

## **Anpassung und Optimierung von zerstörungsfreien Prüfungen an den sicherheitstechnisch bedeutsamen Systemen und Komponenten**

### **STELLUNGNAHME der RSK vom 11.04.2002**

#### **1. Beratungsauftrag**

Im Beratungsauftrag vom 03.01.2001 des BMU an die Reaktor-Sicherheitskommission (RSK) zur Prüfzyklusverlängerung für das Kernkraftwerk Brokdorf (KBR) (Beratungsunterlage [1]) wurde die RSK aufgefordert, die früheren Beratungen zur Anpassung und Optimierung von zerstörungsfreien Prüfungen (zFP) an sicherheitstechnisch bedeutsamen Systemen wieder aufzunehmen und eine Stellungnahme zu erarbeiten.

#### **2. Sachverhalt**

Nachdem Anfang der 90-er Jahre in Rohrleitungen aus stabilisierten austenitischen Stählen von SWR-Anlagen (KWU Baureihe 69 und 72) in großem Ausmaße Risse nachgewiesen worden waren [2], sind bis zum heutigen Tage nur vereinzelt weitere Risse infolge eines korrosiven Angriffes bekannt geworden. In jüngster Zeit mehren sich Ereignisse, bei denen in den deutschen Kernkraftwerken in austenitischen Rohrleitungen Risse "mehr oder weniger zufällig" gefunden werden, bzw. bei denen durch Nach- oder Neubewertung Befunde festgestellt wurden.

Im Oktober des Jahres 2000 wurde der RSK Ausschuss DRUCKFÜHRENDE KOMPONENTEN UND WERKSTOFFE über Rissbefunde an einem Einspeisestutzen (Mischnaht) des Not- und Nachkühlsystems im Kernkraftwerk Biblis, Block A (KWB-A), unterrichtet. In der Weiterleitungsnachricht WL 2001/01 der GRS zum Rissbefund an dieser Mischnaht wird ausgeführt, dass bei den eingesetzten Prüftechniken Bereiche in Wandmitte ungeprüft bleiben könnten, weil die KTA-Regeln für die Wiederkehrenden Prüfungen (WKP) bevorzugt auf das Auffinden von oberflächennahen Fehlern abzielen.

Die in ausländischen Kernkraftwerken (US-amerikanisches Kernkraftwerk Vergil C. Summer, Block 1 und schwedisches Kernkraftwerk Ringhals, Block 4) bekannt gewordenen Schadensfälle sind jüngeren Datums. Im Falle Summer [3], [4] konnte der durch visuelle Inspektion (Borausfällung) gefundene Schaden durch gezielte zFP von der Innenseite, Ultraschall und Wirbelstrom, geklärt werden. Auf der Innenseite wurde mit diesen Verfahren ein 68 mm langer axialer Fehler bei einer Umfangsposition von 7° - entgegen der Uhrzeigerrichtung ausgehend von der 12 Uhr Position - gefunden. Die Sichtprüfung von außen zeigte an dieser Umfangsposition im Bereich der Schweißnaht ein kleines Loch (weep hole) mit einem Durchmesser von 4,7 mm, welches bei der von außen durchgeführten Farbeindringprüfung nicht gefunden wurde.

Der Nachweis von Fehlern ist, wie die Ausführungen zeigen, ein Aspekt, der auch durch umfangreiche internationale Programme beleuchtet wurde. Die Ergebnisse dieser internationalen Programme wie PISC (PISC = Program for the Inspection of Steel Components), HSST (HSST = Heavy Section Steel Technology) oder NESCS (NESCS = Network for Evaluating Structural Components [5]) oder das von EPRI

