

## WS Prüfsystem zum Nachweis von Schleiffehlern an Nockenscheiben

P. Kreier, Innotest AG; R. Becker IZFP; Ch. Rodner IZFP; H. Flückiger, Sulzer Textil AG;

### 1. Zusammenfassung

Bei der genauen Endformgebung gehärteter Oberflächen wird das Schleifen als Bearbeitungsverfahren eingesetzt. In Abhängigkeit der Schleifparameter, des Werkstoffs und der Bauteilendform erwärmt sich dabei der oberflächennahe Bereich lokal unterschiedlich. Insbesondere in konkaven Bereichen kann es durch Überhitzung zu Schleifbrand (Gefügeveränderungen) kommen. Weichfleckige Bereiche mit oder ohne Neuüberhärtung können der hohen Bauteilbelastung im Betrieb nicht standhalten und führen zu Maschinenschäden mit längeren Stillstandzeiten und teuren Reparaturen. Ein sicherer Nachweis solcher Schleiffehler ist notwendig.

In Zusammenarbeit zwischen der Firma Sulzer Textil AG (Bereich Nocken), dem Fraunhofer Institut IZFP und der Innotest AG wurde ein mehrkanaliges Wirbelstromprüfsystem für den Nachweis von Schleifbrand an EM-Webmaschinennocken realisiert. Die Wirbelstromprüfung ersetzt den aufwendigen vorgeschriebenen Nitalätzttest. Bis heute wurden ca. 12'000 Nocken geprüft und ungefähr 15 fehlerhafte Nocken (Risse längs und quer, Weichfleckigkeit mit und ohne Neuüberhärtung) ausgeschieden und nach dem Auffinden mit den Befunden des nachträglich durchgeführten Nitalätzttestes bzw. metallographischen Untersuchungen erfolgreich korreliert.

### 2. Prüf- und Messaufgabe

EM-Webmaschinennocken sind Nocken mit einer oberen und einer unteren Lauffläche, die zueinander unterschiedlich sind. Es existieren bei gleichem Werkstoff (49CrMo4), gleichem Härte- und Wärmebehandlungsverfahren, gleicher Laufbahnbreite und gleichem Hub (28 mm) ca. 130 Laufbahnvarianten. Die Losgrösse variiert zwischen 50 und 500 Stück.

Die Nockenlaufflächen werden durch Induktionshärten auf ca. 3.5 mm eingehärtet. Die vorgeschriebene Härte beträgt 58 +3/-2 Rockwell. Bei einem Zumass von 0.3 - 0.7 mm soll nach dem Bahnschleifen eine Härtetiefe von minimal 3.0 mm vorhanden bleiben. Beim Laufbahnschleifen (CBN Schleifen mit einer Scheibe von 180 mm Durchmesser) wird eine Gruppe von 4 Nocken parallel beschliffen. Durch das Laufbahnschleifen ergibt sich wieder eine leichte Restmagnetisierung.

Schleiffehler, sogenannter Schleifbrand [1], treten mehrheitlich in konkaven Bereichen der Lauffläche auf. In Abhängigkeit der Schleifleistung und des Schleifprozessfortschritts bleiben beim Schleifbrand hauptsächlich weiche Flecken (45-48 Rockwell, Weichglühen durch Überhitzung, Offenlegung der weichen Zone unterhalb der Neuüberhärtung durch das Schleifen) oder oberflächige Aufhärtungen (62-63 Rockwell Neuhärtung, Gefahr der Versprödung mit nachfolgender Rissbildung) zurück. Die nachzuweisenden Fehler haben unterschiedliche Ausdehnungen und erstrecken sich nicht immer über die ganze Laufflächenbreite. Ein Schleiffehler kann im Gegenteil einseitig nur auf den Kantenbereich beschränkt bleiben.

Während die konkaven Krümmungsradien grösser als 90 mm sind, treten im konvexen Bereich sogar Spitzen auf. Die Fehlerhäufigkeit in konvexen Bereichen der Lauffläche ist gering. Bei der hohen Belastung der Nockenlaufflächen in der laufenden Webmaschine können solche Schleiffehler zu teuren Folgekosten führen (Stillstandzeiten und Reparaturkosten). Die Selektion der fehlerbehafteten Nocken mittels Nitalätzttest ist aufwendig, überdeckte Fehler (Neuhärtung) können zudem nicht sicher nachgewiesen werden.

