Elektrochemische Potentialmessungen zur Detektion von Bewehrungsstahlkorrosion
B 04	Ultraschallverfahren zur zerstörungsfreien Prüfung im Bauwesen
B 05	Merkblatt über das aktive Thermographieverfahren zur Zerstörungsfreien Prüfung im Bauwesen
B 06	Merkblatt über die Sichtprüfung und Endoskopie als optische Verfahren zur Zerstörungsfreien Prüfung im Bauwesen
B 08	Merkblatt Seismische Baugrunderkundung
B 09	Dauerüberwachung von Ingenieurbauwerken
B 10	Merkblatt über das Radarverfahren zur Zerstörungsfreien Prüfung im Bauwesen
B 11	Merkblatt über die Anwendung des Impakt-Echo-Verfahrens zur Zerstörungsfreien Prüfung von Betonbauteilen
B 12	Korrosionsmonitoring bei Stahl- und Spannbetonbauwerken
Bruchortung	Positionspapier - Magnetische Verfahren zur Spannstahlbruchortung
D 01	Messung der optischen Dichte in Durchstrahlungsaufnahmen
D 02	Dunkelkammerverarbeitung von Industrie-Röntgenfilmen
D 03	Schweißnahtvermessung bei Zerstörungsfreier Prüfung und Filmkennzeichnung bei Durchstrahlungsprüfungen
D 04	Ermittlung der Prüfbereichsabmessung für die Durchstrahlungsprüfung von Gussstücken
D 05 pdf	Vergleichs-Durchstrahlungsbilder für Gussstücke aus Gusseisen mit Lamellen- und Kugelgraphit
D 06	Anforderungen und Rahmenbedingungen für den Einsatz der Röntgencomputer-tomographie in der Industrie
DP 01	Richtlinie über die Auswahl eines geeigneten Prüfgases für die Dichtheitsprüfung nach DIN EN 13185

DP 02	Richtlinie zur Umrechnung der mit Prüfgasen gemessenen Leckageraten in andere Medien (Gase, Flüssigkeiten)
DP 03	Merkblatt zur Charakterisierung von Prüfgas-Nachweissystemen für Dichtheitsprüfungen
DP 04	Arten von Gasprüfleck und ihre Verwendung bei Dichtheitsprüfverfahren
DP 05	Messunsicherheit und Messmittelfähigkeit bei der Dichtheitsprüfung
EM 06	Merkblatt über Betrachtungsplätze für die fluoreszierende Prüfung mit dem Magnetpulver- und Eindringverfahren - Ausrüstung und Schutzmaßnahmen bei Arbeiten mit UV-Strahlung
HB PA	Handbuch für die Materialprüfung mit Ultraschall Phased Array
ISB 02	Zustand der Eisenbahnfahrzeuge - Verfahren zur Bestätigung der Kompetenz einer ZfP-Prüfstelle nach DIN 27201-7 durch eine dritte Seite
ISB 03	Zustand der Eisenbahnfahrzeuge - Validierung und Überwachung von mechanisierten bzw. automatisierten Prüfanlagen in ZfP-Prüfstellen
MC 01	Richtlinie für Kriterien zur Auswahl von Härteprüfverfahren mit mobilen Geräten
MR 01	Metrologische Rückführbarkeit von Hilfsgeräten für die Eindring- und Magnetpulverprüfung
MTHz 01	Mikrowellenprüfung: Grundlagen und Anwendungen
OV 01	Merkblatt über Optische Verfahren - Auswahl und Erstprüfung von optischen Sichtprüfgeräten; Überprüfung von optischen Sichtprüfgeräten durch den Anwender
SE 02	Verifizierung von Schallemissionssensoren und ihrer Ankopplung im Labor
SHM 01	Strukturprüfung mit geführten Wellen als Sonderform des Ultraschalls
US 02	Richtlinie Bildgebende Ultraschallprüfung von Neuen Werkstoffen
US 03	Richtlinie zur Ultraschallprüfung des prüfkopfnahen Oberflächenbereiches
US 06	Akustische Resonanzverfahren zur Zerstörungsfreien Prüfung
US 07	Richtlinie zur Festlegung des Prüfrasters bei der automatisierten Ultraschallprüfung großer Schmiedestücke
ZfP 01	Richtlinie Zerstörungsfreie Prüfung entsprechend ASME Boiler and Pressure Vessel Code

Informationen unter: www.dgzfp.de (PUB-Shop)

Autoren-/Firmenverzeichnis:

Der vorliegende Leitfaden wurde durch den Unterausschuss Qualitätssicherung des FA ZfP im Bauwesen erarbeitet.