(EPRI = Electric Power Research Institute) durchgeführte Untersuchungsprogramm zeigen für den Nachweis von Fehlern an dickwandigen Komponenten eine ausreichende Zuverlässigkeit, sofern die in den entsprechenden Regeln geforderten Randbedingungen eingehalten werden [6], [7]. Weiter konnte gezeigt werden, dass der Nachweis von sicherheitstechnisch relevanten Fehlern, dargestellt durch die Fehler-Nachweiswahrscheinlichkeit (Probability of Detection), für die mechanisierten Prüfungen höher ist als für die manuellen Prüfungen. Daraus kann abgeleitet werden, dass durch Reduktion menschlicher Faktoren ein Sicherheitsgewinn möglich ist. Ein weiteres Ergebnis dieser Programme ist, dass die Bewertung von Anzeigen (bei den Untersuchungen der internationalen Programme wurde überwiegend der ASME Code zugrundegelegt), d. h. die Angaben von charakteristischen Merkmalen wie die Größe eines Fehlers bzw. Fehlergebietes, noch Lücken hat, sofern nicht moderne Verfahren Anwendung finden [8]. Im KTA-Regelwerk werden solche modernen Prüfsysteme mit Potential zur Fehlergrößenbestimmung nur gefordert, wenn ein Befund erstmalig aufgetreten ist oder wenn sich Änderungen gegenüber der vorangegangenen WKP ergeben haben. Nur in Ausnahmefällen kommen also Analyseverfahren zur Anwendung, mit denen eine Fehlergrößenbestimmung in den physikalischen Grenzen möglich ist.

Bei der Bewertung des Untersuchungsvorhabens zur zFP von austenitischen Schweißnähten und Mischnähten [9] kamen die Autoren zu dem Schluss, dass die Ultraschallprüfung mit fortschrittlichen Prüftechniken wie z. B. ALOK (ALOK = Amplituden Laufzeit Ortskurven) oder SAFT (SAFT=Synthetic Aperture Focussing Technique) erfolgen und bei schwer prüfbareren Schweißnähten, bezogen auf die Geometrie und den Werkstoff, mehrere sich ergänzende Prüftechniken eingesetzt werden sollten. Hier sind je nach der gesuchten Fehlerart und dem anzunehmenden Fehlerort auch Durchstrahlungs- und Wirbelstromverfahren zu nennen.

Neuere Untersuchungen an beschliffenen Nähten (Vermeidung des Geometrieinflusses) zeigen bessere Ergebnisse [10]. Erfahrungen bei der Prüfung von austenitischen Schweißnähten zeigen auch, dass bei schwer zu prüfenden Schweißnähten die Optimierung der Prüftechnik an einem Vergleichskörper unbedingt erforderlich ist.

Weiter sind die Ausführungen vom TÜV Nord zu den Erfahrungen bei der Durchführung, Auswertung und Bewertung von WKP zu nennen [11]. Vom TÜV Nord wurde in der 17. Sitzung des RSK-Ausschusses DRUCKFÜHRENDE KOMPONENTEN UND WERKSTOFFE am 04.04.2001 vorgeschlagen, das KTA-Regelwerk zu den Fertigungsprüfungen (KTA-Regeln 3201.3 und 3211.3) sowie zur WKP (KTA-Regeln 3201.4 und 3211.4) zu ändern, insbesondere auch im Hinblick auf die Vermeidung von Fehlinterpretationen bei der Prüfung. Dieser Vorschlag wurde aufgrund des Ereignisses im Kernkraftwerk Biblis, Block A (KWB-A), Ende des Jahres 2000 und des Ereignisses an der Erstabsperrarmatur im Kernkraftwerk Stade (KKS) im Frühjahr 2001 vom RSK-Ausschuss DRUCKFÜHRENDE KOMPONENTEN UND WERKSTOFFE positiv aufgenommen [12], [13]. Wie das Beispiel in der Anlage KWB-A auch gezeigt hat, ist die mechanisierte Prüfung sehr gut in der Lage, relevante Fehler zu finden.

In [14] wird beschrieben, unter welchen Voraussetzungen eine einheitliche bildhafte Darstellung der Ergebnisse erhalten wird, und welche Vorgehensweise bei der Auswertung der Messdaten und der Bewertung Beachtung finden soll. Eine diesbezüglich vom VGB herausgegebene Richtlinie zur Auswertung und Bewertung liegt vor. Des Weiteren liegen die Ergebnisse des durch den RSK-Ausschuss

DRUCKFÜHRENDE KOMPONENTEN einberufenen Arbeitskreises SEL-Technik vor (SEL = Sende-Empfangs-Prüfköpfe für schräg einfallende Longitudinalwellen) [15], die auch Berücksichtigung finden müssen.

