

Die PDCA-Methode im Prozess der ZfP durch akkreditierte Prüflaboratorien

Die in EN ISO 9001 (2000) beschriebenen Prozessschritte PDCA (plan, do, check, act bzw. Planen, Durchführen, Prüfen, Handeln) sind auch Vorgabe für ein prozessorientiertes Qualitätsmanagementsystem im Bereich der Zerstörungsfreien Werkstoffprüfung.

Bei einer Analyse dieser Prozessschritte wird offensichtlich, dass der Nachweis der Prüffähigkeit des Prüfobjektes (DIN EN ISO/IEC 17025, 5.8.3-Problem deviating samples: d.s.-) ein sehr entscheidender Faktor für die Sicherheit der Prüfaussage ist.

Der Inhalt der einzelnen Prozessschritte PDCA muss ZfP-spezifisch wie folgt beschrieben werden:

Planen:

Festlegen der Ziele und Prozesse, die zum Erzielen von Ergebnissen in Übereinstimmung mit den Kundenanforderungen und der Politik des Prüflabors notwendig sind

Ein wichtiger Punkt hierbei ist im ZfP-Bereich die Vertragsprüfung.

Die Annahme eines Auftrags erfolgt im Rahmen des Scopes des Prüflabors (PL), auf Basis der PL-Gebührenordnung bzw. -Pauschalpreisliste sowie bei einer vorgeschalteten Angebotsabgabe gemäß Grundlagen zum Angebot und der Allgemeinen Geschäftsbedingungen (AGB).

Ein Prüfauftrag kommt mündlich oder schriftlich zustande. Bei Auftragsannahme entsteht ein Vertragszustand, der vor Bestätigung ebenfalls mündlich oder schriftlich auf Kompatibilität mit folgenden Punkten überprüft (Vertragsprüfung) und anschließend im Allgemeinen pauschal auf der Auftragsbestätigung bescheinigt wird.

Die Prüfung beinhaltet im Einzelnen

- vollständige Beschreibung der technischen, terminlichen und finanziellen Grundlagen (Liefer- und Leistungsumfang)
- Konsens zwischen Auftraggeber und PL über vorgenannte Punkte

- Konformität mit gesetzlichen Bestimmungen und Auflagen sowie • Konformität mit aktuellem Stand der Prüf- und Verfahrensnormen, auch hinsichtlich Gestaltung der Prüffähigkeit des Prüfobjektes
- Kapazitätsnachweis hinsichtlich manpower (zahlen- und qualifikationsmäßig)
- Kapazitätsnachweis hinsichtlich Ausrüstung (Prüfgerätezahl und auftragsspezifisch)
- Konformität mit berufsethischen Regeln

Bei fehlender personeller oder ausrüstungsmäßiger Kapazität wird der Auftrag nicht angenommen. Aufträge werden abgelehnt, wenn Prüfungen nach Prüfverfahren ausgeführt werden sollen, die ein objektives Ergebnis gefährden können oder von geringer Aussagekraft sind. Eine Ablehnung erfolgt auch, wenn die Beauftragung für Prüfverfahren und / oder Prüfmethoden erfolgt, welche nicht in Einklang mit Normvorgaben oder ethischen Gesichtspunkten stehen. Eine a priori unter Vorbehaltstellung des Prüfergebnisses ist erforderlich, wenn der Auftraggeber die Prüffähigkeit nicht gewährleisten kann.

Durchführen:

Verwirklichen der Prozesse, d.h. jedes Prüflabor hat dafür Sorge zu tragen, dass die in der Vertragsprüfung bescheinigten Punkte eingehalten werden. Laufende Eigenkontrolle ist Pflicht. Die Ergebnisse der betrieblichen Eigenprüfung auf Basis eines jährlichen internen Audits sowie des QM-Reviews sind aufzuzeichnen und aufzubewahren.

Finanzielle oder andere Honorierung für eine Dienstleistung, die eindeutig gegen den Stand der Technik, gegen die Regeln der Sicherheit, gegen die Regeln des Rechts und gegen Ethik und Moral verstoßen, sind abzulehnen.

