

Qualifizierungsbericht

Auftrags-Nr.: 340 000 229

Sachverständiger: Jörg W. Scharfschwerdt, BB-FZW2-MUC

Auftraggeber: Bayerisches Staatsministerium für
Umwelt, Gesundheit und
Verbraucherschutz
Postfach 81 01 40
81901 München

Datum des Auftrages: 09. April 1997

Bestellzeichen: StMLU - Schr. 9209-9 / 51-16127
KRB II Gundremmingen, Block B/C

Zweck des Auftrages: Qualifizierung weiterentwickelter Prüfmo-
dule des KGG-Rohrinnenmani-
pulators zur Anwendung der zerstörungsfreien
Prüfverfahren Visuelle Prüfung (VT) und
Oberflächenprüfung nach dem Farbein-
dringverfahren (PT)

Abstrakt: Die 1997/98 erstmals vorgestellten und
qualifizierten Module zur Durchführung
zerstörungsfreier Prüfverfahren an Rohr-
Innenoberflächen wurden in den Folge-
jahren durch die Kernkraftwerk Gund-
remmingen GmbH (KGG) technisch wei-
terentwickelt. Die Weiterentwicklungen
und Modifikationen der Prüfmodule VT /
PT des Rohrinnenmanipulators sowie
deren Einsatzerprobungen wurden von
der TÜV Süddeutschland Bau und Betrieb
GmbH gutachtlich bewertet.

Bau und Betrieb

Bereich
Werkstoffe und Festigkeit

Westendstraße 199
D-80686 München
Telefon: 0 89 / 5791-1878
0160 / 360 1973
Telefax: 0 89 / 5791-1833
E-mail:
joerg.scharfschwerdt@tuev-sued.de
www.tuev-sued.de
München, 2003-10-24
BB- FZW2- MUC / sdL

Das Dokument besteht aus
19 Seiten und 1 Anlage.

TÜV Süddeutschland
Bau und Betrieb GmbH
Aufsichtsratsvorsitzender:
Dr. Axel Stepen
Geschäftsführer:
Dr. Manfred Bayerlein (Sprecher)
Dr. Udo Heisel
Sitz: München
Amtsgericht München
HRB 96 869



Durch die DAP Deutsches
Akkreditierungssystem
Prüfwesen GmbH nach
DIN EN ISO/IEC 17025
akkreditiertes Prüflaboratorium

Die auszugsweise Wiedergabe des
Prüfberichtes und die Verwendung
zu Werbezwecken bedürfen der
schriftlichen Genehmigung der
TÜV Süddeutschland Bau und
Betrieb GmbH .

Die Prüfergebnisse beziehen sich
ausschließlich auf die untersuch-
ten Prüfgegenstände.



Inhaltsverzeichnis

- 1. Einleitung**
- 2. Beschreibung des Prüfsystems Rohr-Innenmanipulator**
- 3. Qualifizierung Rohr-Innenmanipulator für die zerstörungsfreien Prüfverfahren PT und VT**
 - 3.1. Grundsätzliche Anforderungen an die Weiterentwicklung der ZfP-Module**
 - 3.2 Anforderungen an das Prüfsystem PT**
 - 3.2. Anforderungen an das Prüfsystem VT**
 - 3.4 Durchführung der Qualifizierung**
- 4. Bewertung**
 - 4.1 Prüfsystem PT**
 - 4.2 Prüfsystem VT**
- 5. Zusammenfassung**

Literaturverzeichnis

Anlage 1



1. Einleitung

Mit Schreiben vom 09.04.1997 [1] beauftragte das Bayerische Staatsministerium für Landesentwicklung und Umweltfragen die damalige TÜV Energie- und Systemtechnik GmbH mit der Begutachtung der Qualifizierung eines von der Kernkraftwerke Gundremmingen Betriebsgesellschaft, der heutigen Kernkraftwerk Gundremmingen GmbH (KGG), entwickelten und gefertigten Manipulatorsystems für die Farbeindringprüfung an Innenoberflächen austenitischer und ferritischer Rohrleitungen.

Das System, ursprünglich für das Beschleifen sowie für die Inspektion und Reinigung von Rohrinnenoberflächen konzipiert, stellt einen sich in mediumfreien Rohrleitungen selbsttätig bewegenden Manipulator dar. Anfahr-, Positionierungs- und Arbeitsfunktionen der einzelnen Module werden über eine externe Steuerung kontrolliert. Erste Einsatzproben eines Manipulator-Prototyps erfolgten im Jahre 1993 [2].

Der KGG-Rohr-Innenmanipulator, wie das System in der aktuellen Konfiguration bezeichnet wird, ist seit seinem Ersteinsatz 1993 / 94 kontinuierlich weiterentwickelt und durch verschiedene Arbeitsmodule, u. a. für das Beschleifen von Schweißnahtbereichen und die Durchführung von zerstörungsfreien Oberflächenprüfungen nach dem Farbeindringverfahren, komplettiert worden. Den 1997 erreichten Entwicklungsstand des Manipulators mit den Modulen zur Durchführung von Eindringprüfungen an Rohrinnenoberflächen dokumentieren der Arbeitsbericht TA 40/97 [3] der KGG sowie der Qualifizierungsbericht [4] der damaligen TÜV Anlagen- und Umwelttechnik GmbH.

Der vorliegende Prüfbericht berücksichtigt die Fortschreibung des Entwicklungs- und Einsatzkonzeptes Rohr-Innenmanipulator bei der KGG, insbesondere die seit 2000 vorgenommenen Modifikationen an Manipulatorkomponenten zur Durchführung von Oberflächenprüfungen nach dem Farbeindringverfahren sowie von gezielten visuellen Prüfungen und Weiterentwicklungen technischer Detaillösungen. Diese waren unter besonderer Berücksichtigung der Ergebnisse durchgeführter Tests und Werkstatterproben durch die TÜV Süddeutschland Bau und Betrieb GmbH gutachtlich zu bewerten.

Dargestellte Prüfergebnisse und Bewertungen beziehen sich auf die im Zeitraum April bis Juli 2001 erprobte Ausführung der Arbeitsmodule zur Durchführung der beiden zerstörungsfreien Oberflächenprüfverfahren Farbeindringprüfung und visuelle Prüfung in Kombination mit der elektrischen Antriebseinheit G 250e des Manipulators für die Rohr-Dimension DN 250. Weitere Erprobungen und Tests des Prüfsystems unter Nutzung spezieller Test- und Vergleichskörper wurden ergänzend 2002 durchgeführt und in die Bewertung einbezogen.



2. Beschreibung des Prüfsystems Rohr-Innenmanipulator

Um reproduzierbare Aussagen über den fertigungs- oder betriebsbedingten Zustand innerer Oberflächen beispielsweise im Bereich von Rohr-Verbindungsschweißnähten in Kraftwerksanlagen zu erhalten, werden diese üblicherweise von außen, d. h. auf indirektem Wege, einer zerstörungsfreien Prüfung mittels Ultraschall- oder Durchstrahlungstechniken unterzogen. Infolge von Einschränkungen baulicher oder konstruktiver Art sind zerstörungsfreie Prüfungen innerer Oberflächenbereiche von den Außenoberflächen aus nicht immer oder nicht vollständig möglich. Bereiche derartiger Prüfeinschränkungen sollen künftig in Rohrleitungen der KGG ergänzend oder alternativ mit dem Innen-Manipulatorsystem einer gezielten Sichtprüfung und / oder einer Farbeindringprüfung von innen unterzogen werden, um Aussagen zum Zustand dieser Prüfflächen zu erhalten.