### 3. Beratungsgang

Dem RSK-Ausschuss DRUCKFÜHRENDE KOMPONENTEN UND WERKSTOFFE wurden in den unten aufgeführten Sitzungen Ergebnisse von Forschungsvorhaben zu der oben angegebenen Thematik dargestellt:

- |                                   |   |
|-----------------------------------|---|
| 2. Sitzung am<br>06.10.1999:      | Qualifizierung und Bewertung von Konzepten zur Betriebsüberwachung von Rohrleitungen und Behältern in Kernkraftwerken; Untersuchungsvorhaben SR 2218 des BMU (TÜV Rheinland)  |
|                                   | Stand der Arbeiten des Arbeitskreises SEL-Prüftechnik; Vorstellung der DGZfP-Richtlinie US 3 "Ultraschallprüfung des prüfkopfnahen Oberflächenbereiches", Mai 1999  |
| 3. Sitzung am<br>01.12.1999:      | Kenntnisstand zur interkristallinen Rissbildungen an den austenitischen Rohrleitungen; Abschlussbericht zu den Untersuchungen an den Rohrleitungen der Siedewasseranlagen KKI-1, KKP-1, KRB-II, Block B und C   |
| 4. Sitzung am<br>12.01.2000:      | Betriebsbegleitendes Austenitprogramm aufgrund der Rissbildungen in Rohrleitungen > NW 80 aus stabilisierten austenitischen Stählen X 10 CrNiTi 18 9 (W.-Nr. 1.4541) und X CrNiNb 18 9 (W.-Nr. 1.4550) in deutschen Leichtwasserreaktor Untersuchungsvorhaben SR 2235 des BMU (MPA-Stuttgart) |
| 8. Sitzung am<br>07.06.2000:      | Befund an einer Rohrleitung der Druckführenden Umschließung aus dem austenitischen Werkstoff 1.4541 im Kernkraftwerk Stade (KKS)  |
| 10. Sitzung am<br>05./06.09.2000: | Fortgang der ENIQ-Aktivitäten der Betreiber (VGB)   |
| 12. Sitzung am<br>31.10.2000:     | Risse in einer Schweißnaht einer Anschlussleitung (TH System) die Hauptkühlmittelleitung des Kernkraftwerks Biblis, Block A (KWB-A)   |
| 13. Sitzung am<br>08.11.2000:     | Ergebnisse der Wiederkehrenden zerstörungsfreien Prüfungen an den erneuerten austenitischen Rohrleitungen der SWR in der Jahresrevision 2000  |
| 17. Sitzung am<br>04.04.2001:     | Durchführung zerstörungsfreier Prüfungen bei Fertigungsprüfungen und Wiederkehrenden Prüfungen, Erforderliche Änderungen im KTA-Regelwerk (TÜV Nord)  |
|                                   | Rissbefund am Austrittsstutzen der Nachkühl-Saugarmatur TH (S001 (Erstabspernung) und an der anschließenden Rohrleitung im Kernkraftwerk Stade (KKS)  |

Über den Entwurf der Stellungnahme "Anpassung und Optimierung von zerstörungsfreien Prüfungen an den sicherheitstechnisch bedeutsamen Systemen und Komponenten" wurde in der 21., 22. und 23. Sitzung des RSK-Ausschusses DRUCKFÜHRENDE KOMPONENTEN UND WERKSTOFFE am 14.09.2001, 24.10.2001 und 17.01.2002 beraten. Die RSK hat in ihrer 349. Sitzung am

07.03.2002 diese Stellungnahme abschließend beraten.

#### 4. **Bewertungsmaßstäbe**

Die eingesetzte Messtechnik sowie der Umgang mit dieser und die Dokumentation der Ergebnisse müssen geeignet sein, sicherheitstechnisch relevante Inhomogenitäten in Komponenten sicher aufzufinden. Zerstörungsfreie Prüfungen sind den präventiven Maßnahmen zur Erhaltung der Qualitätsanforderung zuzuordnen. Die RSK ist der Auffassung, dass im Sinne der oben dargestellten Anforderungen die erforderlichen Verbesserungen der Aussagesicherheit, wie sie durch den Fortschritt des Standes von Wissenschaft und Technik in der Prüftechnik, in der Prüfausführung und in der Prüfauswertung möglich wurden, zu berücksichtigen sind.