Die Aufgabe bestand darin, ein zuverlässiges zerstörungsfreies Messverfahren mit geeigneter Prüftechnik zu evaluieren und dies letztendlich in eine teilautomatisierte Messeinrichtung mit GUT / SCHLECHT-Sortierung umzusetzen. Zusätzlich zur Prüfung der beiden Laufbahnflächen sollte im gleichen Arbeitsgang das Rollenspiel (Konstanz des Abstandes der Mittelpunkte zweier auf den Laufbahnflächen ablaufender Rollen) mit einem handelsüblichen Meßtaster gemessen und bewertet werden.

### **3. Vorversuche, Machbarkeit, Lösungsansatz mit Wirbelstrom**

In einer Vorstudie wurde das Potential verschiedener elektromagnetischer Prüfverfahren an fehlerbehafteten Nockenscheiben unterschiedlicher Geometrie untersucht. Unter den applikationsspezifischen Aspekten wurde letztendlich Wirbelstrom eingesetzt. Es zeigte sich, dass die senkrechte Ausrichtung und mittige Führung des Sensors auf der Laufbahn wichtig ist. Bei Laufbahngeometrien mit konkaven Krümmungsradien größer als 90mm einerseits und eigentlichen Spitzen im konvexen Bereich andererseits, musste dazu eine spezielle Sensorhalterung / Abrollmechanik entwickelt werden.

Vorhandener, lokal unterschiedlich ausgeprägter Restmagnetismus beeinflusst die Prüfaussage durch einen reduzierten Signal- / Störabstand. Für eine zuverlässige Prüfaussage müssen die Nocken vor der Prüfung entmagnetisiert werden. Auch bei optimierten Wirbelstromprüfparametern (Abbildung 1) gelingt die Unterdrückung geometriebedingter positionsabhängiger Störer. Nur über eine positionsabhängige Relativbewertung, d.h. dem Vergleich mit am guten Bauteil gewonnenen nockentypabhängigen Referenzkurven.

### **4. Teilautomatisiertes EM-Nockenprüfsystem**

Das Nockenprüfsystem (Abbildung 2) besteht im wesentlichen aus der eigentlichen Prüfmechanik (fahrbarer Unterbau, Drehtisch mit Antrieb, Sensorhalterungen), 2 Wirbelstromsensoren, 1 Messtaster, der Steuerung- und Leistungselektronik, einem 19" Industrie PC mit I/O Einheiten (Bildschirm, Tastatur), der im PC integrierten 2 kanaligen Mehrfrequenzwirbelstromelektronik [3] und der unter DOS realisierten Betriebssoftware.

Während der Drehbewegung des Prüfteils werden die Signale der drei Messkanäle aufgezeichnet und auf dem Bildschirm dargestellt und sofort nach Beendigung der Datenaufnahme über positionsabhängige einstellbare Schwellen und / oder Referenzsignalkurven mit KANAL N (= 1,2,3) OK / NOK (Not OK) oder SYSTEM NOK die Prüfaussage optisch auffällig am Bildschirm ausgegeben.

Alle notwendigen Daten und Referenzen werden in einer konsistenten und auf 1000 unterschiedliche Nockentypen ausgelegten eindeutigen Dateistruktur abgelegt.

#### **4.1 Betriebssoftware / Prüfablauf**

Nach dem Einschalten und Booten des Gerätes wird das Hauptmenü mit der Tastenfolge START XXX oder NEUSTRART XXX aufgerufen. XXX bezeichnet dabei die dreistellige Nockentypkennzeichnung. Das Haupt-Menü beinhaltet die vier Unter-Menüs MESSBETRIEB; WS-PARAMETER, ROLLENSPIEL / ANTRIEB und SCHWELLEN / REFERENZEN. Im Folgenden sind die vier Menüs kurz beschrieben. Von den Menüs gelangt man jeweils über die ESC-Taste zum Hauptmenü zurück.

##### **4.1.1 Menü ROLLENSPIEL / ANTRIEB**

Das Menü ROLLENSPIEL / ANTRIEB (Abbildung 3) dient zur Einstellung aller Parameter, die für den Meßtaster „Rollenspiel“ und den motorischen Antrieb benötigt werden.