Der KGG-Rohr-Innenmanipulator wurde in seinem modularen Aufbau und in den wesentlichen Funktionen in den Arbeitsberichten TA 145/94 und TA 40/97 der KGG beschrieben [2, 3]. Er besteht, abhängig von der konkreten Aufgabenstellung des Einsatzfalles, aus folgenden Hauptkomponenten bzw. Modulen:

- **Antriebseinheit** mit elektromotorischem oder mit alternativem Unterdruck-Fahrertrieb,
- **Steuereinheit** u. a. mit Kontrollmonitor, Datenausgabe und Datenspeicherung,
- **Arbeitsmodule**, z.B. für das Innenbeschleifen oder die Durchführung zerstörungsfreier Prüfungen (ZfP) wie der Farbeindringprüfung,
- **Kamera-Modul** zur Positionierung des Manipulatorsystems und zur Durchführung visueller Prüfungen als ZfP-Verfahren sowie
- **Absaugereinheit** (optionaler Einsatz soweit Absaugung von Gasen, Flüssigkeiten, Aerosolen, Stäuben u. ä. erforderlich).

Das Kamera-Modul, das wie die Antriebseinheit Bestandteil jeder der möglichen Einsatzkonfigurationen des Manipulators ist, sowie die 3 zu betrachtenden Arbeitsmodule für die Durchführung der Verfahrensschritte der Oberflächenprüfung nach dem Eindringverfahren wurden gegenüber dem in o. g. Arbeitsberichten [2, 3] dokumentierten technischen Stand modifiziert und gezielt weiterentwickelt.

Die Module des Manipulatorsystems für die Durchführung zerstörungsfreier Prüfverfahren und deren Eignung für die vorgesehenen Innenprüfungen von Kraftwerksrohrleitungen waren Gegenstand von Systemtests und Erprobungen bei der KGG und werden im vorliegenden Bericht bewertet.



In der betrachteten Konfiguration des Manipulators für den Nennweitenbereich DN 250 wurden die jeweiligen Arbeitsmodule mit der Antriebseinheit G 250e kombiniert. Vier der acht Antriebs- und Führungsrollen der Antriebseinheit werden direkt von je einem Elektromotor angetrieben. Die selbstzentrierende Rollenführung der Antriebseinheit gewährleistet die mittige Führung der Arbeitsmodule in Richtung der Rohrachse. Sie erlaubt dem System mit den im Rahmen der Qualifizierung eingesetzten Arbeitsmodulen das Befahren von Rohren ab DN 250, unabhängig von der vorliegenden Leitungsführung.

Die kompakte Bauweise des Gerätesystems gestattet es, mehrere aufeinander folgende Rohrbögen zu passieren, wenn deren Radius jeweils größer als $1 \times D_i$ ist. Unbearbeitete Schweißnahtwurzeln engen den freien Leitungsquerschnitt u. U. geringfügig ein, stellen aber grundsätzlich für das Befahren derartiger Abschnitte mit dem Manipulator kein Hindernis dar.

Bei Anpassung der elektrischen Antriebseinheit G 250e ist der Einsatz des Systems auch in Rohrleitungen größerer Nennweiten bis zu DN 700 vorgesehen. Bei Leitungen kleiner DN 250 können einige entsprechend verkleinerte Arbeitsmodule, z. B. zur gezielten visuellen Prüfung, mit einer für die Abmessung DN 150 verfügbaren elektrischen 4-Rollen-Antriebseinheit kombiniert werden. Module zur Durchführung von Eindringprüfungen sind für Nennweiten unterhalb DN 250 nicht verfügbar.

Vorschub- und Zustellbewegungen des Manipulatorsystems im Rohr sowie wesentliche Funktionen der Arbeitsmodule werden - im Unterschied zum 1997 dokumentierten Entwicklungsstand - über Elektroantriebe oder pneumatisch realisiert. Das Zentrieren und Verspannen der Antriebseinheit mit dem jeweils montierten Arbeitsmodul im Rohr erfolgt pneumatisch und ermöglicht dem System ein sicheres Befahren und Positionieren auch in senkrecht geführten Rohrleitungsbereichen.

Das Einsetzen des Systems in Leitungen erfolgt z. B. über offene Rohrenden oder über Einbauteile wie Armaturen. Die Modulbauweise des Manipulators gestattet es bei der betrachteten Nennweite DN 250, Einzelkomponenten über Öffnungen von ca. 100 mm lichter Weite, wie sie u. a. in kraftwerkstypischen Parallelplatten-Schiebern vorliegen, einzubringen und so das System im Rohr zu komplettieren und einsatzfertig zu machen. Die erreichbare Einfahrtiefe des Manipulatorsystems in einer Rohrleitung wird von der Länge der angeschlossenen Kabelverbindungen und Versorgungsleitungen sowie von der Anzahl der zu passierenden Rohrbögen bestimmt. Es sind bis zu 5 aufeinander folgende Bögen passierbar.

Für die verfahrensspezifisch nacheinander vorzunehmende Aufbringung von Eindringmittel, Reiniger- und Entwicklerkomponente bei der Farbeindringprüfung - Verfahrens-kurzzeichen PT nach [5] - wird an Innenoberflächen DN 250 jeweils ein gesondertes Arbeitsmodul eingesetzt. In Aufbau und Funktion sind diese 3 PT-Module weitgehend identisch. Unterschiede bestehen im gewählten Volumen der jeweiligen Prüfmittelvorratsbehälter sowie in Anordnung, Durchsatz und Einstellmöglichkeiten der Sprühdüsen, mit denen die flüssigen Komponenten des Eindringsystems ausgebracht werden. Das Reiniger-Modul ist mit Flachstrahl-Abblasdüsen versehen, über die Druckluft - ölfrei, trocken und erforderlichenfalls über Raumtemperaturniveau vorgewärmt - zu Reinigungs- und Trocknungszwecken auf die Prüfflächen aufgebracht werden kann.



Bei der Farbeindringprüfung in einem oder in mehreren benachbarten Schweißnahtbereichen einer Rohrleitung wird das System entsprechend der verfahrensspezifischen Abfolge von Arbeits- und Prüfschritten eingesetzt, die im Arbeitsbericht TA 40 / 97 [4] dargestellt wurde. Der erforderliche Austausch der PT-Module gegeneinander bedingt, dass das Manipulatorsystem nach Abschluss eines Prüfschrittes, wie z. B. dem Eindringmittelauftrag in einem oder in mehreren Prüfabschnitten, der Rohrleitung entnommen werden muss. Dem zügigen Modultausch auch unter für den Operator vor Ort erschwerten Bedingungen, wie beispielsweise bei Arbeiten unter Atemschutz und im Schutzanzug, dient eine Schnellkupplung, über die die Arbeitsmodule mit dem Antriebsmodul verbunden sind. Der Zeitbedarf für einen Modulwechsel beträgt üblicherweise wenige Minuten.