Im Technischen Merkblatt DAP-TM 11, Technische Akkreditierungskriterien für ZfP, ist der fachbezogene Rahmen für den gesamten ZfP-Bereich abgesteckt. Durch die jeweiligen Querverweise auf Normen und Richtlinien sind die Belange hinsichtlich Inspektionsstellen- bzw. Prüfstellen-Akkreditierung, Personalqualifikation / -zertifizierung und Ausführung der ZfP eindeutig festgelegt. Durch den Normbezug wird für alle Prüfverfah-

ren die Prüffähigkeit des Prüfobjektes eingefordert. Nur die Gewissheit, dass nach diesem Regelwerk gearbeitet wird, gibt dem Auftraggeber für ZfP die Sicherheit und Garantie, dass die Ausführung der ZfP als Dienstleistung mit der nötigen Zuverlässigkeit erfolgt. Im Einzelnen besteht über die vorgenannten fachlichen Aspekte hinaus zusätzlich die Verpflichtung, die ZfP-Dienstleistung unter den Gesichtspunkten Schutz des Lebens, Sicherheit und Gesundheit Dritter sowie unter Einhaltung von Maßnahmen zum Umweltschutz zu erbringen.

Prüfen:

Überwachen und Messen von Prozessen und Produkten anhand der PL-Politik, Ziele und Anforderungen an das Produkt sowie Protokoll der Ergebnisse

Für den Bereich Zerstörungsfreie Prüfung bedeutet dies das Pflichtenpaket eines ZfP-Labors für die Prüfaufsicht. Auf dem Sektor Schweißnahtprüfung sind dies z.B. folgende Aufsichtsbe- reiche:

ZfP-Vollzugsplanung:

- Festlegen der Schweißnahtposition nach Zugänglichkeit und Prüfbarkeit
- Festlegen der Prüfbedingungen (Prüfschärfe, Stichproben etc.)
- Festlegen der Nahtgüte, zulässige Unregelmäßigkeiten

Werkstoff- und fertigungsbedingte Vorgaben:

- Auswahl der Prüfverfahren nach Werkstoff, Werkstoffeigenschaft, Schweißnahtform und Geometrie des Prüfobjektes
- Festlegung des Prüfzeitpunktes (vor oder nach Wärmenachbehandlung) unmittelbar nach oder zeitverzögert nach der letzten Wärmeinbringung entsprechend vorliegender Werkstoffeigenschaften

Prüfplanung:

- Festlegen der Prüferqualifikation, -zertifizierung
- Festlegen der arbeitsmedizinischen Anforderungen
- Festlegen der Verfahren (ET, LT, MT, PT, RT, UT, VT)
- Festlegen der Prüfgeräte (einschließlich Strahlenenergie bei RT)
- Festlegen der ADR-/RöV-/Strahlenschutzpflichten

- Erstellen der Prüfanweisung bzw. Wahl der Prüfnorm
- Festlegen des Prüfprozentsatzes
- Festlegen von Arbeitssicherheitsmaßnahmen (Strahlenschutz, Gerüste, Gräben)

ZfP-Geräteeinrichtung:

- Auswahl der Prüfgeräte
- Festlegen der Peripherie- und/oder Hilfsgeräte
- Kontrolle der Geräewartung (Kalibrierung etc.)
- Bereitstellen der Mittel zur Arbeitssicherheit, zum Strahlenschutz und Umweltschutz

Prüftechnische Ausführung:

- Auswahl der Prüfer, Kontrolle der Prüferqualifikation
- Kontrolle der Prüfanweisung
- Kontrolle der Prüfvorbereitung
- Kontrolle der Prüfgeräte, Vorrichtungen, Arbeitssicherheitsmaßnahmen (z.B. Kontrollbereichsgrenzen)
- Überwachen der Prüfparameter (FFA, Belichtungsgröße bei RT oder Verstärkungseinstellung und Schallschwächung sowie Transferverlust bei UT, bei OFR wie PT und MT Prüftemperatur und Bestrahlungs- bzw. Beleuchtungsstärke.
- Herstellung des Ausgangszustandes (Objektoberfläche etc.) bzw. Kontrolle und Feststellung der Prüffähigkeit des zu prüfenden Objektes