#### 5. **Vorgehensweise**

Bei der Bewertung des Sachverhaltes wurde von dem derzeitigen Stand von Wissenschaft und Technik ausgegangen. Es wurden insbesondere die Möglichkeiten moderner Gerätetechnik der zFP betrachtet. Die neuen Gerätetechniken bieten die Möglichkeit einer nahezu lückenlosen Datenerfassung, so dass für die objektive Auswertung und Bewertung Rekonstruktionsalgorithmen verwendet werden können. Damit ist neben der üblichen Amplitudenbewertung der Ultraschalldaten eine weitere amplitudenunabhängige Bewertung von Fehlern möglich. Als Verfahren, die sich schon in der Prüfpraxis bewährt haben, kommen in Frage das SAFT-Rekonstruktionsverfahren, die Echotomographie, die TOFD Technik (TOFD = Time of Flight Diffraction Technique) oder andere Verfahren, die die Beugung der Schallwellen ausnutzen. Die Durchführung solcher Rekonstruktionsverfahren verlangt allerdings ein Prüfpersonal mit guter physikalischer Ausbildung. Der Nachweis typischer Prüffertigkeiten ist in den meisten Fällen nicht mehr ausreichend. Auch die Anwendung der Gruppenstrahlertechnik mit der Möglichkeit einer elektronischen Schallfeldsteuerung kann in vielen Fällen zusätzliche Informationen für eine Auswertung und Bewertung liefern. Die modernen Durchstrahlungsverfahren wie Laminographie oder auch die Auswertung von digitalisierten Röntgenfilmen sind im Zusammenhang mit der Fehlerbewertung genauso zu nennen wie optimierte Wirbelstromverfahren.

Bei der Beurteilung des Sachverhaltes wurden neben der Erfahrung der Mitglieder des Ausschusses DRUCKFÜHRENDE KOMPONENTEN UND WERKSTOFFE und der RSK auch die Ergebnisse, wie sie durch Forschungsvorhaben und vereinzelt auch in der Prüfpraxis im Hinblick auf die Nachweisbarkeit von Fehlern und deren Charakterisierung erarbeitet wurden, mit herangezogen /7/. Neuere Erkenntnisse sind in /5/ beschrieben und zeigen, dass die Nachweisbarkeit von Fehlern als gut bezeichnet werden kann. In diesem Fall haben beispielsweise acht der zehn Prüfmannschaften alle 14 Fehler gefunden (Anmerkung: Ein Team hat zehn, das andere 12 der 14 Fehler nachgewiesen). Es zeigt sich auch, dass bei der Anwendung von optimierten und qualifizierten Prüftechniken durch ein gut ausgebildetes Personal belastbare Ergebnisse erzielt werden können. Ein weiterer Schritt zu einer objektiven Prüfung kann durch die in ENIQ (ENIQ = European Network for Inspection Qualification) vorgeschriebene Methodik gegeben sein. Ein wesentlicher Punkt ist dabei die technische Begründung, in der aufgrund von Experimenten und theoretischen Bewertungen dargelegt wird, dass die Prüfung den Anforderungen entspricht [16], [17].

Weitere neue Regeln und Richtlinien [14], [15] erleichtern die Vorgehensweise bei

der Prüfung und Bewertung von Anzeigen.

## 6. Sicherheitstechnische Bewertung

In den Beratungen zu den Vorkommnissen in den Anlagen KWB-A und KKS kam die RSK zu dem Erkenntnis, dass die in den Rohrleitungen gefundenen Risse von sicherheitstechnischer Bedeutung sind. Diese Risse müssen, wenn betriebsbedingte Ursachen für die Rissentstehung vorliegen können, durch zfP-Verfahren nachgewiesen werden, damit gewährleistet ist, dass die Barrieren zum Einschluss der radioaktiven Stoffe intakt sind.

Zum Vorkommnis in der Anlage KWB-A wird in [16] ausgeführt, dass die Bedeutung dieses Vorkommnisses hauptsächlich darin begründet ist, dass ein bei der Fertigung entstandener Fehler bei der WKP im Jahre 1992 zur Anzeige kam, aber falsch interpretiert wurde. Die RSK schließt sich dieser Einschätzung an.