Eine kontinuierliche Kontrolle der Manipulator-Zustellbewegungen und der einzelnen Prüfschritte einschließlich der Beurteilung des Ergebnisses der durchgeführten PT sowie gezielter Sichtprüfungen - Verfahrenskurzzeichen VT [5] - von Leitungsbereichen erfolgen mittels zweier im Kamera-Modul integrierten CCD-Kameras. Diese sind axial bzw. radial ausgerichtet, einzeln ansteuerbar und geben alternierend entweder ein Bild des gesamten Leitungsquerschnittes, z. B. während der Fahrbewegungen des Manipulators und zur Orientierung und exakten Positionierung im vorgegebenen Prüfbereich, oder eine 7-fach vergrößerte Abbildung des zerstörungsfrei zu prüfenden Innen-Oberflächenbereiches am Kontrollmonitor wieder.

Die per Kabel übertragenen Bildsignale der jeweils angesteuerten Kamera können, vollständig oder als Einzelbilder, über einen S-VHS-Videorecorder oder DV-Recorder dokumentiert und anschließend in einer PC-Datenbank archiviert werden. Einzelbilder sind während der Prüfungen oder nach deren Abschluss über einen Video-Printer verfügbar. Die komplette Prüfdokumentation wird üblicherweise auf Datenträgern wie CD-ROM oder DVD gespeichert.

3. Qualifizierung Rohr-Innenmanipulator für die zerstörungsfreien Prüfverfahren PT und VT

3.1. Grundsätzliche Anforderungen an die Weiterentwicklung der ZfP-Module

In Auswertung der Erprobungen, die 1996/97 mit dem Manipulatorsystem in der damaligen Konfiguration durchgeführt wurden, erfolgte eine Fortschreibung des Entwicklungskonzeptes für die Arbeitsmodule zur Durchführung der zerstörungsfreien Prüfverfahren PT und VT. Bei der Weiterentwicklung des Gesamtsystems und der einzelnen ZfP-Module waren im Wesentlichen folgende technische Vorgaben und grundsätzliche Forderungen zu berücksichtigen:

- Die Arbeitsmodule PT und das Kamera-Modul müssen im Rohrquerschnitt zentrisch geführt werden, um mit optimierten Sprühdüsenstellungen die Prüfmittelkomponenten vollflächig bei möglichst gleichmäßiger Schichtdicke auf die Prüffläche aufzutragen.

- Der erforderliche Arbeitsdruck an der Düse zur Ausbringung der Prüfmittel muss über den gesamten Rohrmlauf und unabhängig von der Position des Manipulators konstant sein, um einen kontinuierlichen und gleichmäßigen Prüfmittelauftrag zu gewährleisten.
- Der vorgewählte Abstand zwischen Kameraobjektiv und zu betrachtender Rohr-Innenoberfläche soll möglichst konstant bleiben, soweit dies technisch z. B. in Bereichen größerer Rohrovalität oder beim Überfahren von Schweißnahtwurzelbereichen oder einmündenden Leitungssträngen realisierbar ist.
- Über einen geeigneten Sensor ist die jeweilige Position des Manipulators in der Rohrleitung einschließlich der umfangsbezogenen Koordinaten reproduzierbar zu erfassen und den entsprechenden Bilddaten der Kameras direkt und unveränderbar zuzuordnen.

3.2. Anforderungen an das Prüfsystem PT

Die Oberflächenprüfung mit dem Rohr-Innenmanipulator wird als Farbeindringprüfung gemäß DIN EN 571 - 1 [6] durchgeführt. Das ZfP-Verfahren der Eindringprüfung wird angewandt, um zur Prüffläche offene Materialtrennungen, wie sie beispielsweise als Risse, Poren, Falten oder Bindefehler im Bereich von Schweißverbindungen auftreten können, aufzufinden und in ihrer Lage und Orientierung anzuzeigen.

Hierzu in den jeweiligen Vorratsbehältern der drei PT-Module des Manipulatorsystems mitzuführende flüssige Prüfmittel sind das farbige Eindringmittel selbst sowie hierauf abgestimmte Reiniger- und Entwicklerkomponenten auf Wasser- oder Lösemittelbasis.

Diese drei miteinander kompatiblen Prüfmittel, zusammen ein Eindringssystem bildend, benötigen für ihre Anwendungen in verschiedenen Bereichen eine Freigabe oder Zulassung, die in der Regel auf der Basis eines entsprechenden Musterprüfzeugnisses erteilt wird. Methodik und Umfang der Musterprüfung von Eindringssystemen regelt derzeit die internationale Norm DIN EN ISO 3452 - 2 [7]. Bis Mitte 2003 gültige Übergangsregelungen speziell für den kerntechnischen Bereich bezogen sich hinsichtlich einzelner Eigenschaften der Prüfmittel auf die Vorgängernorm DIN 54152 - 2 [8].

Ein Einsatz von Eindringssystemen, für die kein Musterprüfzeugnis vorliegt, ist im begründeten Einzelfall, wie er mit der manipulatorgestützten Prüfung an Rohr-Innenoberflächen gegeben ist, ggf. gesondert zu vereinbaren. Anhand einer zugehörigen Dokumentation des Herstellers ist für PT-Systeme, wie sie u. a. im Anwendungsbereich des amerikanischen ASME-Regelwerkes eingesetzt werden, eine möglichst weitgehende Vergleichbarkeit mit bekannten mustergeprüften Systemen hinsichtlich relevanter chemisch-physikalischer Eigenschaften und die Erfüllung der wesentlichen prüftechnischen, korrosionschemischen und anderen Anforderungen des Anwendungs-



falles festzustellen. Durch vergleichende Prüfungen an geeigneten Test- und genormten Kontrollkörpern sind insbesondere die Reproduzierbarkeit der Prüfdurchführung und das Erreichen einer hinreichenden Nachweisempfindlichkeit für dieses Eindringssystem zu belegen.

Für die Durchführung und die Bewertung der Ergebnisse der Farbeindringprüfung an inneren Oberflächen von Rohrleitungen unter Nutzung des Innenmanipulators sind die Anforderungen und Festlegungen des geltenden Regelwerks maßgebend. Insbesondere sind dies die DIN EN 571 - 1 [6], die Bedingungen und Durchführung dieses Oberflächenprüfverfahrens regelt, die Regelsetzungen des Kerntechnisches Ausschusses KTA 3201.4 bzw. KTA 3211.4 [9, 10] zur Durchführung wiederkehrender Prüfungen an Rohrleitungen und anderen Kraftwerkskomponenten sowie hinsichtlich der Qualifizierung des Prüfpersonals die DIN EN 473 [5].

Zusätzliche Anforderungen und Festlegungen für die Durchführung von Oberflächenprüfungen nach dem Farbeindringverfahren bei wiederkehrenden Prüfungen in kerntechnischen Anlagen sind erstmals in der Neufassung der DIN 25435 - 2 [11] spezifiziert, deren 1996 veröffentlichter Entwurf deshalb bei der Qualifizierung der PT-Module ebenfalls berücksichtigt wurde.