Dr.-Ing. Daniel Algernon (Vorsitzender des UA)	Schweizerischer Verein für technische Inspektionen (SVTI), Wallisellen
Prof. Dr.-Ing. Ralf Arndt	Fachhochschule Erfurt
Dipl.-Ing. Bente Ebsen	HOCHTIEF Engineering GmbH, Mörfelden-Walldorf
Dr.-Ing. Sascha Feistkorn	DGZfP Ausbildung und Training GmbH, Berlin
Dr.-Ing. Martin Friese	Deutsches Zentrum für Schienenverkehrsforschung beim Eisenbahn-Bundesamt (DZSF), Dresden
Prof. Dr.-Ing. habil. Dipl.-Geophys. Christian Große	Technische Universität München
Dr. Susanne Kathage	Allied Associates Geophysical GmbH, Borken
Univ.-Prof. Dr. Sylvia Keßler	Helmut-Schmidt-Universität, Universität der Bundeswehr Hamburg
Dr.-Ing. Dipl.-Geophys. Jochen Kurz	DB Systemtechnik GmbH, Brandenburg-Kirchmöser
Dr.-Ing. Stefan Küttenbaum	Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung, Berlin
Carsten Lohse	Bewehrungsnachweis & Analyse Carsten Lohse, Augustusburg
Dr.-Ing. Stefan Maack	Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM), Berlin
PD Dr. rer. nat. Ernst Niederleithinger	Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM), Berlin
Dipl.-Ing. Martin Schickert	Materialforschungs- und -prüfanstalt (MFPA) an der Bauhaus- Universität Weimar
Gunnar Schröder	Proceq SA, Schwerzenbach (Schweiz)
Prof. Dr.-Ing. Alexander Taffe	HTW - Hochschule für Technik und Wirtschaft, Berlin
Prof. Dr.-Ing. Andrei Walther	Kiwa GmbH, Berlin
Dipl.-Ing. Martin Wilcke	DEGES Deutsche Einheit Fernstraßenplanungs- und -bau GmbH, Berlin
Dr. Julia Wolf	DB Engineering & Consulting GmbH, Bremen
Dipl.-Ing. Jens Wöstmann	Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM), Berlin

Inhalt

1	Vorwort und Motivation	1
2	Prüfanweisungen	3
2.1	Erstellung von Prüfanweisungen	4
2.2	Nutzung von Prüfanweisungen	4
2.3	Spezifische Auslegung von Prüfanweisungen	4
2.4	Angemessener Detaillierungsgrad	4
2.5	Validierung und Freigabe	5
3	Wesentliche Bestandteile von Prüfanweisungen	5

1 Vorwort und Motivation

Die Bedeutung zerstörungsfreier Prüfverfahren zur Untersuchung und Zustandsbewertung von Bauteilen und Bauwerken (ZfP Bau) im Ingenieurbau wächst stetig.

Zu den Untersuchungsobjekten gehören neben Tragwerken der Verkehrsinfrastruktur und Wohngebäuden auch Bauwerke von Gewerbe und Industrie sowie der Energietechnik. Diese bestehen i.d.R. aus einer Vielzahl unterschiedlicher und oft heterogener Materialien und Verbundwerkstoffen (Beton, Holz, Stein, Stahl- und Spannbeton, Mauerwerk, Faserverbund, Kunststoffe etc.), was deren Prüfung oft anspruchsvoll macht.

Die zerstörungsfreie Prüfung (ZfP) hat große Bedeutung bei sehr unterschiedlichen Prüfaufgaben wie z.B.:

- Qualitätssicherung
- Bestimmung von Geometrien bzw. Bauteilabmessungen
- Detektion konstruktiver Elemente wie z.B. Bewehrungen, Verankerungen und Spannkanälen und der Bestandsaufnahme
- Bauteildiagnostik bei unbekanntem Eigenschaften bzw. unvollständigen Bauwerksplänen
- Beurteilung der Dauerhaftigkeit
- Nachweis der strukturellen Integrität durch Detektion von Defekten

Bei Veränderung der Bausubstanz durch Umbau und Rekonstruktion bzw. Instandsetzung von Schäden sind zerstörungsfreie Prüfverfahren eine zuverlässige und bewährte Unterstützung im Planungs- und Bauablauf. Für die Durchführung der Prüfaufgaben steht eine Vielzahl von ZfP Bau-Verfahren zur Verfügung, die sich unterschiedlicher physikalischer Prinzipien bedienen.

Derzeit ist nur die Rückprallhammerprüfung durch eine normative Regelung erfasst. Für die anderen ZfP Bau-Verfahren existieren Merkblätter, die vom Fachausschuss „Zerstörungsfreie Prüfung im Bauwesen“ (FA ZfP Bau) der Deutschen Gesellschaft für Zerstörungsfreie Prüfung (DGZfP) herausgegeben werden. Die folgende Aufzählung bietet einen Überblick:

Titel des Dokumentes	Kurzbezeichnung
Prüfung von Beton in Bauwerken - Teil 2: Zerstörungsfreie Prüfung - Bestimmung der Rückprallzahl; Deutsche Fassung EN 12504-2:2021	DIN EN 12504-2
Prüfung von Beton in Bauwerken - Teil 4: Bestimmung der Ultraschallgeschwindigkeit; Deutsche Fassung EN 12504-4:2021	DIN EN 12504-4
ZTV-ING Teil 5 Abschnitt 1 Anhang A: Richtlinie für die Anwendung der zerstörungsfreien Prüfung von Tunnelinnenschalen (RI-ZFP-TU)	ZTV-ING 5-1 RI-ZFP-TU
Merkblatt zur zerstörungsfreien Betondeckungsmessung und Bewehrungsortung an Stahl- und Spannbetonbauteilen	Merkblatt B 02
Merkblatt für Elektrochemische Potentialmessungen zur Detektion von Bewehrungsstahlkorrosion	Merkblatt B 03
Merkblatt für Ultraschallverfahren zur zerstörungsfreien Prüfung im Bauwesen	Merkblatt B 04
Merkblatt über das aktive Thermographieverfahren zur zerstörungsfreien Prüfung im Bauwesen	Merkblatt B 05
Merkblatt über die Sichtprüfung und Endoskopie als optische Verfahren zur zerstörungsfreien Prüfung im Bauwesen	Merkblatt B 06
Merkblatt Seismische Baugrunderkundung	Merkblatt B 08
Merkblatt über die automatisierte Dauerüberwachung im Ingenieurbau*	Merkblatt B 09
Merkblatt über das Radarverfahren zur zerstörungsfreien Prüfung im Bauwesen	Merkblatt B 10
Merkblatt über die Anwendung des Impakt-Echo-Verfahrens zur zerstörungsfreien Prüfung von Betonbauteilen	Merkblatt B 11
Merkblatt über Korrosionsmonitoring bei Stahl- und Spannbetonbauwerken	Merkblatt B 12
Merkblatt zur Feuchtemessung im Bauwesen*	Merkblatt B 13 (i.V.)
* diese Merkblätter erläutern jeweils mehrere Verfahren	

Durch den bislang erreichten Fortschritt in Forschung und Entwicklung haben moderne ZfP Bau-Verfahren eine beachtliche Leistungsfähigkeit erreicht mit zunehmender Relevanz für die Praxis. Von verschiedenen Herstellern sind ausgereifte kommerzielle Prüfgeräte verfügbar.

In anderen Anwendungsgebieten, z.B. in der Kerntechnik oder im Maschinenbau (Automotive, Bahn, Aeronautik oder Anlagenbau) existieren umfangreiche Qualitätssicherungssysteme sowohl mit normativem als auch informativem Regelungscharakter für die sachkundige Anwendung und zuverlässige Einbeziehung der ZfP. Aufbauend auf den Erkenntnissen und Erfahrungen aus diesen Bereichen werden ähnliche Konzepte für das Bauwesen entwickelt bzw. implementiert.

Der Unterausschuss Qualitätssicherung (UA QS) im Fachausschuss Bauwesen (FA ZfP Bau) der DGZfP hat sich langfristig zum Ziel gesetzt, zur Erhöhung und Sicherung der Qualität von ZfP Bau-Anwendungen sowie insbesondere an der verfahrensunabhängigen Standardisierung von Prüfanweisungen und der statistischen Absicherung der Prüfergebnisse beizutragen. Mit diesem Ziel erarbeitet er Merkblätter sowie Handlungsanweisungen zur Lösung von Prüfaufgaben mittels ZfP Bau-Verfahren.

Mit dem zunehmenden Einsatz von ZfP Bau-Verfahren wächst die Gruppe der Anwender mit sehr unterschiedlichem fachlichem Hintergrund. Zur Sicherstellung der Qualität der ZfP im Bauwesen müssen Kriterien wie Ausbildung der Anwender, Erstellung von Prüfanweisungen und Inhalt von Merkblättern definiert und etabliert werden. Zunächst hängt die Leistungsfähigkeit von ZfP Bau-Verfahren in Bezug auf eine bestimmte Anwendung signifikant von der Wahl des Prüfverfahrens bzw. der Kombination von Prüfverfahren ab. Eine bestmögliche Auswahl der Prüfverfahren und der Messtechnik sowie die korrekte Umsetzung von Prüfanweisungen ist eine anspruchsvolle Planungsaufgabe.

Ein wichtiger Bestandteil der Qualitätssicherung sind hinreichend detaillierte Prüfanweisungen, die die korrekte und zuverlässige Anwendung von Prüfverfahren für die spezifische Prüfaufgabe in Form einer Prüfprozedur unterstützen. Die Erstellung von Prüfanweisungen für ZfP Bau-Verfahren sollte ein essenzieller Bestandteil der Ausbildung von Fachkräften sein, u.a. konzentriert im UA Ausbildung des FA Bauwesen bei der DGZfP.

