

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
1. Februar 2007 (01.02.2007)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2007/012331 A2

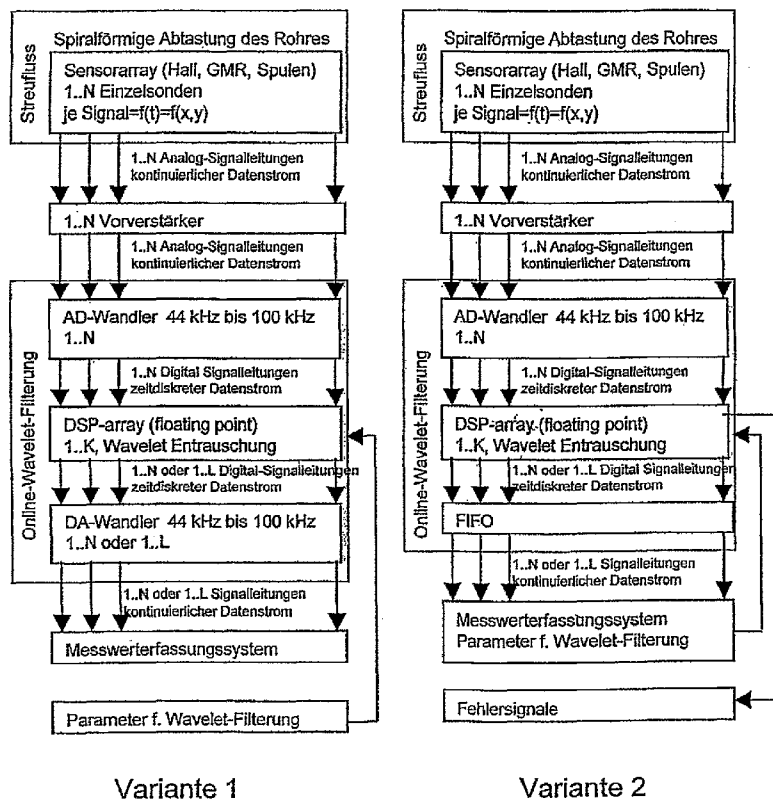
- | | |
|---|--|
| <p>(51) Internationale Patentklassifikation:
<i>G01N 27/87</i> (2006.01)</p> <p>(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE2006/001361</p> <p>(22) Internationales Anmeldedatum:
28. Juli 2006 (28.07.2006)</p> <p>(25) Einreichungssprache: Deutsch</p> <p>(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch</p> <p>(30) Angaben zur Priorität:
10 2005 036 509.4 29. Juli 2005 (29.07.2005) DE
10 2005 063 352.8 29. Juli 2005 (29.07.2005) DE
10 2006 035 599.7 27. Juli 2006 (27.07.2006) DE</p> | <p>(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): V & M DEUTSCHLAND GMBH [DE/DE]; Rather Kreuzweg 106, 40472 Düsseldorf (DE).</p> <p>(72) Erfinder; und</p> <p>(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): ORTH, Thomas [DE/DE]; Luxemburger Allee 85, 45481 Mülheim/a.d. Ruhr (DE). NITSCHKE, Stefan [DE/DE]; Kreuzfeldstrasse 10, 45473 Mülheim/a.d. Ruhr (DE). SCHMITTE, Till [DE/DE]; Tröskenstrasse 4, 44807 Bochum (DE).</p> <p>(74) Anwalt: MEISSNER, Peter, E.; Hohenzollerndamm 89, 14199 Berlin (DE).</p> <p>(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI,</p> |
|---|--|

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: METHOD FOR ERROR-FREE CHECKING OF TUBES FOR SURFACE FAULTS

(54) Bezeichnung: VERFAHREN ZUR ZERSTÖRUNGSFREIEN PRÜFUNG VON ROHREN AUF OBERFLÄCHENFEHLER

Realtime-Wavelet-Entrauschung Streifflussprüfung



(57) Abstract: The invention relates to near-real-time recording and analysis of data relating to surface faults. The following steps are used: transmission of the signals to a pre-amplifier, conversion of the analogue signals to a continuous data stream of digital data, buffering the data stream in a first memory (A), filing the first memory (A) with k data points, copying the k data points of the first memory (A) to a second memory (B) in a short time between two digital data points with simultaneous refilling of the first memory (A) with new data, transformation of the copied data by means of wavelet transformation and filtering or modification of the resulting wavelet coefficients, comparison of the measured parameters with a reference parameter, whereby a determined fault signal can be unambiguously allocated to the position of the fault.