Die Vorreinigung der Prüfflächen im Rohr als erster PT-Arbeitsschritt muss gewährleisten, dass aufzubringendes flüssiges Eindringmittel in zur Prüffläche offene Materialtrennungen eindringen kann. Aufliegende Flüssigkeitsfilme, anstehendes Restmedium im Bodenbereich oder Beläge im Prüfbereich, die derartige Fehlstellen an Innenoberflächen von Rohrleitungen überdecken können, sind im Zuge der Vorreinigung vollständig zu entfernen. Ist die Anwendung mechanisch reinigender Verfahren, beispielsweise unter Nutzung einer Schleifeinrichtung, erforderlich oder wird die Prüfung regulär nach dem Beschleifen von Schweißnahtwurzelbereichen durchgeführt, dürfen in der Prüffläche ggf. vorhandene offene Materialtrennungen durch die Ausführung dieser Arbeiten oder die Wahl des Schleifmittels nicht verschlossen werden.

Werkstoffspezifische Forderungen und Maßgaben im Bereich der Kerntechnik, die sich beispielsweise aus festgelegten niedrigen Grenzwerten für potentiell korrosive Bestandteile wie Chloride, Fluoride, Schwefel- und Kupferanteile in Prüf- und Prüfhilfsmitteln ergeben [12, 13], sind bei der Prüfung austenitischer und ferritischer Komponenten zusätzlich zu berücksichtigen.

3.3. Anforderungen an das Prüfsystem VT

Die gezielte Sichtprüfung (VT) als weiteres zerstörungsfreies Verfahren der Oberflächenprüfung wird durchgeführt zur Erkennung und Beurteilung spezifizierter Anzeigenmerkmale wie Erosions- oder Korrosionsspuren, Rissbildungen u. ä. im Prüfbereich. Unter Einsatz des Innenmanipulators mit Kamera-Modul und bildübertragender Elektronik wird die VT als indirekte gezielte Sichtprüfung durchgeführt.

Allgemeine Anforderungen an die Durchführung direkter bzw. indirekter Sichtprüfungen als zerstörungsfreies Prüfverfahren leiten sich ab aus DIN EN 13018 [14]. Weitergehende Anforderungen speziell an die Vorbereitung, Durchführung und Dokumentation der VT an Komponenten kerntechnischer Anlagen im Rahmen wiederkehrender Prüfungen enthält DIN 25435 - 4 [15], die in der Fassung 1996 bei der Qualifizierung des Kamera-Moduls ebenfalls herangezogen wurde.

Qualität und Konstanz der Bildübertragung von den CCD-Kameras zum Monitor der Steuereinheit sollen bei der indirekten Sichtprüfung vor und möglichst nach jedem Prüfvorgang - ggf. auch bei mehrstündiger ununterbrochener Prüfung in einer zusätzlichen Kontrolle - im Rahmen allgemeiner Funktionskontrollen des Manipulatorsystems überprüft werden. Zum Nachweis hinreichender Detailerkennbarkeit sind beispielsweise Testbilder, wie sie im Anhang zur DIN 25435 - 4 dargestellt oder bei verschiedenen Kamera-Anbietern verfügbar sind, zu verwenden. Abhängig von der Prüfaufgabe und dem jeweiligen Prüfziel können ebenso Test- oder Vergleichskörper, versehen mit realen und/oder künstlich erzeugten Oberflächenfehlern und -merkmalen, hierfür geeignet sein.

Die im Kamera-Modul integrierte regelbare Beleuchtungseinrichtung muss gewährleisten, dass auf den zu bewertenden Prüfflächen eine ausreichende Beleuchtungsstärke von mindestens 500 lx gegeben ist. Die Lichtverteilung auf der Prüffläche soll dabei möglichst gleichmäßig sein, Spiegelungen und Reflektionen sind zu vermeiden. Während der Prüfdurchführung VT - ebenso bei der Kontrolle der einzelnen Prüfschritte der PT mit diesem Modul - muss die gegebene Beleuchtungsstärke beispielsweise an Hand von Strukturmerkmalen der zu prüfenden Oberfläche kontinuierlich überwachbar und ggf. nachregelbar sein.

Weitergehende Anforderungen an wesentliche Funktionen der eingesetzten Kamera- und Beleuchtungssysteme unter Berücksichtigung der Prüfaufgabe und der Einsatzbedingungen sowie erforderliche Eigenschaften der zugehörigen Bildaufzeichnungs- und Wiedergabegeräte sind ebenfalls in [15] festgelegt.

3.4. Durchführung der Qualifizierung

In den Jahren 2000/2001 wurden durch KGG auf Basis des fortgeschriebenen Entwicklungskonzeptes „Rohr-Innenmanipulator“ Modifikationen und Weiterentwicklungen am Gesamtsystem sowie an den Modulen zur Durchführung der zerstörungsfreien Oberflächenprüfverfahren PT und VT vorgenommen. Die Zielstellung bestand darin, die Einsatzmöglichkeiten des Manipulators bei der Durchführung zerstörungsfreier Prüfungen an inneren Rohroberflächen zu optimieren und zu erweitern sowie die Reproduzierbarkeit der Prüfergebnisse nachzuweisen und weiter zu verbessern.

Aufbauend auf der 1997 vorgenommenen Erst-Qualifizierung der Systemkonfiguration für die Farbeindringprüfung wurden 2001/2002 Untersuchungen zur Qualifizierung der weiterentwickelten PT-Module DN 250 sowie des Kamera-Moduls in Kombination mit



einer ebenfalls modifizierten elektromotorischen Antriebseinheit vorgenommen. Unter Verwendung speziell gefertigter ferritischer bzw. austenitischer Rohr-Testkörper der Nennweite 250 mm, die eine Rundschweißnaht - anteilig mit rohreben bearbeiteter bzw. unbearbeiteter Schweißnahtwurzel - sowie eine Halterung zur Positionierung des Kontrollkörpers 2 nach DIN EN ISO 3452 - 3 [16] enthalten, wurden komplette Prüfabläufe der Farbeindringprüfung mit dem Manipulator-System durchgeführt, dokumentiert und bewertet.

Der Auftrag der Prüfmittel (Farbeindringmittel, Reiniger, Entwickler) auf die Rohrinnenflächen erfolgte entsprechend den Regelwerksvorgaben in gleichmäßig dünnen Schichten mittels der Sprühdüsen des jeweiligen Arbeitsmoduls. Die Düsen sind in Vorversuchen auf die Konsistenz und den erforderlichen Mengenaustrag der auszubringenden Prüfmittelkomponenten abgestimmt und im Zuge der durchgeführten Versuche und Prüfabläufe weiter optimiert worden.

Eine kontinuierliche Kontrolle des Prüfmittelauftrages, des Grades der Zwischenreinigung und die Beurteilung der Prüfflächen, z. B. zu Beginn der Prüfungen hinsichtlich des Vorliegens eines prüffähigen Oberflächenzustandes und des ggf. erforderlichen Reinigungsaufwandes oder nach Abschluss des Entwicklerauftrages, war über die Radialkamera und den angeschlossenen Farb-Kontrollmonitor gewährleistet.