In Bezug auf die Anlage KKS ist nach Meinung der RSK die Ursache bis zum heutigen Tag nicht geklärt; es ist jedoch sehr wahrscheinlich, dass chloridhaltige Verunreinigungen in den Bereich der Armatur der Erstabspernung gelangten und somit Auslöser der nachgewiesenen Spannungsrisskorrosion waren. Die Orientierung war in Rohrlängsrichtung. Aufgrund der Tatsache, dass die Fehler bei der WKP nicht gefunden wurden, sind in [11], [19] Entscheidungsparameter aufgeführt, die, wenn sie zutreffen, zfP-Maßnahmen erfordern. Diese Forderungen sollten nach Meinung der RSK in das Regelwerk eingearbeitet werden.

## 7. Schlussfolgerungen und Empfehlungen

Durch die Zunahme der Betriebszeit von kerntechnischen Anlagen steigen auch die Anforderungen an die Verfahren der zfP. Zum einen steigt der anlagenspezifische Aktivitätslevel und somit die Strahlenexposition für das Prüfpersonal, wenn nicht durch Maßnahmen wie Automatisierung der zfP oder Abschirmung dem entgegen gewirkt wird. Ferner sind Schädigungen bekannt geworden (Risse in Rohrleitungen), auf die durch geeignete zfP-Maßnahmen zu reagieren ist. Nicht zu vergessen ist der zum Teil negative Einfluss menschlicher Faktoren, der, wie die Ergebnisse der internationalen Untersuchungsprogramme gezeigt haben, durch Mechanisierung der Prüfung reduziert werden kann.

Aus den Beratungen der RSK ergeben sich folgende Empfehlungen:

- Eine fundierte Ausbildung der Prüfer ist erforderlich.

Außer einer Qualifizierung und Zertifizierung entsprechend DIN EN 473 soll der Prüfer insbesondere mit den charakteristischen Erscheinungsformen betrieblich bedingter Fehler vertraut sein und ausreichende Kenntnisse über den Prüfgegenstand in Bezug auf Werkstoff, Geometrie und den baulichen Zustand besitzen. Die Schulung der Prüfer an den zum Einsatz kommenden Gerätesystemen ist nachzuweisen.

- Gute Arbeitsbedingungen der Prüfer sind erforderlich.

Z. B. Zeitdruck, Arbeiten unter Atemschutz, hohe Umgebungstemperaturen, Lärm und Strahlenexposition können negative Auswirkungen auf die Qualität der Prüfungen haben.

In den Kernkraftwerksrevisionen sind Zeitrahmen und Abfolge der Prüfungen an den Komponenten der Druckführenden Umschließung (DFU) entsprechend dem verfügbaren Personal (mit fundierter Ausbildung, s. o.!) so einzuplanen, dass eine Überlastung der Prüfer vermieden wird.

- Die gemäß dem Stand von Wissenschaft und Technik erforderliche Aussagesicherheit ist mit einer entsprechenden Gerätetechnik sicherzustellen.

Bei der Ultraschallprüfung z. B.: Gruppenstrahlerprüfköpfe; Gerätesysteme mit der Fähigkeit, sog. HF-Daten aufzunehmen und zu verarbeiten, Auswerterechenprogramme mit Analysefähigkeiten (SAFT, TOFD oder Risspitzen-Signaltechnik).

Bei der Durchstrahlungsprüfung z. B.: Röntgenfilmdigitalisierung in Verbindung mit Bildverarbeitungsalgorithmen, mechanisierte Durchstrahlungsprüfung.

Bei der Wirbelstromprüfung z. B.: weiterentwickelte Spezialsonden; Niederfrequenz-, Fernfeld- und Impulswirbelstromverfahren für Schweißnähte und für Plattierungen; spezielle Rechenalgorithmen zur Störsignalunterdrückung.

Bei der Sichtprüfung z. B.: Unterwasserinspektionsgeräte mit Zoomtechniken und mit Endoskopen für die Inspektion von engen Spalten z. B. am Kernmantel und am Speisewasserverteiler von RDB-Stutzen (RDB = Reaktordruckbehälter) in Kernkraftwerken mit Siedewasserreaktor.