Prüfung:

- Sichtprüfung vor jeglicher ZfP
- Zerstörungsfreie Prüfung gemäß allgemeiner (z.B. Norm) oder spezieller Prüfanweisung
- Überprüfung und Dokumentation von Einschränkungen, z.B. eingeschränkte Prüffähigkeit des Prüfobjektes

Bewertung:

- Kontrolle der Einhaltung der Prüfparameter und Regelwerke
- Bewerten der Prüfergebnisse für ET, LT, MT, PT, RT, UT und VT (bei RT Auswerten der Röntgenfilme) mit Konformitätsbestätigung
- Hinweis auf evtl. erforderliche Ausbesserungen/Neuschweißungen

- Nachkontrolle der ausgebesserten (neu geschweißten) Stelle
- prüftechnische Freigabe des Bauteils

Dokumentation:

- Zusammenstellen und Archivierung der Prüfberichte einschließlich aller Anlagen (Isometrien, Prüf-anweisungen etc.)
- Plausibilitätskontrolle(n), Sicherstellung der Rückverfolgbarkeit und, wo möglich, der Rückführbarkeit sowie der Reproduzierbarkeit des Prüfvorgangs
- Dokumentation der Abweichungen von Regelwerken
- Zusammenstellen der Aufwandsbelege (Arbeitsnachweise, Materialnachweise, Fahrt- und Reisekostennachweise) zur Rechnungslegung

Handeln

Ergreifen von Maßnahmen zur ständigen Verbesserung der Prozessleistung

Die Optimierung der aufgelisteten Pflichtenpunkte für die Prüfaufsicht fällt unter den Begriff ständige Verbesserung des Prozesses der ZfP-Dienstleistung bzw. zur Sicherstellung des Vertrauens in die Zuverlässigkeit des ZfP-Ergebnisses.

Muss ein Prüfauftrag nach eingehender Vertragsprüfung zwar nicht von vornherein abgelehnt werden, es wird aber eine eingeschränkte Prüffähigkeit des Prüfobjektes festgestellt, dann sind entsprechende Maßnahmen zu ergreifen. Entweder der Auftraggeber / Hersteller stellt z.B. durch Oberflächenbearbeitung oder Wärmebehandlung einen prüffähigen Zustand her oder das PL muss das Prüfergebnis unter Vorbehalt, d.h. nicht normkonform deklarieren.

Von den vorstehend aufgeführten und auf den ZfP-Bereich zutreffenden Punkten für den PDCA-Prozess sind bis auf eine Ausnahme alle Qualitätslenkungsverfahren in den Verantwortungsbereich eines gut geführten und akkreditierten ZfP-Dienstleistungsbetriebes integriert. Ein wesentlicher Punkt, nämlich die Prüffähigkeit des zu prüfenden Objektes, entzieht sich jedoch dem Einfluss eines ZfP-Dienstleisters und kann nur festgestellt und im Zweifelsfalle unter Vorbehaltstellung des Prüfergebnisses dokumentiert werden.

Einige Beispiele und Hinweise auf entsprechende Situationen für die Bereiche MT, PT, RT, UT und mobile Metallografie sollen dies verdeutlichen. Am stärksten ergebnisbeeinflussend sind die Prüffähigkeitszustände im Rahmen der Oberflächenrissprüfung (MT, PT und auch mobile Metallografie). Unabhängig davon wird in allen Prüfnormen sowohl für die Oberflächen- als auch für die Volumprüfung wegen des nicht zu unterschätzenden Einflusses auf das Prüfergebnis ein Hinweis auf die Oberflächenbedingungen gegeben.

Die nachfolgenden Beispiele mögen darlegen, dass erst mit der Kontrolle und Feststellung der Prüffähigkeit der eigentliche ZfP-Ablauf beginnen darf.