Anordnung und Ausrichtung der Sprühdüsen der PT-Module und der CCD-Kameras wurden weiter optimiert, sodass sich Prüfmittel-Sprühnebel während des Auftrags in durch die Leitungsführung bedingten ungünstigen Manipulatorpositionen nicht mehr in störender Weise auf den Kameraobjektiven niederschlagen können.

Im Rahmen des Qualifizierungsverfahrens der weiterentwickelten Prüfmodule PT wurde anfänglich ein mustergeprüftes Eindringssystem, bestehend aus dem Farbeindringmittel ARDROX 9VF2, dem Reiniger ARDROX 9PR88 und dem lösemittelbasierten Entwickler ARDROX 9D1B, eingesetzt. Dieses Eindringssystem wurde von der KGG langjährig u. a. bei der Durchführung wiederkehrender Prüfungen an austenitischen Rohrleitungen nach Standard-Prüfanweisung [17] verwendet.

Die Anwendung anderer Farbeindringssysteme ist unter Nutzung der Module grundsätzlich ebenso möglich und wurde während der Qualifizierung in vergleichenden Versuchen am Beispiel zweier ebenfalls im Kerntechnik-Bereich angewandter Eindringssysteme anderer Anbieter nachgewiesen.

Im Fall der zu qualifizierenden Eindringprüfung an Rohrinnenoberflächen wurde durch die KGG aufgrund vorliegender Empfehlungen und positiver Anwendungserfahrungen anderer Kraftwerksbetreiber ein Eindringssystem in die vergleichenden Untersuchungen einbezogen, für das bislang keine Musterprüfung beauftragt wurde. Im Zuge der Tests zur Optimierung der manipulatorgestützten Durchführung des ZfP-Verfahrens PT hat sich dieses im Anwendungsbereich des ASME-Regelwerkes für kerntechnische Anlagen zugelassene Eindringssystem eines japanischen Herstellers aufgrund mehrerer vorteilhafter Eigenschaften bei vergleichsweise effektiver Zwischenreinigung unter Verwendung vollentsalzten Wassers sowie einem sehr guten Nachweisvermögen als am besten geeignet erwiesen.

Bei dem Produkt der Fa. EISHIN KAGAKU Co. Ltd., Tokyo, handelt es sich um ein nach ASME-Code als besonders halogen- und schwefelarm klassifiziertes Farbeindringsystem für den Einsatz im kerntechnischen Bereich. Es besteht aus der Kombination des wasserabwaschbaren roten Eindringmittels *Red Mark 3-B (NT) Special* mit dem zugehörigen, lösemittelbasierten Entwickler *Red Mark R-1 SD (NT) Special*, das nach Herstellerspezifikation mit Wasser - beispielsweise mit kraftwerksverfügbarem vollentsalztem Wasser - als Zwischenreiniger angewandt wird. Das System findet aufgrund seines sehr geringen Gehaltes an Chloriden, Fluoriden sowie an Schwefelverbindungen in der Kerntechnik anderer Länder breiten Einsatz.

Seitens KGG wurde das PT-System Red Mark in vergleichenden Versuchen bekannten, mustergeprüften Eindringssystemen gegenübergestellt. Im Ergebnis dieser 2001 durchgeführten Vergleiche gab die KGG diesem System für die mit dem Rohrinnenmanipulator in austenitischen und ferritischen Rohrleitungen künftig durchzuführenden Prüfungen gegenüber anderen Eindringssystemen den Vorrang.

Im Vergleich zum ARDROX-System und anderen betrachteten Eindringssystemen zeigte das System Red Mark für den speziellen Anwendungsfall der manipulatorgestützten Ausbringung und Entfernung der Prüfmittelkomponenten insgesamt die besten prüftechnischen Eigenschaften. Insbesondere war die Zwischenreinigung, bei der überschüssiges Eindringmittel zügig und vollständig von den Prüfflächen entfernt werden muss, unter Verwendung von kraftwerksverfügbarem Deionat reproduzierbar durchführbar. Zugleich wurde eine höhere Reinigungseffektivität erreicht als mit den Reinigerkomponenten anderer getesteter Systeme. Der erforderliche Sprühdruk, mit dem das Deionat auf die zu reinigende Prüffläche auftrifft, kann bei diesem System so eingestellt werden, dass die Gefahr des „Auswaschens“ von Eindringmittel aus ggf. vorhandenen Materialtrennungen praktisch ausgeschlossen werden kann.

Da das System Red Mark nicht in den deutschen Prüfmittelmarkt exportiert wurde, hat der Anbieter ein Musterprüfverfahren bisher nicht beantragt. Der Einsatz des Produktes im Bereich des ASME-Regelwerkes erfordert als Zulassungsvoraussetzung für die Anwendung in der Kern- und Energietechnik analoge Untersuchungen und vergleichbare Nachweise des Herstellers wie sie das Musterprüfverfahren beinhaltet. Wesentliche chemisch-physikalische Parameter, der Gehalt an korrosiven oder anderen Bestandteilen werden dabei nach den Maßgaben und Festlegungen des ASME-Codes [18] in vergleichbar umfassender Weise, z. T. nach denselben anerkannten und standardisierten Analysenverfahren, bestimmt.

Für die bei der Qualifizierung verwendeten Chargen des wasserabwaschbaren Eindringmittels Red Mark R-3B (NT) Special und des zugehörigen lösemittelbasierten Entwicklers Red Mark R-1SD (NT) Special liegen der KGG entsprechende Hersteller-Zertifikate über durchgeführte chemisch-physikalische Laboranalysen vor. Diese wurden in Übereinstimmung mit den Vorgaben und nach den Verfahren des ASME Codes, Section V, Article 24, durchgeführt.

Die festgestellten Gehalte an korrosiven Bestandteilen (Chlorid, Fluorid, Schwefel) liegen sowohl beim Eindringmittel Red Mark als auch bei der zugehörigen Entwicklerkomponente weit unter den Grenzwertvorgaben des in Deutschland geltenden kerntechnischen Regewerks. Im Ergebnis ebenfalls durchgeführter Versuche zum korrosi-



ven Verhalten der Prüfmittelkomponenten an standardisierten Testplatten aus Aluminium- und Magnesiumlegierungen sowie Stahl bei 50 °C war kein korrosiver Angriff der Prüfmittelkomponenten an den beaufschlagten Testplatten-Oberflächen feststellbar.

Die im Hersteller-Zertifikat angegeben sehr günstigen Analysenwerte beider Prüfmittelkomponenten hinsichtlich enthaltener korrosiver Bestandteile wurden durch entsprechende Musteranalysen der KGG im eigenen Labor bestätigt. Auf Basis dieser Analysen erfolgte beim Kraftwerksbetreiber die Freigabe des Eindringensystems Red Mark für die Anwendung an bzw. in Anlagen und Komponenten im Kontrollbereich.

Die bei der Qualifizierung verwendeten Rohrtestkörper DN 250 weisen im Bereich der zur Hälfte bearbeiteten, im anderen Teil unbearbeiteten Schweißnahtwurzel typische, zur Innenoberfläche hin offene Fehlstellen bzw. Materialtrennungen auf, wie sie herstellungs- oder betriebsbedingt in Rohrleitungen von Kraftwerksanlagen aufgefunden werden. Zum Vergleich mit den Ergebnissen der manipulatorgestützten PT an den Rohr-Testkörpern wurde der Schweißnahtwurzelbereich der unter Verwendung desselben Eindringensystems nach der Standard-Prüfanweisung [17] manuell geprüft.