#### 4.1.2 Menü MESSBETRIEB

Im Menü MESSBETRIEB (Abbildung 4) erfolgt die Durchführung der Prüfung mit den in den anderen Menüs eingestellten und gespeicherten Parametern. Die Darstellung ist in verschiedene Bereiche unterteilt und beinhaltet unter anderem die Signaldarstellung der gemessenen Daten. Oben rechts befindet sich die Anzeige der Prüfergebnisse für die 3 Prüfkanäle (grün für OK, bzw. rot für NOK und violett für System NOK).

Die Funktion Sensor/Systemkontrolle dient zur Überwachung des Meßsystems einschließlich des Sensors. Bei Datenaufnahme wird der Mittelpunkt der gemessenen Kurve auf Null kompensiert (Schw erpunktsbildung). Wenn die dazu notwendige Kompensationsspannung größer ist als die zulässige Abweichung so spricht die Sensor/Systemkontrolle an, indem die gemessene Abweichung rot hinterlegt wird. Die zulässige Abweichung wird im Menü „SCHWELLEN /REFERENZEN“ eingestellt. Mit den Tasten F4 und F5 können die originalen Nockendaten gespeichert oder wieder geladen werden.

#### 4.1.3 Menü SCHWELLEN/REFERENZEN

In diesem Menü werden die Auswerteschw ellen für die Kanäle 1-3 eingestellt (Abbildung 5). Zusätzlich können Bereiche ausgeblendet werden. Die positiven und die negativen Schw ellen können für max. 360 Bereiche (bei 3600 Messpositionen) des Umfangs separat eingestellt werden. Es kann kanalweise zwischen den Auswertemodi „absolut“ (Referenz nicht aktiviert) und „relativ“ (Referenz aktiviert) umgeschaltet werden. Jeder erfasste und gespeicherte Messsignal Datensatz kann dabei als Referenzkurve verwendet werden.

#### 4.1.3 Menü WS-PARAMETER

In diesem nur durch korrekte Passw orteingabe zugänglichen Menü erfolgt kanalabhängig die Einstellung, Optimierung und Abspeicherung sämtlicher wirbelstromspezifischer Parameter (Abbildung 1).

### **4.2 Prüfablauf**

Bei der erstmaligen Prüfung eines neuen Nockentyps (z.B. Nockentyp 288) wird durch Eingabe von NEUSTART 288 das Programm aufgerufen und ein Default-Parametersatz geladen. Es erscheint das Hauptmenü. Nun wird eine Referenznockenscheibe (ev. Rollenspielnormal) eingelegt, der Rollenspielsensor angeklappt und das Untermenü ROLLENSPIEL / ANTRIEB aufgerufen. Mit F3 wird der Rollenspielsensor auf Null gesetzt.

Im nur dem Fachmann mittels Passw ort zugänglichen Menü WS-PARAMETER wird etwa bei Sondenwechsel etc. die Phasenlage des Signals beim Abheben der Spule kontrolliert, gegebenenfalls korrigiert, eine Kompensation bei aufgesetzter Spule in einem fehlerfreien Bereich durchgeführt, die Grundverstärkung (AC) sowie die Darstellungsverstärkung und –verzerrung eingestellt und der Parametersatz gespeichert. Dies ist für beide Sondenkanäle notwendig. Die nockentypunabhängigen WS-Parametersätze der Kanäle 1 bzw. 2 werden dann unter dem Dateinamen JJMMTT01.wsp bzw. JJMMTT02.wsp abgespeichert. Über die Datei n\_288.wsi (n\_000.wsi DEFAULT) wird der Bezug zu den beim Nockentyp 288 aktuell anzuwendenden WS-Parametersätzen (JJMMTT01.wsp / JJMMTT02.wsp) hergestellt. Beim aktuellen Bauteil wird beim Verlassen des Menüs WS-Parameter unter dem neuen Dateinamen n\_288.WSI automatisch der Bezug zu den neuen aktuellen \*.WSP Dateien hergestellt.

Nach Aufruf des Menüs MESSBETRIEB wird dort eine Referenzmessung an einem Referenznocken Typ 288 aufgenommen. Dazu wird nach Einlegen des Referenznockens und Anklappen der Sonden mit CTRL+ALT+F10 der Meßvorgang (2 Handbedienung!) gestartet und anschließend mit F4 die Daten abgespeichert.