Für das **Magnetpulververfahren** steht in EN 1291:

Das Auffinden von kleinen Unregelmäßigkeiten ist stark vom Oberflächenzustand der Schweißnaht und des verwendeten Prüfmittels abhängig.

Wenn mit höherer Nachweisgrenze geprüft werden muss, darf ein lokales Schleifen vorgenommen werden.

Wenn es die Produktspezifikation erlaubt, dürfen durch lokales Schleifen die Unregelmäßigkeiten, die die unzulässigen Anzeigen verursachen, verkleinert oder entfernt werden. Diese Flächen müssen erneut mit dem gleichen Prüfmittelsystem und der gleichen Technik geprüft und beurteilt werden.

Hieraus wird offensichtlich, dass der Feststellung und Realisierung der Prüffähigkeit eine wesentliche Bedeutung zukommt. Dies wird bei der Magnetpulverprüfung im Gießereiwesen (EN 1969) durch die Beschreibung der Oberflächenvorbereitung und des empfohlenen Oberflächenzustandes mithilfe der Anwendung von Vergleichsmustern (EN 1370) für die zugelassene Oberflächenrauigkeit unterstützt. Vergleichbares gilt für den Oberflächenzustand bei Magnetpulverprüfung von Schmiedestücken (EN 10228-1) mithilfe von Oberflächenvergleichsnormen (z.B. Rugotest auf Basis DIN EN ISO 4287).

Bei der Magnetpulverprüfung von Schweißnähten empfiehlt es sich je nach Schweißverfahren, die Nahtübergänge kerbfrei zu schleifen. Nahtübergänge mit (scharfen) Kerben zeigen in der Regel Anzeigen. Eine definitive Entscheidung, ob nur eine Kerbe oder eine Trennung im

Kerbgrund vorliegt, ist daher schwer zu treffen. Dies belegt das Beispiel der Prüfung eines Nahtabschnittes mit Einbrandkerben und mit einem echten Riss im Kerbgrund durch drei unabhängige Prüffirmen. Eine Prüffirma fand den Riss und konnte zwischen Kerben und Riss unterscheiden. Eine Prüffirma fand Anzeigen und ordnete diese Rissen zu. Eine Prüffirma fand beide Anzeigen und ordnete diese ausschließlich Kerben zu.

Unabhängig von der Qualifikation der MT-Prüfer kann diese Unsicherheit nur beseitigt werden, wenn die zu prüfenden Nahtbereiche vor der Prüfung kerbfrei beschliffen werden. Diese Arbeit scheuen viele Hersteller und schieben stattdessen den Schwarzen Peter dem Prüfer oder der Prüfaufsicht zu.

Auch in EN 571-1 für die **Eindringprüfung** wird auf die Abhängigkeit des Prüfergebnisses von der Oberflächenbeschaffenheit des Prüfobjektes hingewiesen. Die Prüfbedingungen und insbesondere die Oberflächenbeschaffenheit des Prüfobjektes weichen in der Praxis oft stark von den Laborbedingungen und den Bedingungen der Kontrollkörperoberflächen zur Ermittlung der Prüfeempfindlichkeit ab. Zwei Praxisbeispiele mögen dies belegen, wobei das Ergebnis im ersten Fall nicht eindeutig, im zweiten Fall eindeutig falsch ist.

Fall 1: Für die Analyse von Anzeigen (Real- oder Scheinanzeigen) bei der MP-Prüfung ferritischer Werkstoffe wie TSB 370 oder WB 35 wird standardmäßig das Farbeindringverfahren angewendet. Wurden die Nahtbereiche vor der MP-Prüfung blechen beschliffen, dann wurden reale Werkstofftrennungen zugeschmiert. Die Aussage „anzeigenfrei“ ist somit nicht eindeutig. Entweder die Bereiche werden vor FE-Prüfung gebeizt, oder es wird kompensativ von vornherein mittels Ultraschalloberflächenwellen oder Baustellenmetallografie eine eindeutige Aussage erreicht.