Um Aussagen zur erreichbaren Prüfempfindlichkeit und zur Reproduzierbarkeit der Eindringprüfung mit dem System Red Mark einschließlich der Ergebnisbewertung anhand des Monitorbildes zu erhalten, wurden vergleichende Prüfungen sowohl mit dem Kontrollkörper 2 nach [16] sowie dem Kontrollkörper B nach JIS Z 2343 - 3 [19], der ein Feld von parallelen 50 µm tiefen Querrissen mit etwa 1,5 µm Rissbreite aufweist, manipulatorgestützt und manuell durchgeführt. Die genormten Kontrollkörper wurden bei der manipulatorgestützten Prüfdurchführung in einer entsprechenden Halterung an der Innenwand der Rohrtestkörper positioniert.

Zur Justierung und zu Funktionskontrollen der beiden CCD-Kameras bzw. der Farb- bild-Übertragungsstrecke zum Monitor wurden die vom Kamera-Hersteller gelieferten Farbbildkarten genutzt. Zusätzlich stand ein speziell gefertigter Draht-Testkörper zur Verfügung, bei dem auf einer mechanisch bearbeiteten Austenit-Oberfläche austenitische Drähte von 25 µm Stärke in unterschiedlichen Orientierungen fixiert sind.

Die Ergebnisse der durchgeführten PT wurden jeweils auf Videoband sowie z. T. als Hardcopy dokumentiert. Die Angaben zum Prüfsystem, zu Prüfparametern und die Prüfergebnisse wurden in den anlagenspezifischen Protokollformblättern festgehalten.

4. Bewertung

4.1 Prüfsystem PT

Ausgehend vom erreichten technischen Stand des Rohr-Innenmanipulators 1997 erfolgte bei der KGG eine Fortschreibung des Entwicklungskonzeptes. Im Ergebnis der vorgenommenen Weiterentwicklungen und Modifikationen wurden 2001/2002 eine Reihe von Erprobungen und Gerätetests zur Qualifizierung des Manipulatorsystems für

die Rohr-Dimension DN 250 mit den drei Modulen zur Durchführung des Prüfverfahrens PT an Innenoberflächen speziell gefertigter Rohr-Testkörper vorgenommen. Eine technische Lösung, die idealerweise in nur einem Modul alle erforderlichen Komponenten und Funktionen für dieses zerstörungsfreie Prüfverfahren kompakt zusammenfasst, ist bei der betrachteten Rohrdimension derzeit nicht realisierbar. Ein Prüfmodul, das die Komponenten aller drei PT-Einzelmodule DN 250 auf einer gemeinsamen Trägerplatte aufnimmt und so Modul-Wechsel während der Prüfungen erübrigt, steht ab Nennweiten DN 350 zur Verfügung.

Bei der Qualifizierung des weiterentwickelten Prüfsystems zur Oberflächenprüfung in Rohren nach dem Eindringverfahren (PT) wurden die im Punkt 3 vorliegenden Berichtes angeführten technischen Regelwerke [6 -11; 16] für die Vorbereitung, Durchführung und Bewertung der Eindringprüfungen zugrunde gelegt. Die KGG-Standardprüfanweisung für Oberflächenprüfungen [17] wurde bei den vergleichenden Prüfungen sowie bei praktischen Erprobungen des Systems ebenfalls berücksichtigt.

Der Bewertung der während der Qualifizierung festgestellten Prüfergebnisse wurden Anforderungen und Bewertungsmaßstäbe aus dem o. g. geltenden kerntechnischen Regelwerk zu Grunde gelegt. Registrier- und Bewertungsgrenzen für die Eindringprüfung wurden der o. g. Standard-Prüfanweisung TA-2 entnommen und auf manipulatorgestützt wie konventionell durchgeführte Prüfungen gleichermaßen angewandt.

Im Ergebnis der 2001/2002 durchgeführten vergleichenden Untersuchungen und Systemtests zur Qualifizierung der Durchführung und Auswertung von Oberflächenprüfungen nach dem Eindringverfahren (PT) an Rohr-Innenoberflächen wurde das weiterentwickelte Prüfsystem sowohl in seiner Gesamtfunktion und Funktionssicherheit als auch in Hinblick auf die erreichbare Empfindlichkeit und Reproduzierbarkeit der Eindringprüfungen bewertet.

Aus Erprobungen des Gesamtsystems unter Nutzung der Rohr-Testkörper ergab sich das Erfordernis, die Methode der Positionsbestimmung für das in der Rohrleitung befindliche Manipulatorsystem dahingehend zu verbessern, dass jeder Bereich der Prüffläche, z. B. nach erfolgtem Modulwechsel, mit hoher Reproduzierbarkeit wieder angefahren und aufgefunden werden kann. Hierzu wurden elektronische Weggeber zur exakten Erfassung der Einfahrtiefe des Manipulators sowie der Position der Radialkamera, bezogen auf den Umfang der Rohrleitung, in das System integriert. Die so verfügbaren Ortskoordinaten werden direkt in das Monitorbild eingeblendet und können, beispielsweise einem PT-Anzeigenbereich zugeordnet, mit deren Abbildung und ergänzt um weitere Angaben zu Prüfdatum und Uhrzeit, Anlagenkennzeichen u. ä. abgespeichert oder ausgedruckt werden.

Die Eindringprüfungen wurden manipulatorgestützt an verschiedenen orientierten Prüfflächen in unterschiedlichen Prüfpositionen vorgenommen. Bei den Prüfungen an genormten Kontrollkörpern und an den mit realen Fehlstellen behafteten Rohr-Testkörpern mit Schweißnaht wurde eine hohe Reproduzierbarkeit der Prüfergebnisse erreicht. Die dabei erzielte Prüfempfindlichkeit entsprach der bei konventionell durchgeführten PT-Prüfungen unter gleichen Prüfbedingungen, mit dem gleichen Eindringssystem und den gleichen Kontrollkörpern erzielten Empfindlichkeit. Bei allen Prüfungen unter Verwendung des Innenmanipulators mit dem Eindringssystem Red Mark waren



die Fehlernummern 2 bis 5 des Kontrollkörpers 2 nach DIN EN ISO 3452 - 3 [16] eindeutig nachweisbar. Die Fehlernummer 1 war bei nahezu der Hälfte der durchgeführten PT-Prüfungen ebenfalls erkennbar.

Eine Verifizierung einzelner Oberflächenmerkmale oder abzuklärender PT-Anzeigebereiche wird durch die gegebene mehrfache Vergrößerung, mit der der Prüfbereich von der Radialkamera auf dem Kontrollmonitor abgebildet wird, vereinfacht und erleichtert.