Der vorliegende Leitfaden dient zur Unterstützung der Entwicklung und Umsetzung von Prüfanweisungen für ZfP-Verfahren im Bauwesen. Er gibt einen Überblick über Verwendungszweck, Erstellung und Inhalte von Prüfanweisungen unter Berücksichtigung einheitlicher Standardisierungsziele. Mit zunehmender Erfahrung bei der Umsetzung dieses Leitfadens in der Prüfpraxis soll der Leitfaden überarbeitet und kontinuierlich verbessert werden. Entsprechende Hinweise an den Unterausschuss sind willkommen.

2 Prüfanweisungen

Eine Prüfanweisung steht für eine spezifische, niedergeschriebene Vorgehensweise zur Lösung einer konkreten Prüfaufgabe. Das Ziel bei der Anwendung einer Prüfanweisung besteht darin, eine nachweislich korrekte Vorgehensweise zu definieren, mit der reproduzierbare Prüfergebnisse erzielt werden. Dies wird dadurch erreicht, dass das Zusammenwirken von Messgeräten, Sensorik und Prüfpersonal im Zuge der Datenaufnahme und der Datenauswertung präzisiert wird. So wird es möglich, effiziente und erfolgreiche Prüfungen zu konzeptionieren, Optimierungspotenzial aufzudecken und das Prüfsystem für eine spezifische Prüfaufgabe zu validieren.

ZfP-Prüfanweisungen sind für die praktische Durchführung ein Instrument der Qualitätssicherung zur Beachtung von Handlungsvorgaben. Hier können Erfahrungen aus anderen Industriebereichen nutzbringend auf die Anwendungen im Bauwesen übertragen werden, besonders hinsichtlich der Dokumentation und Handhabung von Verfahren. Der Erstellung individueller Prüfanweisungen kommt im Bauwesen auch deshalb eine besonders hohe Bedeutung zu, da auch nach technischen Baubestimmungen errichtete Bauwerke in der Regel Unikate sind und die Heterogenität von Baustoffen sowie der Materialmix die Prüfaufgaben oft anspruchsvoll gestalten. Die individuellen Messwerte und Prüfergebnisse sollten trotz der individuellen Eigenschaften eine standardisierungsfähige Bewertung ermöglichen. Eine gut definierte Prüfanweisung umfasst u.a.:

- Angaben des Prüfumfangs einschl. Prüfparameter und Bewertungskriterien,
- Einschränkungen in Bezug auf Material, Geometrie und Zustand des Prüfobjekts,
- Angaben zur Kalibrierung, Datenerfassung, Analyseverfahren,
- Anforderungen an das Prüfpersonal.

Da diese Vorgehensweise in der Regel die Kompetenz, Qualität und Arbeitsweise des jeweiligen Prüfdienstleisters bzw. Anwenders widerspiegelt und von diesem erarbeitet wird, ist sie ein wesentlicher Bestandteil des Knowhows und damit des kommerziellen Erfolgs bzw. der Güte der Ergebnisse.

In den folgenden Abschnitten werden zunächst die Aufgaben der Beteiligten definiert, ehe im Abschnitt 3 die wesentlichen Elemente einer Prüfanweisung dargestellt werden.

2.1 Erstellung von Prüfanweisungen

Prüfanweisungen beschreiben den Inhalt und die Vorgehensweise zur Durchführung einer Prüfaufgabe und werden in der Regel durch spezialisierte Prüfteams erarbeitet. Prüfteams können aus Fachpersonal von Dienstleistungsanbietern, Analytik-Laboren, Prüfinstituten, Ingenieurbüros und Forschungseinrichtungen bestehen. Die durch sachkundige Planung vorgegebene Handlungsweise in Form einer für die spezifischen Randbedingungen geltenden und niedergeschriebenen Prüfprozedur sollte in gemeinsamer Abstimmung mit dem operativen Prüfpersonal erstellt werden.

Die grundsätzliche Entwicklung von allgemeinen Handlungsweisen kann auch durch andere Stellen, ggf. durch externe Expertinnen oder Experten erfolgen und dann dem Prüfteam zur Implementierung und Anpassung auf die spezifische Prüfaufgabe vorgegeben werden. Dabei kann es sich auch um die Ergebnisse eines anwendungsorientierten Forschungsvorhabens oder Entwicklungsauftrags handeln.

2.2 Nutzung von Prüfanweisungen

Eine Prüfanweisung wird für das Prüfpersonal zur Erreichung des Prüfziels bei einer vorgegebenen Prüfaufgabe erstellt. Empfehlenswert ist es, Prüfanweisungen in niedergeschriebener bzw. digitaler Form zu verwenden, da so die Einhaltung während der Prüfung erleichtert und kontrollierbar wird (z.B. in Form von Checklisten). Zudem werden Fehler beim Vorgehen vermieden bzw. früh erkannt und können behoben werden. Eigenes Prüfpersonal kann auf dieser Basis geschult und qualifiziert werden und somit der menschliche Einfluss (Unsicherheit) verringert werden. Die Prüfung wird nachvollziehbar und reproduzierbar.