Fall 2: In allen allgemeinen Prüfanweisungen für die Farbeindringmethode muss für die Garantie des prüffähigen Zustandes der Oberfläche folgender Warnhinweis aufgenommen werden: Grobes Abziehen, Schleifen und Kugelstrahlen der Oberfläche des Prüfobjektes ist zu vermeiden, da hierdurch Fehler zgedrückt werden. In derartigen Fällen ist eine vorhe-

rige Beizbehandlung erforderlich. Jedoch werden generell bei Guss- und Schmiedestücken die Oberflächen durch Strahlen mit Stahlkies oder Sand oder durch Schleifen zur Prüfung vorbereitet. Diese Vorgehensweise führte bei Prüfung austenitischer Komponenten mittels Farbeindringprüfung zu der gravierenden Falschaussage der Anzeigenfreiheit. Erst der Verdacht auf mechanischen Verschluss der Trennungen und nach Abbeizen der Oberfläche (EN 1371-1) konnten die Risse mittels wiederholter Farbeindringprüfung zur Anzeige gebracht werden.

Für die **Durchstrahlungsprüfung** wird die Frage der Oberflächenbehandlung in EN 444 und EN 1435 angesprochen. Die Feststellung der Prüffähigkeit ist hier jedoch nicht ganz einfach und muss sich primär auf zwei Fälle konzentrieren.

Fall 1: Bei grobkörnigen Leichtmetalllegierungen, Kupferlegierungen, Kobalt- und Nickellegierungen sowie austenitischen Stählen können Beugungsmuster durch Reflexion (Lauereflexe) oder Absorption (Entmischung) in den Kristalliten verursacht werden. Zur Analyse für real oder unreal gibt es nur zwei Wege, entweder Anhebung der Strahlungsenergie oder Änderung der Aufnahmegeometrie.

Fall 2: Bei Durchstrahlung von medienführenden Rohrleitungen ist stets darauf zu achten, dass allenfalls mit Gasfüllung geprüft werden kann. Die Forderung, medienführende Rohrleitungen müssen vor der Prüfung entleert sein, muss Bestandteil der Grundlagen zur Auftragsannahme sein. (Durch Reduzierung der Filmschwärzung sowie durch starke Streustrahlenbildung wird die Fehlerauf-

findbarkeit bei nicht entleerten Rohrleitungen beträchtlich verringert.)

In EN 1714 wird präzise auf die Vorbereitung der Prüfflächen bei **Ultraschallprüfung** eingegangen. Außer der Kontrolle der Prüf- oder Ankopplungsfläche ist hier für die Festlegung der Prüffähigkeit die Kenntnis der Schallgeschwindigkeit im Objekt und die Transferkorrektur (Unterschied im Schalltransfer zwischen Prüfobjekt und dem verwendeten Kalibrierkörper Nr. 1 oder Nr. 2) erforderlich. Ein weiterer wesentlicher Punkt, die Prüfung des Grundwerkstoffes, wird jedoch oftmals zur Feststellung der Prüffähigkeit vernachlässigt. Der Grundwerkstoff muss vor Beginn einer Schweißnahtprüfung mit Winkelprüfköpfen mittels eines Senkrechtprüfkopfes auf Fehlerfreiheit (Seigerungen, Doppelungen) geprüft werden.

Einen überzeugenden Beleg gibt die Abbildung 1 des Makroschliffes einer fallnahtgeschweißten Stumpfnah NW 700 x 8,5 aus St 70. Es ist offensichtlich, dass die eindeutige und quantitative Ultraschalldiagnose des Risses durch das mit Seigerungen behaftete Grundmaterial stark erschwert oder unmöglich ist.

Im Rahmen der Instandhaltungsprüfung und zur Restlebensdauerabschätzung von zeitstandbeanspruchten Hochdruckleitungen und Kesselbauteilen wird das Abdruckverfahren mittels **mobiler Metallografie** angewandt (DIN 54150). Die Feststellung bzw. Sicherstellung der Prüffähigkeit ist hier durch die optimale Vorbereitung der zu prüfenden Abschnitte gegeben. Durch Beschleifen (mindestens 80er Körnung) müssen Zunder, Rost, Auf- bzw. Entkohlung und Kerben entfernt werden. Im Extremfall sind hierbei z.B. bei Werkstoff X 20 Cr Mo V 121 unter Berücksichtigung

der erforderlichen Restwanddicke ca. 1 mm der Rohr- bzw. Bauteiloberfläche abzuschleifen. Nur durch diesen Schritt kann der Forderung nach Prüffähigkeit und den Besonderheiten der Oberflächengefügeuntersuchung entsprochen werden.