Nun werden im Untermenü SCHWELLEN / REFERENZEN die Auswertekriterien festgelegt. Mit F2 wird die zuvor gemessene Kurve der Referenznocke geladen und mit F1 als Referenzkurve unter dem Namen n\_288.ref abgespeichert. Auf dem Bildschirm erscheinen die geladenen Referenzkurven. Entsprechend den Prüfkriterien werden die Schwellen und Ausblendungen und zusätzlich mit F3 bis F5 die Auswertemodi kanalabhängig eingestellt und in der Datei n\_288.thr abgespeichert. Damit ist das System für die Prüfung von Nocken Typ 288 im Menü MESSBETRIEB bereit.

Nach dem Einlegen der ersten zu prüfenden Nocke und dem Anlegen der Sensoren wird die Prüfung im Menü MESSBETRIEB gestartet. Nach dem Passieren der Referenzposition wird die Datenaufnahme entsprechend den 3600 Messpositionen (360°) gestartet und der Messignalverlauf in den entsprechenden Fenstern dargestellt. Nach Erreichen der Endposition werden die Daten automatisch entsprechend der Voreinstellungen bewertet und mit der gewählten Darstellungsart (Differenz oder Relativ) neu wiedergegeben. Der Prüfbefund wird oben rechts am Bildschirm ausgegeben.

### **5. Schulung, Erfahrungen im betrieblichen Einsatz**

Das Prüfsystem wurde nach einer Vorabnahme beim Lieferanten am 15. Oktober 1999 bei der Sulzer Textil AG installiert. Nach der Endabnahme wurden die Sulzer Textil AG Mitarbeiter in einer halbtägigen Arbeitssitzung am System geschult. Als Unterlagen wurde neben einer kurzen Bedienungsanleitung auch Protokollvordrucke abgegeben.

Im nun ca. 7 monatigen 3 schichtigen Betrieb musste neben einem einzigen Reparatureinsatz (Ersatz LPT IO Karte) nur eine einzige telefonische Auskunft im Zusammenhang mit einem Sensoraustausch (defektes Kabel) beim Lieferanten eingeholt werden. Voraussetzung einer solchen Effizienz bei der Einführung eines neuen Prüfsystems sind neben brauchbarer Bedienungsanleitung und einer intuitiven Benutzerführung der Betriebssoftware vor allem die vorhandene Kompetenz des Bedien- und Überwachungspersonals.

Von den bis heute geprüften ca. 12'000 Nocken wurden ungefähr 15 fehlerhafte Nocken (Risse, Weichfleckigkeit mit und ohne Neuüberhärtung) ausgeschieden. Die Korrelation mit den Befunden des nachträglich an fehlerbehafteten Nocken durchgeführten Nitalätztestes bzw. metallographischen Untersuchungen ist sehr gut (Abbildungen 6-8).

Unter anderem gelang der Nachweis verschieden langer und unterschiedlich orientierter Risse, weicher Flecken und Stellen mit Neuüberhärtung. Feinste Unterschiede im Werkstoff (unterschiedliche Lieferanten) wie auch in der Wärmebehandlung werden durch das Prüfsystem nachweisbar. Erstaunlich ist zudem, dass über die Höhe der Einlaufanzeige (innerhalb der Schwellen) auf die Anzahl der Schleifvorgänge (Nummer der 4er Gruppe) nach dem letzten Schleifscheibenabrichten geschlossen werden kann (Abbildung 6). Damit erlaubt das System zusätzlich die Kontrolle über das entsprechend den Vorschriften durchgeführte Abrichten der Schleifscheiben.