Eine Voraussetzung für die korrekte Durchführung einer Prüfaufgabe ist der Einsatz von qualifiziertem Personal. Die Prüfanweisung kann die Qualifizierung unterstützen jedoch nicht ersetzen.

2.3 Spezifische Auslegung von Prüfanweisungen

Während universelle Prüfanweisungen einen weiten Bereich der möglichen Anwendungen abdecken können, ist die Vorgehensweise für den jeweiligen konkreten Anwendungsfall abhängig von vielen Randbedingungen. In der Regel sind die Aufgaben dabei komplex und erfordern einen Sachverstand aus vielen unterschiedlichen Fachbereichen wie Bauingenieurwesen, Messtechnik, Sensorik, Datenanalyse und -interpretation.

Spezifische Prüfanweisungen berücksichtigen Bauwerkseigenschaften, Baustoffangaben und beschreiben Prüfsysteme zur messtechnischen Erfassung der betreffenden Merkmalsausprägungen von Prüfobjekten in Form von Ausführungsanweisungen.

2.4 Angemessener Detaillierungsgrad

Die Vorgehensweise bei der Prüfung bzw. zum Erreichen des Prüfziels hat direkten Einfluss auf den Erfolg der Prüfung. Sie erfordert viele essenzielle Elemente, die in der niedergeschriebenen Form enthalten sein müssen. Je aufgabenspezifischer die Prüfvorschrift ist, desto besser sind einzelne Parameter erfassbar und können detailliert aufgeführt werden. So erfordern beispielsweise Prüfaufgaben wie die Detektion und Lokalisierung eines bestimmten Fehlertyps in einem Bauteil die Verwendung spezifischer Messmittel, Sensoren oder Datenanalyseverfahren.

2.5 Validierung und Freigabe

Voraussetzung für die Anwendung einer Prüfanweisung ist neben der sorgfältigen Erstellung deren Validierung. Diese beinhaltet den technischen Nachweis der Gültigkeit innerhalb des spezifizierten Gültigkeitsbereiches.

Allgemeine Voraussetzung für die Anwendung einer Prüfanweisung ist deren Freigabe. Kompetenz und Verantwortung der freigebenden Person ist dabei eindeutig darzulegen.

3 Wesentliche Bestandteile von Prüfanweisungen

Im Nachfolgenden werden die wesentlichen Bestandteile einer Prüfanweisung zur Lösung einer vorab zu spezifizierenden Prüfaufgabe behandelt.

1. GELTUNGSBEREICH

1.1 Beschreibung des Prüfobjekts

Beschreiben Sie das Einzelobjekt oder die Gruppe von Objekten, für welche die Prüfanweisung angewendet werden kann. Gehen Sie hierbei auch auf die notwendige Zugänglichkeit des Objektes ein.

1.2 Materialangaben

Spezifizieren Sie das Material. Sind Einschränkungen bezüglich des Materials bzw. der Materialkombination zu machen?

1.3 Oberflächenbedingungen

Beschreiben Sie die Mindestanforderungen an die Oberfläche (Material, Geometrie, Beschaffenheit, Rauigkeit etc.) für die Anwendung dieser Prüfanweisung.

1.4 Einschränkungen

Beschreiben Sie konkret relevante Einschränkungen der Prüfanweisung, um eine Anwendung im ungültigen Bereich weitestgehend auszuschließen. Konkret könnte dies in der Form formuliert sein: „Diese Prüfanweisung gilt nicht für ...“. Hier können z.B. geometrische Aspekte (Krümmung, Eck- oder Seitenbereich, Zugänglichkeit usw. oder auch Exposition (Feuchtegehalt, Temperatur)) genannt werden.

2. PRÜFZIEL

2.1 Ziel der Prüfung

Beschreiben Sie Prüfaufgabe und Prüfziel der in dieser Prüfanweisung behandelten Prüftechnik. Beantworten Sie konkret die Fragen: „Welcher Parameter wird bestimmt/gemessen und in welcher Größe und Einheit wird er ausgedrückt?“ Exemplarisch kann dies die Lokalisierung eines Defektes sein, ausgedrückt in einer Position (beispielsweise in kartesischen Koordinaten) oder einer Defektamplitude in dB relativ zu einer Referenzamplitude.

Hilfreich ist zudem die Unterscheidung des resultierenden Datentyps (Rohdaten, vorverarbeitete Daten, Metadaten) sowie die beabsichtigte Interpretation hinsichtlich Prüfergebnisses (z.B. Suche nach Spanngliedern, Lokalisierung eines Hohlraums, einer Schädigung oder eines Herstellungsfehlers).

2.2 Vorhandene Unterlagen

Zur Beschreibung der Ausgangsbasis und für die Nachvollziehbarkeit der gewählten Prüftechnik sollten die vom Auftraggeber zur Verfügung gestellten Unterlagen benannt werden. In der Regel gehören dazu Bauwerkspläne, Angabe der verwendeten Materialien, Angaben zu erfolgten Umnutzungen oder

Einbauten, Angaben zu bereits früher durchgeführten Messungen sowie die entsprechenden Ergebnisse von Untersuchungen und Messungen. Die Angaben sollten die Quelle und das Erstelldatum enthalten.