Die Eignung der weiterentwickelten Prüftechniken ist unter Berücksichtigung der Vorgehensweise nach ENIQ nachzuweisen.

- Mechanisierte Prüfungen zur Reduktion menschlicher Faktoren sind zu bevorzugen.

Mechanisierte Prüfungen mit Aufzeichnung und Darstellung der Messdaten sind in Bereichen mit starker Strahlenexposition anzuwenden oder wenn, Stör- und Formanzeigen vorliegen wie

- bei grobkörnigen Werkstoffen (z. B. austenitische Schweißnähte)
- bei komplizierten Geometrien (z. B. Stutzeneinschweißnähte)
- bei vorhandenen formbedingten Anzeigen (z. B. bei Wurzelkerben)

oder wenn die Prüfaufgabe es erfordert (z. B. Nachweis verästelter Rissbildungen, Wanddickenmessungen bei Korrosions- und Erosionsmulden, ferritische Komponenten).

- Bei schwierig zu prüfenden Schweißnähten mit komplizierter Geometrie ist die Prüftechnik an Vergleichskörpern zu optimieren und zu kalibrieren.

Vergleichskörper mit künstlichen oder natürlichen Fehlern haben in den prüftechnisch relevanten Parametern (Werkstoff, Form, Wanddicke, evtl.

vorhandene Plattierung oder Pufferung, evtl. grobkristallines Schweißgut) dem Prüfgegenstand zu entsprechen, damit die Aussagekraft des einzusetzenden Prüfverfahrens beurteilt werden kann.

- Bei mehrdeutigen Ergebnissen der Aus- und Bewertung von Ultraschall-Messdaten sind weitergehende Analysen zur Charakterisierung der Fehler vorzunehmen, jedoch bei Befunden an Komponenten der DFU generell (Fehlerposition und -größenbestimmung).

Für eine sicherheitstechnische Bewertung von Befundanzeigen sind Analyseverfahren anzuwenden. In Frage kommen z. B. die Anwendung von Rechenalgorithmen zur Fehlerabbildung und die Auswertung von Beugungssignalen am Fehlerrand.

- Bei eingeschränkter Prüfaussage sind kombinierte Techniken einzusetzen. Beispielhaft seien genannt:
  - Ultraschall- und Durchstrahlungsprüfung von Rohrschweißnähten
  - Prüfung der RDB-Plattierung und ggf. von austenitischen Schweißnähten mit Ultraschall und Wirbelstrom.
- Das Qualitätssicherungsmanagement hat sicherzustellen, dass alle Bewertungen im erforderlichen Umfang vorgenommen und dokumentiert sowie Folgerungen aus den Ergebnissen gezogen werden.

Zur Vermeidung von Fehlbewertungen ist insbesondere sicherzustellen, dass Auffälligkeiten und Besonderheiten, die Einfluss auf das Prüfergebnis haben, stets protokolliert und bewertet werden. Prüfaufsichten der Prüffirmen, des Betreibers und des Sachverständigen haben sich zu vergewissern, dass die Prüfungen entsprechend den Vorgaben vollständig ausgeführt und nachvollziehbar korrekt bewertet worden sind.

Die RSK hält es für erforderlich, dass die KTA-Regeln 3201 und 3211 unter Berücksichtigung dieser Empfehlungen kurzfristig überarbeitet werden.

Hinweis: Diese Empfehlung behandelt nicht die Fragen zum Prüfumfang und zu den Prüfzyklen.

Verwendete Unterlagen, Informationen und Erkenntnismittel

Im Einzelnen wurden nachfolgend aufgeführte Unterlagen, Informationen und Erkenntnismittel verwendet.