### **6. Referenzen**

- [1] Karpuschewski B. Mikromagnetische Randzonenanalyse geschliffener einsatzgehärteter Bauteile; Fortschritt-Berichte VDI, Reihe 8, Nr. 498
- [2] Bausch T. Nitalätzung als Nachweis von Schleifbrand; Antriebstechnik, 21 (1983) 3, S. 89-92
- [3] FhG-lzfP Mehrfrequenz-Wirbelstromgerät; Gerätebeschreibung

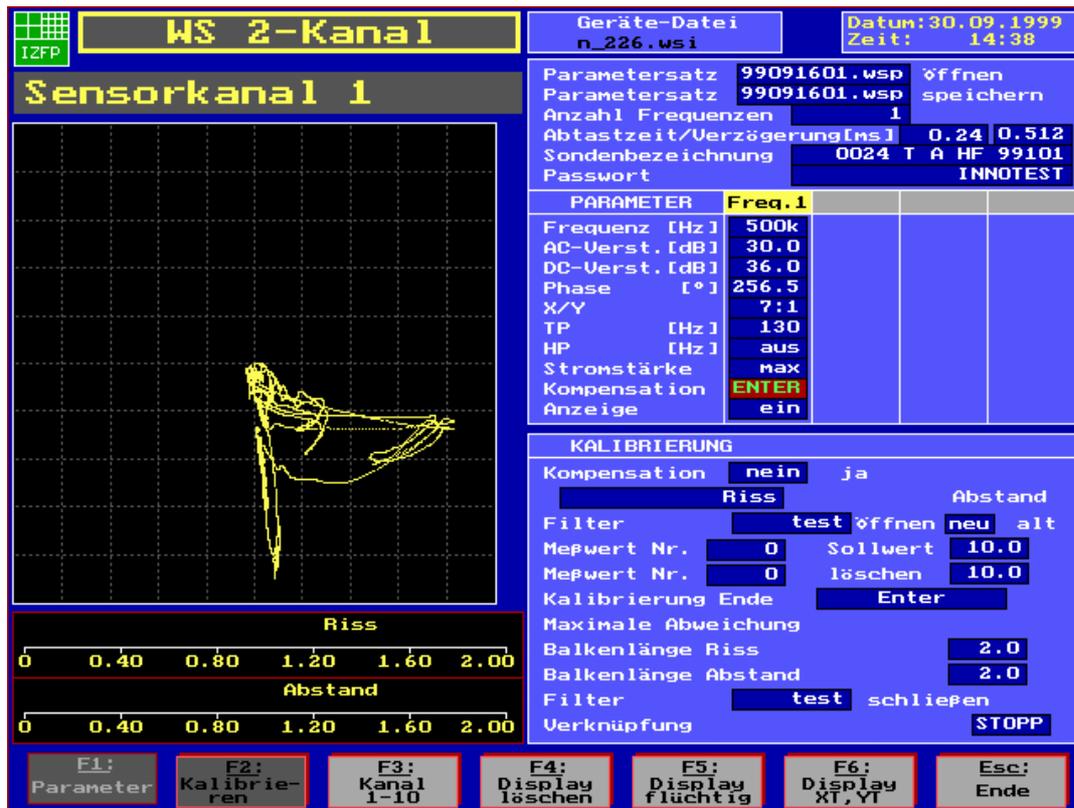


Abbildung 1: X/Y Schrieb eines Schleiffehlers mit geometriebedingten Störern



Abbildung 2: Übersicht Wirbelstrom-Nockenprüfsystem



Abbildung 3: Menü Rollenspiel / Antrieb