Im Verlauf der Systemtests konnte bei den PT-Prüfungen am Rohr-Testkörper eine für die Vorbereitung, Durchführung und Auswertung der Eindringprüfungen hinreichende Anfahr- und Positioniergenauigkeit des Manipulators erreicht werden. Nach Einbindung der elektronischen Wegaufnahme wurde eine Anfahrngenauigkeit von ± 5 mm sowohl bei der Einfahrtiefe in Richtung der Rohrleitung als auch bei der Position am Rohrumfang nachgewiesen. Die Positionierung der Prüfmodule erfolgte grundsätzlich anhand des Monitorbildes über die stufenlos steuerbaren Zustellbewegungen in axialer bzw. radialer Richtung.

Eine kontinuierliche Kontrolle des Ablaufs aller Anfahr-, Arbeits- und Prüfschritte sowie die aktuelle räumliche Orientierung und Positionierung des Systems in der Rohrleitung ist über die axial bzw. radial ausgerichteten Kameras, die alternierend angesteuert werden, und die Positionsdaten des Manipulators am angeschlossenen Monitor gewährleistet.

In Auswertung der 2001/2002 vorgenommenen Tests, vergleichenden Untersuchungen und Erprobungen konnte die Eignung und die gegenüber dem Stand 1997 weiter verbesserte Funktionssicherheit des auf dem KGG-Rohr-Innenmanipulator basierenden Prüfsystems für die Durchführung, Auswertung und Dokumentation von Farbeindringprüfungen an Innenoberflächen nachgewiesen werden.

4.2 Prüfsystem VT

Parallel zu den Systemtests und Erprobungen der weiterentwickelten Prüfmodule PT erfolgte die Qualifizierung des modifizierten Kamera-Moduls des KGG-Rohrinnenmanipulators mit den beiden axial bzw. radial ausgerichteten CCD-Kameras. Die sich aus dem geltenden Regelwerk ergebenden Anforderungen an die Qualität der Bildübertragung sowie an deren Leistungsfähigkeit und Funktionssicherheit, auch im Zusammenwirken mit den PT-Modulen, wurden erfüllt. Durchgeführte konstruktive Verbesserungen an den PT-Modulen verhindern den störenden Niederschlag von Prüfmitel-Sprühnebel auf den Kameras nahezu vollständig und führten damit zu einer dauerhaften Verbesserung der Bildqualität.

Die in das Kamera-Modul integrierte regelbare Beleuchtungseinrichtung gewährleistet eine weitgehend gleichmäßige Ausleuchtung des Prüfbereiches. Die Beleuchtungsstär-

ke kann, beispielsweise um Reflexionen von metallisch blanken Oberflächen zu vermeiden oder ausgewählte Oberflächenmerkmale zu bewerten, durch den Operator stufenlos nachgeregelt werden.

Vorgenommene Tests und die periodischen Überprüfungen der Bildübertragungstrecke und der erreichbaren Detailerkennbarkeit unter Verwendung entsprechende Testbilder des Kamera-Herstellers und speziell gefertigter Testkörper zeigten, dass das System die zugrunde liegenden Anforderungen, die sich aus dem Regelwerk für die Durchführung gezielter indirekter Sichtprüfungen ableiten, sicher und dauerhaft erfüllt.

Die Speicherung und Dokumentation der Prüffahrten und -ergebnisse ist in jedem festzulegenden Umfang, von Einzelbildern bis zur Komplettaufzeichnung, möglich. Die Verknüpfung der Videobilder mit den Positionsdaten des Manipulatorsystems sowie den Angaben zu Prüfobjekt, Prüfdatum, Prüfzeit u. ä. während der Prüfungen ist eindeutig und nachträglich nicht veränderbar.

In Auswertung der 2001/2002 vorgenommenen Tests, vergleichenden Untersuchungen und Erprobungen konnte die Eignung und die gegenüber dem 1997 dokumentierten Entwicklungsstand weiter verbesserte Funktionssicherheit des auf dem KGG-Rohrinnenmanipulator basierenden Prüfsystems für die Durchführung, Auswertung und Dokumentation von gezielten indirekten visuellen Prüfungen an Innenoberflächen nachgewiesen werden.

Im Sinne der Qualitätssicherung der Ergebnisse der manipulatorgestützt durchgeführten Prüfungen PT und VT sind, z. B. in einer Prüfspezifikation oder in einer detaillierten Arbeitsanweisung, alle erforderlichen Festlegungen zu treffen, die Umfang und Zeitpunkt von Kontroll- und Wartungstätigkeiten einschließlich erforderlicher Justiervorgänge und periodischer System- bzw. Funktionskontrollen ebenso wie grundsätzliche Anforderungen an die Qualifikation des Prüf- und Bedienpersonals oder an den Umfang und die Ablage der Prüfdokumentation regeln.

5. Zusammenfassung

Durch die Kernkraftwerk Gundremmingen GmbH wurde ein Rohr-Innenprüfsystem für die Oberflächenprüfung nach dem Farbeindringverfahren sowie zur indirekten visuellen Prüfung dieser Bereiche konzipiert, gefertigt und erprobt. Das System basiert auf einem sich im freien Leitungsquerschnitt bewegenden, über Kabelverbindung gesteuerten Manipulator, der mit auswechselbaren Arbeitsmodulen u. a. für die Durchführung von Farbeindringprüfungen komplettiert werden kann. Für die visuelle Prüfung der Innenoberflächenbereiche wird das Kamera-Modul des Systems genutzt, das mit seinen beiden, axial bzw. radial ausgerichteten CCD-Kameras Bestandteil aller verfügbaren Konfigurationen dieses Manipulatorsystems ist.

Im Ergebnis der Qualifizierung 2001/2002, bei der das Manipulatorsystem mit konstruktiv weiterentwickelten und modifizierten Prüf-Modulen für die Verfahren PT und VT im Nennweitenbereich DN 250 zu bewerten war, konnten Eignung und Funktionssicherheit des Systems für die manipulatorgestützte Durchführung beider zerstörungsfreier Prüfverfahren an Rohrinneoberflächen nachgewiesen werden.

Vorgegebene Aufgabenstellungen der zerstörungsfreien Oberflächenprüfung in medienfreien Leitungen wurden im Wesentlichen regelwerkskonform und verfahrensspezifisch gelöst. Die Anforderungen und Maßgaben des geltenden kerntechnischen und prüftechnischen Regelwerkes wurden bei Konzeption und Entwicklung der Prüf-Module berücksichtigt und technisch entsprechend umgesetzt.

Der Einsatz des vorgestellten Systems in Rohrleitungen DN 250 ermöglicht die Durchführung von zerstörungsfreien Prüfungen nach zwei Verfahren der Oberflächenprüfung, dem Eindringverfahren (PT) und dem der gezielten Sichtprüfung (VT), an inneren Rohroberflächen und erweitert damit die Einsatzmöglichkeiten des ursprünglich für Reinigungs-, Schleif- und Bergungsaufgaben konzipierten Rohrinne-manipulators wesentlich.

Im Qualifizierungsverfahren wurde in verschiedenen Testreihen und Erprobungen eine hohe Reproduzierbarkeit sowohl der spezifischen manipulatorgestützten Prüf-abläufe als auch der Prüfergebnisse nachgewiesen. Die bei der PT mit dem Manipulatorsystem erreichte Prüfempfindlichkeit unter Anwendung des in Vorversuchen ausgewählten Eindring-systems Red Mark entsprach der bei manuellen Vergleichsprüfungen nach geltender KGG-Standard-Prüfanweisung [17] erreichten bzw. übertraf diese in einigen der durchgeführten Versuche.