- [1] Schreiben des BMU vom 03.01.2001 an die RSK-Geschäftsstelle mit dem Zeichen AG RS I 4 - 14215/1, betr. Atomkraftwerk Brokdorf, beantragte Prüfzyklusverlängerung für Komponenten des Primärkreises

- [2] Zusammenfassender Bericht zu den Untersuchungen an austenitischen Rohrleitung der Siedewasserreaktor-Anlagen Kernkraftwerk Isar 1; Kernkraftwerk Philippsburg Kernkraftwerk Gundremmingen II Block B und C; 1998; Erstellt im Auftrag des Bayerischen Staatsministeriums für Landesentwicklung und Umweltfragen sowie des Ministeriums für Umwelt und Verkehr des Landes Baden-Württemberg von der TÜV Energie- und Systemtechnik GmbH, der TÜV Energie- und Systemtechnik Baden-Württemberg unter Mitwirkung der MPA Stuttgart
- [3] V.C. Summer Event Description; NRC Report
- [4] J. Landrum, Examination and Repair of Reactor Vessel Nozzle-to-Hot-Leg Welds at V.C. Summer Nuclear Station, EPRI Center Lines, Summer 2001, Vol. 11, No. 1
- [5] R. Bass, J. Wintle, R.C. Hurst, N. Taylor; NESC-1 Project Overview; European Communities, 2001 ; EUR 19051 EN
- [6] Zerstörungsfreie Prüfung im Rahmen des PISC Programms; Bericht Dr. U. Mletzko MPA Stuttgart bei der 18. Sitzung des RSK-Ausschusses DRUCKFÜHRENDE KOMPONENTEN UND WERKSTOFFE am 02.05.2001
- [7] Summary of the Three Phases of the PISC Programme; PISC Report No. 17 March 1992; Commission of the European Communities; Joint Research Centre Ispra
- [8] Ergebnisprotokoll der 19. Sitzung am 06.06.2001 des RSK-Ausschusses DRUCKFÜHRENDE KOMPONENTEN UND WERKSTOFFE
- [9] Zerstörungsfreie Prüfung von austenitischen und Misch-Schweißverbindungen, 5. Teilbericht: Ergebnisvergleich-Auswertung der Untersuchungsergebnisse der zerstörenden und der zerstörungsfreien Prüfungen (Phase IV.3); MPA-Auftrags-Nr. 944 704 200; Juli 1998
- [10] B. Neundorff, H.-J. Maier, T. Just: Results of a round robin test on ndt methods for austenitic pipe welds in nuclear power plants; Proceedings of the Second International Conference on NDE in Relation to Structural Integrity for Nuclear and Pressurized Components; Volume 2 page 271-281
- [11] Ergebnisprotokoll der 17. Sitzung am 04.04.2001 des RSK-Ausschusses DRUCKFÜHRENDE KOMPONENTEN UND WERKSTOFFE



- [12] Kernkraftwerk Biblis, Block A (KWB-A), Risse in einer Schweißnaht einer Anschlussleitung (TH-System) an die Hauptkühlmittelleitung, Stellungnahme, Anlage 3 zum Ergebnisprotokoll der 335. RSK-Sitzung am 09.11.2000
- [13] Kernkraftwerk Stade (KKS), Rissbefund am Austrittsstutzen der Nachkühl-Saugearmatur TH 022 S1 (Erstabspernung) und anschließende Rohrleitung, Stellungnahme, Anlage 1 zum Ergebnisprotokoll der 341. RSK-Sitzung am 07.06.2001
- [14] VGB R-515: 2001; Auswertung von Messergebnissen bei der mechanisierten Ultraschallprüfung
- [15] DGZfP - Fachausschuss für Ultraschallprüfung; Arbeitskreis SEL Richtlinie US3 "Richtlinie Ultraschallprüfung des prüfkopfnahen Oberflächenbereichs", Ausgabe Mai 1999
- [16] European Methodology for Qualification (second Issue), German Version ENIQ Report nr. 2 EUR 17299 DE 1999
- [17] Richtlinie: Methodik für das Vorgehen bei der Qualifizierung von zerstörungsfreien Prüfungen (VGB-ENIQ Richtlinie) VGB-R 516 Erste Ausgabe 2001
- [18] Weiterleitungsnachricht WL 2001/01 "Rissbefunde in einer Mischnaht am Stutzen einer Nachkühlleitung" im Kernkraftwerk Biblis A, entdeckt am 12.10.2000
- [19] Weiterleitungsnachricht WL 2001/04 "Rissbefunde am Austrittsstutzen der Nachkühl-Saugearmatur TH 02 S001 (Erstabspernarmer) und dem anschließenden Rohrleitungsstück" im Kernkraftwerk Stade am 09.März 2001

[Zurück](#)

[Nach Oben](#)