2.3 Zeitpunkt der Prüfung

Ist die Prüfung für einen bestimmten relativen Zeitpunkt innerhalb eines Prozesses vorgesehen? Falls ja, sollte dieser Zeitpunkt hier spezifiziert werden. Denkbar wären Angaben wie: „mindestens 10 Tage nach Erhärten des Betons“, etc.

Wenn eine wiederkehrende Prüfung beabsichtigt ist, sollte hier das Intervall bzw. der Zeitpunkt der nächsten Messung angegeben werden. Bei kurzen Intervallen zwischen den einzelnen Messungen und insbesondere bei einer automatisierten Datenaufnahme und -verarbeitung spricht man von einer Dauerüberwachung bzw. einem Monitoring. Auch Kombinationen zwischen Inspektion und Monitoring sind denkbar (z. B. wenn die Inspektion für ein weiteres Monitoring als Ausgangsdatenbasis genutzt werden soll), was hier ebenfalls angegeben werden sollte.

3. PRÜFBEREICH UND INSPEKTIONSVOLUMEN

3.1 Prüfbereich

Definieren Sie die Form und Abmessungen der Fläche an der Bauteiloberfläche, entlang derer die Messungen durchzuführen sind, bzw. entlang derer die Sonde/der Prüfkopf/die Antenne/das Gerät/etc. zu führen ist. Bedenken Sie dabei die mögliche Lage des Detektionsziels, dessen Größe, die Einbeziehung umliegender Bereiche, etc.

3.2 Prüfvolumen

Dieser Punkt betrifft primär die Anwendung von Volumenprüfverfahren (z.B. Radar, Ultraschall, Impact-Echo, etc.). Definieren Sie hier das Volumen im Innern des Prüfobjektes, welches durch die Prüfung mindestens zu erfassen ist.

3.3 Prüfumfang

Beschreiben Sie Häufigkeit, Wiederholungsrate der Prüfabläufe. Machen Sie Angaben über Verteilung und Anordnung der Prüfbereiche.

4. PRÜFPERSONAL

In Abhängigkeit des Detaillierungsgrades der Prüfanweisung sind für die praktische Durchführung Mindestanforderungen für die Personalqualifikation in Bezug auf Ausbildung, Erfahrung und Training zu stellen. Definieren Sie die Anforderungen in diesem Abschnitt der Prüfanweisung. Prüfungen auf Grundlage einer Prüfanweisung dürfen nur durch dafür autorisiertes Personal durchgeführt werden.

4.1 Personalqualifikation

Definieren Sie die notwendige Personalqualifikation. Dabei sollten die Grundlagen erwähnt werden, nach denen die Personalqualifizierung stattfand (z.B. gemäß DIN 4871 oder DGZfP-Qualifizierungsstufe). Die Qualifizierungsanforderungen sind ebenso detailliert zu beschreiben.

4.2 Training des Prüfpersonals

Welches Qualifikationslevel ist mindestens für das Prüfpersonal erforderlich, damit dieses in der Lage ist, die Prüfanweisung zuverlässig umzusetzen? Machen Sie ebenfalls Angaben dazu, ob und in welcher Form dieses Training nachzuweisen ist.

4.3 Personalverantwortlichkeiten

Grundsätzlich erfordert die erfolgreiche Bewältigung von ZfP-Aufgaben sowohl die Aufnahme von Daten mit hoher Qualität als auch deren fachgerechte Auswertung. Für beide Aufgaben müssen die Verantwortlichen eindeutig benannt werden, wobei auf die konkreten Arbeitsschwerpunkte Rücksicht genommen werden kann. Sofern dieselbe Person beide Aufgaben wahrnehmen soll, ist dies ebenfalls anzugeben.

Für sämtliche auf Grundlage der Prüfanweisung gezogenen Schlüsse und Ergebnisse wie insbesondere Prüfprotokolle und Prüfergebnisse gilt das Vier-Augen-Prinzip, welches der Freigabe durch zwei oder mehrere Verantwortliche bedarf.

4.3.1 Datenaufnahmepersonal

Definieren Sie hier die konkreten Verantwortlichkeiten des Datenaufnahmepersonals.

4.3.2 Datenauswertepersonal

Definieren Sie hier die konkreten Verantwortlichkeiten des Datenauswertepersonals.

5. PRÜFAUSRÜSTUNG

5.1 Prüfsystem

Definieren Sie hier das für die Prüfung einzusetzende Prüfsystem (Messgerät einschließlich Software und Sensorik). Sollten mehrere gleichberechtigte Optionen zur Verfügung stehen, müssen alle gültigen Optionen benannt werden.