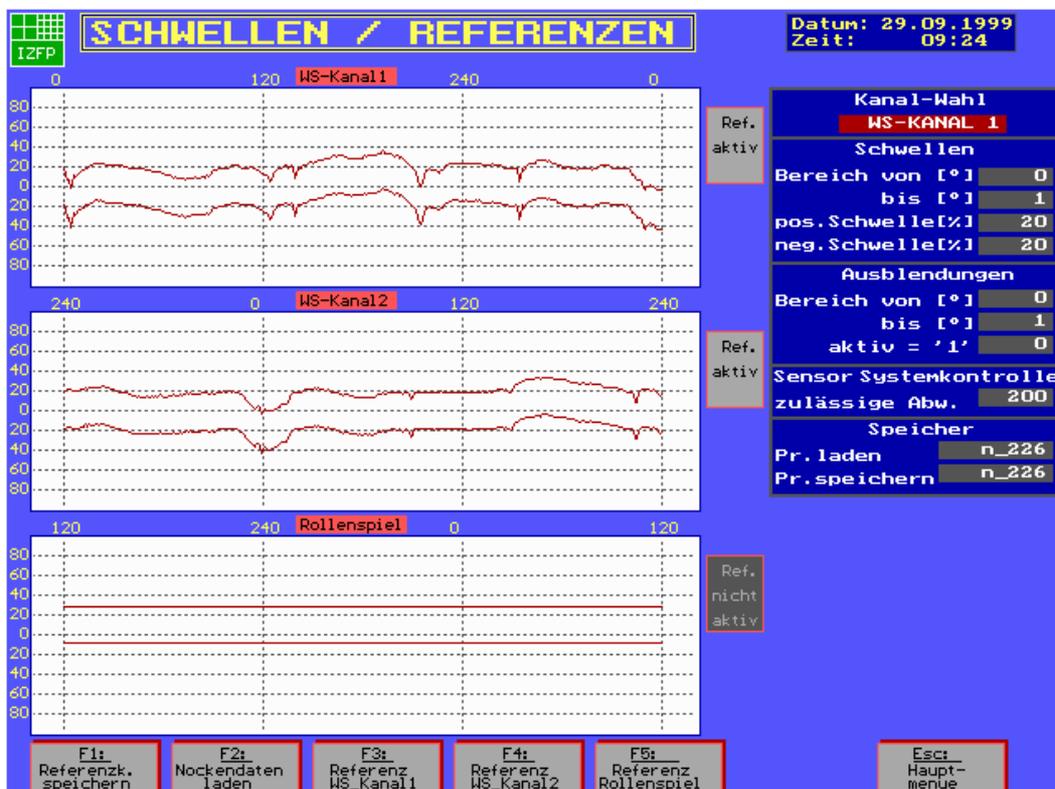


Abbildung 4: Menü Schwellen / Referenzen

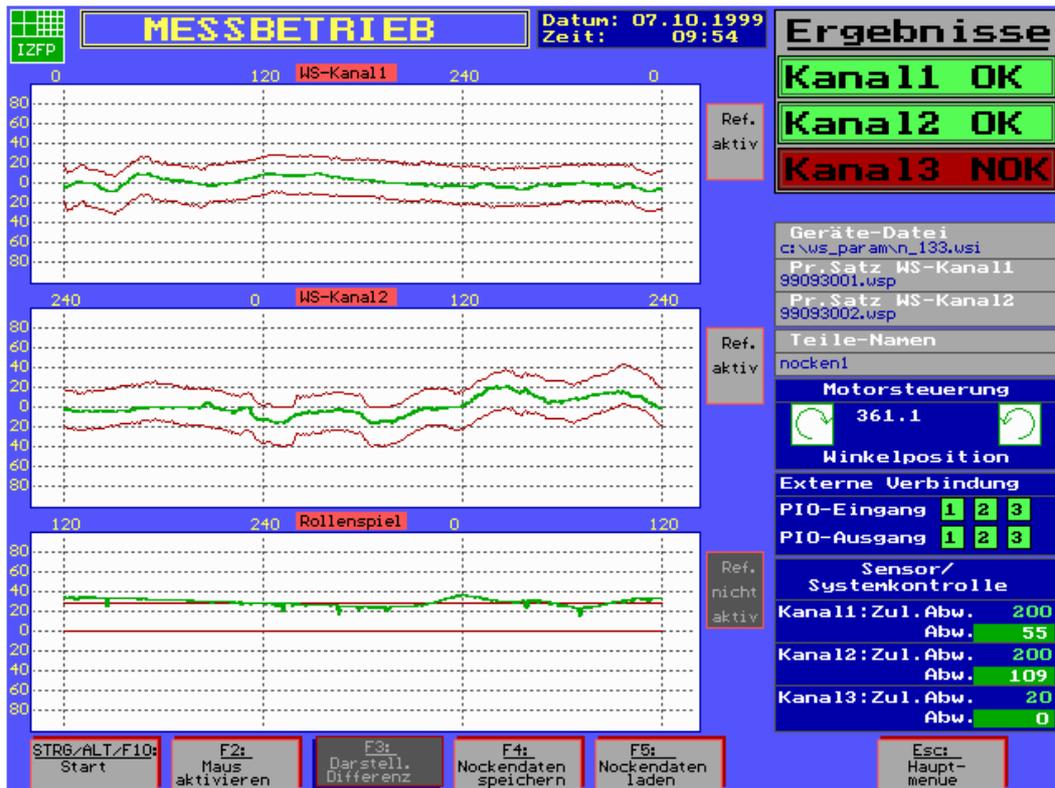


Abbildung 5: Menü Messbetrieb mit Relativdarstellung

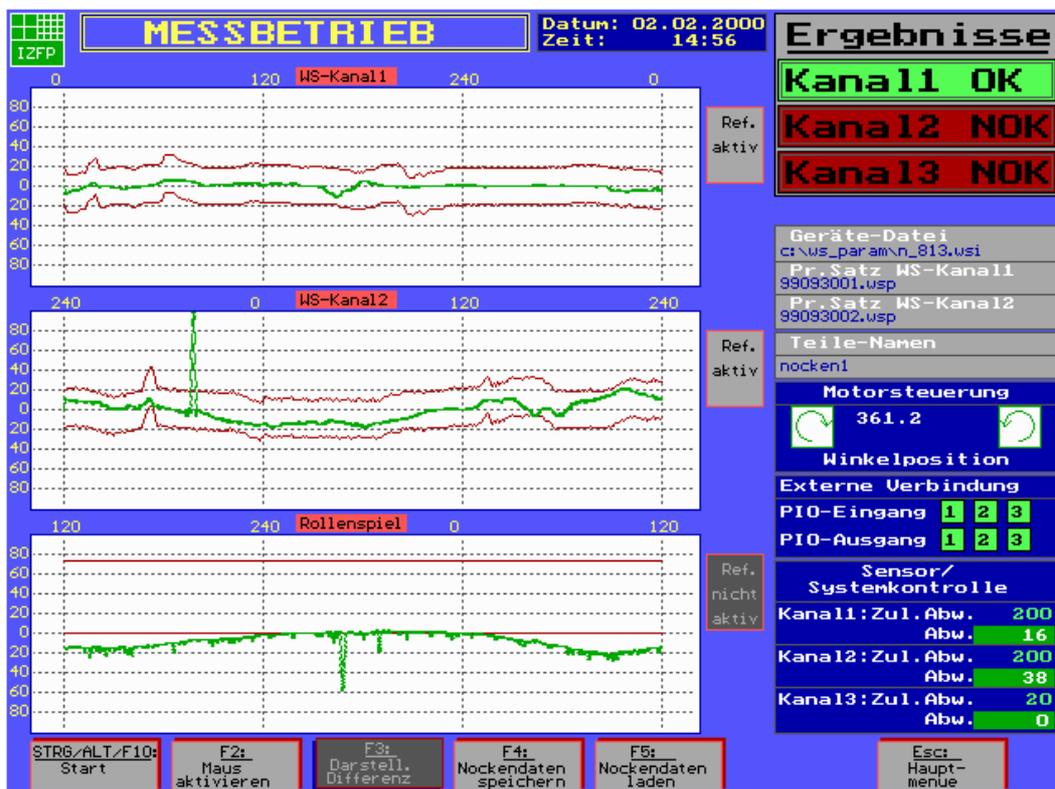