Aufgrund der mehrfachen Vergrößerung, mit der die Radialkamera die Prüffläche bzw. Teilbereiche davon auf dem Monitor abbildet, und der erreichbaren hohen Auflösung des bildgebenden elektronischen Systems werden selbst PT-Anzeigen, deren scheinbare Ausdehnung kleiner ist als die kleinste Fehlergröße der verwendeten Kontrollkörper, detailliert und mit hinreichend gutem Kontrast dargestellt.



Während der Qualifizierung festgestellte Verbesserungsmöglichkeiten bei konstruktiven Details sowie bei der Auswahl oder Kombination von Materialien am Manipulatorsystem und speziell an den betrachteten Modulen PT bzw. VT wurden kurzfristig und unmittelbar in entsprechende technischen Lösungen umgesetzt.

Der in das System nunmehr integrierte elektronische Weggeber erfasst kontinuierlich dessen Abstand zu einem festgelegten Startpunkt sowie die auf den Rohrleitungsumfang bezogene Position der Radialkamera. Die aktuellen Ortskoordinaten werden direkt und unveränderbar in das zugehörige Monitorbild eingeblendet, mit diesem elektronisch verknüpft und mit ihm gemeinsam abgespeichert.

Eine gezielte Einweisung des Prüfpersonals und das Vorliegen praktischer Erfahrungen in der Anwendung des Prüfsystems sowie bei der sicheren Beurteilung und Bewertung der auf dem Kontrollmonitor dargestellten Ergebnisse der einzelnen Schritte der Eindringprüfung bzw. der visuellen Prüfung sind neben der im Regelwerk für die Durchführung der Prüfverfahren geforderten Personalqualifikation [5] Voraussetzung für den effektiven Einsatz des vorgestellten Prüfsystems auf der Basis des KGG-Rohr-Innenmanipulators.

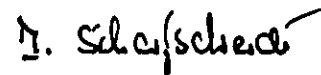
Die Qualifizierung des zu begutachtenden Prüfsystems für die Durchführung der zerstörungsfreien Prüfverfahren PT und VT in Rohrleitungen DN 250 gilt solange, bis wesentliche Inhalte der zugrunde liegenden Normen und Regelwerke oder wesentliche neue Erkenntnisse aus den praktischen Anwendungen der Prüfverfahren oder des Prüfsystems eine Neubewertung erforderlich werden lassen.

Der Leiter der Abteilung
Zerstörungsfreie Prüftechnik



Gerhard Strodl

Der Sachverständige



Jörg Scharfschwerdt



Literaturverzeichnis

- [1] Bayerisches Staatsministerium für Landesentwicklung und Umweltfragen, München
Schreiben v. 09. 04. 1997 (Zeichen: 9209-9/51-16127)
an TÜV Energie- und Systemtechnik GmbH, München
- [2] Aufbau und Funktionsweise des KRB-II-Rohrmoles.
Arbeits-Bericht TA 145 / 94
Kernkraftwerke Gundremmingen Betriebsgesellschaft mbH,
Oktober 1994
- [3] Qualifikation der Farbeindringprüfung und der Innensicht-
prüfung an Rohrinneoberflächen mit KRB-II-Rohrmoles.
Systembeschreibung und Versuchsergebnisse.
Arbeits-Bericht TA 40 / 97
Kernkraftwerke Gundremmingen Betriebsgesellschaft mbH,
Mai 1997
- [4] Manipulator für die Oberflächenrissprüfung von Rohr-
innenoberflächen (KRB-II-Rohrmoles).
Qualifizierungsbericht v. 23. 03. 1998
TÜV Anlagen- und Umwelttechnik GmbH München,
Institut für Materialprüfung
- [5] DIN EN 473; Ausg. 03.01
Zerstörungsfreie Prüfung; Qualifizierung und Zertifizierung von
Personal der zerstörungsfreien Prüfung; Allgemeine Grundlagen.
- [6] DIN EN 571 - 1; Ausg. 03.97
Zerstörungsfreie Prüfung; Eindringprüfung;
Teil 1: Allgemeine Grundlagen.
- [7] DIN EN ISO 3452 - 2; Ausg. 06.00
Zerstörungsfreie Prüfung; Eindringprüfung;
Teil 2: Prüfung von Eindringmitteln.
- [8] DIN 54152 - 2; Ausg. 07.89
Zerstörungsfreie Prüfung; Eindringprüfung;
Teil 2: Prüfung von Prüfmitteln.
- [9] KTA 3201.4; Ausg. 06.99
Komponenten des Primärkreises von Leichtwasserreaktoren.
Teil 4: Wiederkehrende Prüfungen und Betriebsüberwachung.
- [10] KTA 3211.4; Ausg. 06.96
Druck- und aktivitätsführende Komponenten
von Systemen außerhalb des Primärkreises.
Teil 4: Wiederkehrende Prüfungen und Betriebsüberwachung.
- [11] DIN 25435 - 2; Ausg. 05.03
Wiederkehrende Prüfungen der Komponenten des Primärkreises
von Leichtwasserreaktoren; Teil 2: Magnetpulver- und Eindringprüfung.



(Fortsetzung Literaturverzeichnis)

- [12] DIN 25410; Ausg. 04.01
Kerntechnische Anlagen; Oberflächensauberkeit von Komponenten.
- [13] DIN 25493; Ausg. 09.97
Kerntechnische Anlagen; Schutz metallischer Bauteiloberflächen vor
Schädigungen durch Montagehilfsmittel, Dichtungen, Packungen,
Verpackungen und Wärmedämmstoffe.
- [14] DIN EN 13018; Ausg. 07.01
Zerstörungsfreie Prüfung; Sichtprüfung; Allgemeine Grundlagen.
- [15] DIN 25435 - 4; Ausg. 05.03
Wiederkehrende Prüfungen der Komponenten des Primär-
kreises von Leichtwasserreaktoren; Teil 4: Sichtprüfung
- [16] DIN EN ISO 3452 - 3; Ausg. 04.96
Zerstörungsfreie Prüfung; Eindringprüfung; Teil 3: Kontrollkörper.
- [17] Standard-Prüfanweisung TA-2, Oberflächenprüfung nach dem
Magnetpulververfahren (MT) und dem Eindringverfahren (PT).
KRB Gundremmingen Block B/C, Okt. 2002
- [18] ASME Boiler and Pressure Vessel Code
Section V, Nondestructive Testing.
Herausg.: American Society of Mechanical Engineers, New York 2000
- [19] JIS Z 2343 - 3; Ausg. 04.01
Non-destructive testing; Penetrant Testing; Part 3: Reference test bocks.

Anlage 1

Ansicht des Prüfsystems PT



TÜV Süddeutschland Bau und Betrieb

Unser Zeichen, Erstelldatum, Kennzeichnung: BB-FZW2-MUC / sdt. München, 2003-10-24
Archivierung: Begutachtung PT-Manipulator KGG_04112003.doc

TÜV
SÜDDEUTSCHLAND

Anlage 1 Ansicht des Prüfsystems PT