Anzugeben sind bei den jeweils zur Anwendung kommenden Geräten und Sensoren (Sonden/Prüfköpfe/Antennen/etc.) alle relevanten technischen Details.

5.2 Geometrieerfassung

Hier sollten die Bestandteile der Ausrüstung, welche für die Geometrieerfassung herangezogen werden spezifiziert werden. Sollte die Geometrieerfassung von anderem Prüfpersonal durchgeführt werden, so sind Angaben z.B. zur notwendigen Genauigkeit, dem Datenformat, dem Bereitstellungszeitraum zu machen.

6. FUNKTIONSKONTROLLEN, PRÜFEMPFINDLICHKEIT

Die Sicherstellung der Genauigkeit (Präzision, Richtigkeit) von ZfP-Daten ist eine essenzielle Voraussetzung für die Bewertbarkeit von ZfP-Ergebnissen.

6.1 Funktionskontrollen des Prüfsystems

Verfahrensspezifische Funktionskontrollen werden so ausgelegt, dass sie die einwandfreie Funktion des Prüfsystems in möglichst einfach durchführbaren Schritten sicherstellen. Hierfür sind ebenso wie für die Validierung der Prüfanweisung u.U. definierte Testobjekte (Referenztestkörper) notwendig, welche für die Funktionskontrolle heranzuziehen sind. Beim Einsatz definierter Testobjekte sind diese anzugeben und zu beschreiben.

Die Durchführung der Funktionskontrollen ist so zu beschreiben, dass Zweifel an der einwandfreien Funktion des Prüfsystems so weit wie möglich ausgeräumt werden. Dies beinhaltet die Angabe von Zeitpunkten, an denen die Kontrollen durchzuführen sind (z.B. vor Beginn der Messungen und nach Abschluss der Messungen an einem Bauteil). Je nach Prüfsystem kann dies z.B. auch die Abweichung zu einem Sollwert oder die Reproduzierbarkeit der Messung beinhalten.

6.2 Justierung des Prüfsystems

Viele Prüfsysteme erfordern eine Justierung am Bauwerk, beispielsweise die Bestimmung der Schallausbreitungsgeschwindigkeit in einem Material bei der Ultraschallprüfung oder die Bestimmung

der Permittivität bei Radarverfahren. Für die richtige Datenaufnahme sind je nach Verfahren sogenannte Totzeiten, Vorlaufzeiten oder Offsetbereiche zu beachten.

Der Vorgang sollte in prägnanter und umsetzbarer Weise beschrieben werden, wobei ggfs. auf bestehende Richtlinien verwiesen werden kann.

6.3 Einstellung der Prüfempfindlichkeit

In vielen Prüfsystemen ist die Empfindlichkeit z.B. durch eine entsprechende Signalverstärkung einzustellen. Beschreiben Sie diese Einstellung und benennen Sie dabei eindeutig Referenzgrößen damit diese Einstellung nachvollziehbar wird. Sofern Testmessungen am Objekt für die Empfindlichkeitseinstellung erforderlich sind, beschreiben Sie diese Vorgehensweise möglichst genau.

7. DATENAUFNAHME

7.1 Dokumentation der Umgebungsbedingungen

Die Prüfanweisung sollte auch Angaben zu den notwendigen Umgebungsbedingungen (z.B. Temperatur, Feuchte, Niederschlag) enthalten und einen Hinweis darauf, dass diese zu dokumentieren sind. Auch die Lichtverhältnisse sind anzugeben, sofern diese einen Einfluss auf die Durchführung von Prüfungen haben. Sofern eine fotografische Dokumentation der Prüfungen notwendig ist (dies ist der Regelfall), sollte die Art der Dokumentation angegeben werden.

7.2 Messraster

Die Außenabmessungen sowie die Dichte des zu verwendenden Messrasters (bzw. Regeln zur Bestimmung dieser Größen) sind anzugeben. Es sollte zudem angegeben werden, welche Messrastergeometrie (Messraster in x- und y-Richtung sowie Lage des Koordinatenursprungs am Bauwerk) in Abhängigkeit vom spezifizierten Prüfziel ausgewählt wurde.

7.3 Messauflösung/Prüfgeschwindigkeit

Die Prüfgeschwindigkeit (z.B. Bewegungsgeschwindigkeit des Sensors, aber auch Messzeit pro Messpunkt) hängt verfahrensspezifisch eng mit der Messauflösung zusammen. Sie ist sowohl für die Durchführung der Prüfung am Bauwerk als auch für Wiederholungsprüfungen relevant und muss konkret für die Aufgabenstellung spezifiziert werden, um die erforderliche Datendichte/Auflösung zu erhalten.

7.4 Überprüfung der Datenqualität

Die Qualität der aufgenommenen Daten sollte, wenn immer möglich in Echtzeit vor Ort bewertet werden, um zu verhindern, dass die gesamte Untersuchung unbrauchbar ist. Gleichzeitig ist zu überprüfen, dass die Daten richtig gespeichert und zu dem Prüfobjekt referenziert sind, um eine eindeutige nachträgliche Lokalisierung der Prüfergebnisse zu gewährleisten.