Abbildung 6: Rissanzeige und Einlaufsignal (Referenzkurven) im Kanal 2

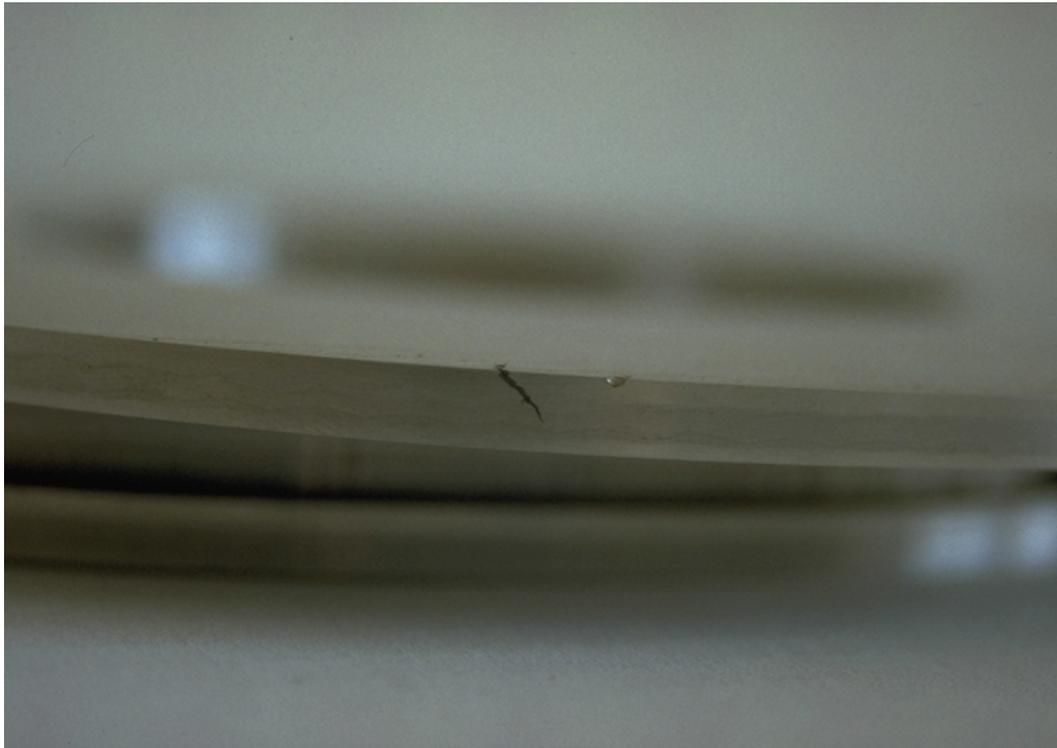


Abbildung 7: Makroaufnahme eines nachgewiesenen Risses

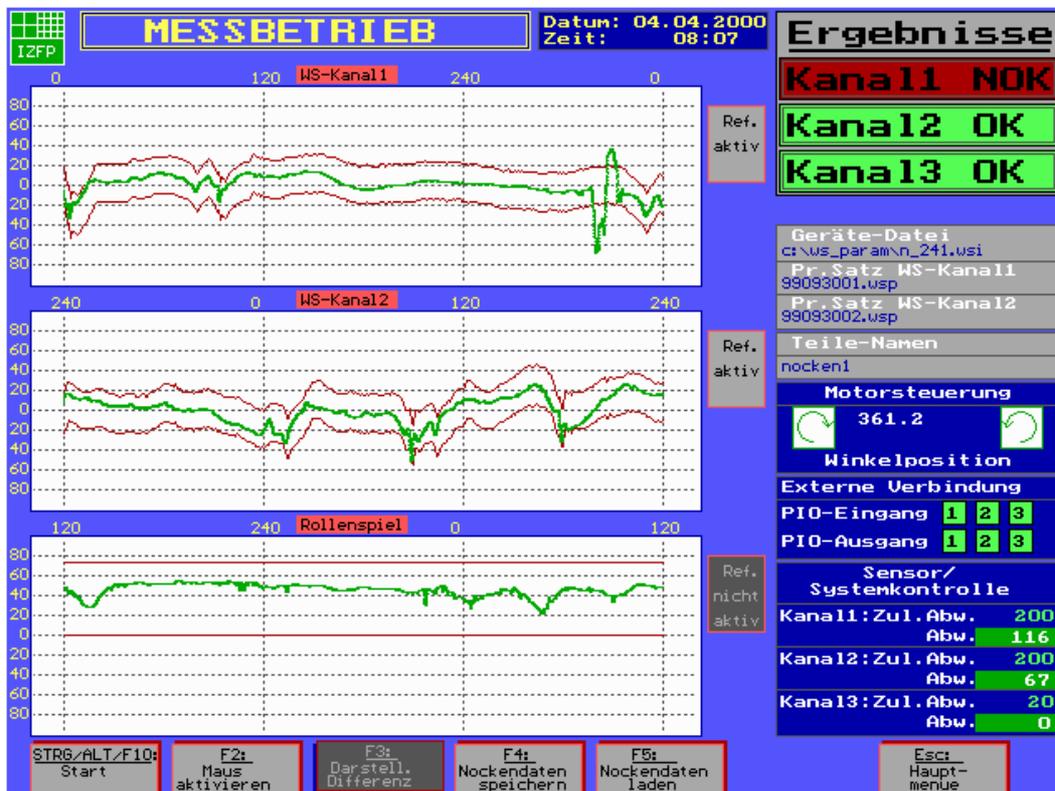


Abbildung 8: Schleiffehler (Weichfleckigkeit und Neuhärtung) im Kanal 1