Ein für alle Prüfverfahren gleichermaßen wichtiger Punkt zur Feststellung der Prüffähigkeit insbesondere hochfester Feinkornstähle ist der Prüfzeitpunkt nach Fertigstellung der Schweißverbindung bzw. nach der letzten Wärmeeinbringung. Bei Werkstoffen, welche zur wasserstoffinduzierten Rissbildung neigen, ist das Prüfergebnis unmittelbar nach Schweißnahtfertigstellung O.B. Wird jedoch 24 Stunden später geprüft, dann zeigt sich ausgeprägte Rissbildung. Deshalb ist bei hochfesten Feinkornstählen die Prüffähigkeit frühestens 24 Stunden nach Fertigstellung sichergestellt.

Auch hierzu gibt Abbildung 2 ein überzeugendes Beispiel. Eine fallnahtgeschweißte Rundnaht aus St 70 wurde kurz nach Abkühlen mit Ultraschall geprüft und freigegeben. Am darauf folgenden Morgen wurde bei visueller Prüfung ein 33 cm langer Längsriss festgestellt.

Die beschriebenen Beispiele zeigen, dass im plan-, do-, check-, act (PDCA)-Prozess bezogen auf die zerstörungsfreie Werkstoffprüfung für alle Prüfverfahren die Feststellung und das Vorliegen der für das ZfP-Verfahren erforderlichen Prüffähigkeit ein wesentlicher und oft unterschätzter oder vernachlässigter Faktor ist.

Es liegt in der Pflicht der Prüfaufsicht bzw. des Stufe 3- / Level III-Personals des Prüflabors oder des Inspektors der Inspektionsstelle, dies gemäß DIN EN ISO/IEC 17025, Abschnitte 5.8.3, 5.10.1-3 und 5.10.8 oder gemäß DIN EN ISO/IEC 17020, Abschnitt 11.3 die erforderliche Prüffähigkeit des zu prüfenden oder zu inspizierenden Objektes festzustellen bzw. zu bestätigen.

Kann die für die geplante Prüfmethode erforderliche Prüffähigkeit nicht bestätigt werden, muss im Prüfbericht eine Untervorbehaltstellung des Ergebnisses (disclaimer of responsibility) aufgenommen oder die Prüfung bis zu einer Klärung mit dem Auftraggeber ausgesetzt werden.

K. Kolb

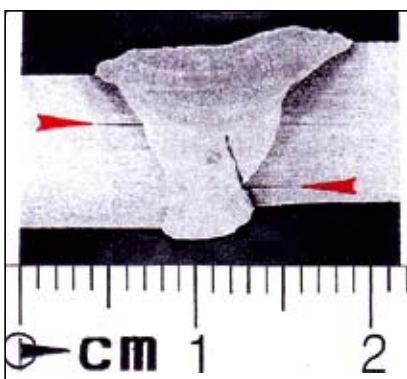


Abbildung 1 ($V = 4x$): Querschliff einer Rundnaht mit Längsriss und Seigerungen im Grundmaterial

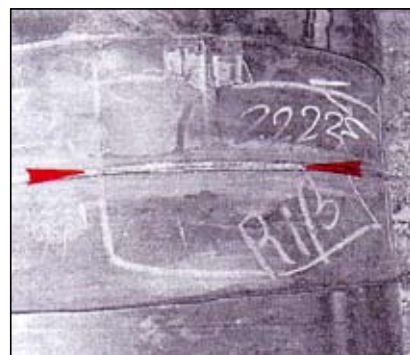


Abbildung 2: Rohraußenseite einer Rundnaht (NW 700)