Dafür sind eindeutige verfahrensspezifische Kriterien zu definieren, anhand derer die Datenqualität und damit die Gültigkeit der Prüfung festgestellt werden kann.

Die Kriterien müssen klar formuliert und für das entsprechende Datenaufnahmepersonal anwendbar sein. Gegebenenfalls können Beispiele für Daten guter als auch schlechter Qualität abgebildet werden.

8. DATENAUSWERTUNG

8.1 Bewertung der Datenqualität

Die Datenauswertung sollte mit der Bewertung der Datenqualität beginnen. Hierfür sind die definierten Kriterien erneut zu beschreiben und durch das Datenauswertepersonal anzuwenden. Typische Kenngrößen zur Beschreibung der Qualität einer Messung sind Maße für das der Messgröße beigeordnete Streuverhalten (z.B. die Messunsicherheit nach dem Fehlerfortpflanzungsgesetz) und auch die statistische Unsicherheit. Diese sind bei der Definition des Geltungsbereiches der Prüfanweisung zu berücksichtigen. Systematische Messabweichungen sind zu identifizieren und zu korrigieren. Eine Messung

ohne Angabe bzw. Abschätzung der Messunsicherheit ist unzulässig, es sei denn zwischen Auftraggeber und -nehmer ist dies explizit vereinbart.

8.2 Signalverarbeitung

Gegebenenfalls ist eine Signalverarbeitung der aufgenommenen Daten vorzunehmen, um die Informationen in einem Signal vom Rauschen zu trennen. Die verwendeten Methoden der Datenverarbeitung stellen i.d.R. einen starken Eingriff in die Datenstruktur dar und sind sorgfältig und vollständig zu dokumentieren, damit die einzelnen Prozessschritte nachvollzogen werden können. Grenzen der Eingriffe sind vorab in der Prüfanweisung anzugeben. Ein Beispiel stellt die Filterung von Rohdaten dar, wobei ein Filter die Unsicherheit über einen Prozess vermindern soll, aber auch Artefakte erzeugen kann, die zu Fehlinterpretationen führen können. Ohne eine Angabe der angewendeten Filter (hard- oder softwareseitig) ist eine vergleichende oder beurteilende Bewertung von Messergebnissen außerordentlich schwierig.

8.3 Anzeigenidentifizierung und -bewertung

Geben Sie klare Anweisung für die verfahrensspezifische Identifizierung von Anzeigen und deren Bewertung. Insbesondere sind gegebenenfalls Angaben zu Beobachtungsschwellen, Registriergrenzen und Zulässigkeitsgrenzen von Anzeigen und Messergebnissen zu machen.

8.4 Lokalisierung

Bei einer Lokalisierung – also der Zuordnung von Merkmalen in einem Signal zu einer Position innerhalb eines Bauteils – sind die Kriterien dafür anzugeben. Ist keine Lokalisierung möglich oder notwendig, so handelt es sich lediglich um eine Detektion. Jedoch ist auch hier anzugeben, nach welchen Bewertungskriterien vorgegangen wird, um beispielsweise Aussagen darüber zu treffen, ob die Anzeige auf einen Defekt hinweist.

9. DOKUMENTATION

Sämtliche Schritte der Prüfdurchführung sind im Rahmen eines Prüfprotokolls zu dokumentieren. Die Dokumentation sollte sich dabei in weiten Teilen an der Prüfanweisung orientieren. In der Prüfanweisung ist anzugeben, welche Art der Ergebnisdarstellung gewählt wird. Insbesondere kann dies die Erstellung eines Prüfberichts, tabellarische/grafische Darstellungen sowie Eintragungen in oder Erstellung von Plänen umfassen. Sofern es dazu Anforderungen von dritter Seite gibt, ist dies hier ebenfalls anzugeben. Es können beispielsweise analoge Medien (Formblätter) und/oder digitale Medien Verwendung finden. Wichtig ist in dem Zusammenhang die Festlegung, für welchen Mindestzeitraum die Dokumentation aufbewahrt werden muss. Der Zeitraum wirkt sich u.U. auf die Mindestlesbarkeit bzw. Haltbarkeit der Medien aus. Auch der Datenschutz kann eine Rolle spielen und entsprechende Angaben sollten ebenfalls gemacht werden.

Insbesondere sind Angaben darüber zu machen, in welcher Form (Papier, elektronisch, ggf. Datenformat) die Dokumentation vorzulegen ist. In jedem Falle ist diese gemäß dem Vier-Augen-Prinzip durch mindestens zwei Unterschriften freizugeben.

10. REFERENZEN

Sämtliche Referenzen, Quellen oder Literaturstellen, die der Prüfanweisung zugrunde liegen sind anzugeben. Insbesondere können diese Produkt- oder Verfahrensnormen oder Richtlinien beinhalten.