(57) Zusammenfassung: Echtzeitnahe Erfassung und Auswertung der Daten in Bezug auf Oberflächenfehler. Hierzu sind folgende Schritte vorgesehen: Übertragung der Signale in einen Vorverstärker, Überführung der analogen Signale in einen kontinuierlichen Datenstrom digitaler Daten, Pufferung des Datenstroms in einen

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 2007/012331 A2



GB, GD, GE, GH, GM, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

— ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu veröffentlichen nach Erhalt des Berichts

(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK,

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

ersten Speicher (A), Füllen des ersten Speichers (A) mit k Datenpunkten, Kopieren der k Datenpunkte des ersten Speichers (A) in einen zweiten Speicher (B) innerhalb einer kurzen Zeit zwischen zwei digitalen Datenpunkten und gleichzeitiges Neubefüllen des ersten Speichers (A) mit neuen Daten, Transformation der kopierten Daten mittels Wavelet-Transformation und Filterung bzw. Modifikation der resultierenden Waveletkoeffizienten, Vergleich der Beurteilungsgröße mit einer Referenzgröße, wobei ein ermitteltes Fehlersignal der Position des Fehlers eindeutig zugeordnet werden kann.

Verfahren zur zerstörungsfreien Prüfung von Rohren auf Oberflächenfehler

Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur zerstörungsfreien Prüfung von Rohren auf Oberflächenfehler gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruches 1 bzw. 6.

Zerstörungsfreie Verfahren zur Prüfung von metallischen Rohren auf Oberflächenfehler, wie die Streuflussprüfung, sind seit langem bekannt und bewährt.

Die insbesondere für die Detektion von Ungängen an der Rohrwand verwendete Gleichfeld-Streuflussprüfung wird bei Rohren aus ferromagnetischem Stahl angewendet, um insbesondere längsorientierte, oberflächennahe Ungängen, wie z. B. Risse, Schalen oder Beulen zu detektieren.

Nachteilig ist, dass mit den üblichen Auswertemethoden der Signale, insbesondere bei ungünstigen Verhältnissen von Rohrwanddicke und Tiefe des Innenfehlers, bei gegebener Magnetisierungsfeldstärke, Ungängen an der Rohrwand, nicht immer eindeutig detektiert werden. Der Abstand der Fehleranzeige zum Rauschpegel ist dann zu gering um zu verwertbaren Aussagen zu kommen. Hierfür müssen dann, wie nachfolgend beschrieben, neuartige, auf Wavelet- Algorithmen basierende Filtertechniken eingesetzt werden.

Streufluss-Signale werden mit induktiven Spulen, Hall-Sonden oder GMR Sonden erfasst. In jedem Fall sind diese Signale in einem gewissen Maße verrauscht und mit einem langwelligen Untergrund versehen. Bei der klassischen Entrauschung werden die Signale mittels analoger Filter-Technik enträuscht und es kann eine Differenz-Technik zum Unterdrücken der langwelligen Anteile eingesetzt werden. Dabei stößt die analoge Filtertechnik schnell an ihre Grenzen, da die Streufluss-Fehlersignale oft in ähnlichen Frequenzbereichen zu finden sind wie die Störsignale des Untergrunds. Weiterhin ist die Gefahr, dass man interessante

- 2 -

Signale ausfiltert, die eigentlich zur Anzeige gebracht werden müssten, bei der Nutzung von Differenz-Techniken sehr groß.

Daher bietet es sich an, nach alternativen Filter-Techniken zu suchen. Neben der digitalen Filtertechnik mit konventionellen Filter-Algorithmen sind besonders die sogenannten Wavelet-Algorithmen sehr gut für diese Aufgabe geeignet. Anstelle von harmonischen Funktionen werden Wavelets als Filterkriterium genutzt, da sie eine hohe Ähnlichkeit mit den Nutzsignalen aufweisen können. Mit Hilfe von Wavelet-Filtern lässt sich gegenüber konventionellen Filtertechniken eine deutlich effektivere Rauschunterdrückung realisieren.

Zur Trennung von Rausch- und Informationsanteilen von Signalen bei der industriellen Prozessüberwachung ist es allgemein, z. B. aus der DE 102 25 344 A1, bekannt, zur Auswertung von zeitlichen Signalen die Wavelet-Transformation anzuwenden. Mit der Wavelet-Transformation, einer Erweiterung der Fourier-Transformation, wird das Originalsignal auf Wavelet-Basisfunktionen projiziert, was eine Abbildung aus dem Zeitbereich in die Zeit-Frequenzebene darstellt. Hierbei werden die Wavelet-Funktionen, die im Zeit- und Frequenzbereich lokalisiert sind, aus einem einzigen Prototyp-Wavelet, der so genannten Mutterfunktion, durch Dilatation und Translation abgeleitet.

Angestrebt wird mit der Wavelet-Transformation das Rauschniveau im Vergleich zum Fehler-signal signifikant abzusenken.

Das bekannte Verfahren offenbart allgemein die vorteilhafte Verwendung der Wavelet-Algorithmen zur Rauschunterdrückung bei der Überwachung industrieller Prozesse. Bei den in einem kontinuierlichen Fertigungsablauf erzeugten Rohren, ist es aber unabdingbar, die Analyse der Signale aus der zerstörungsfreien Prüfung quasi in Echtzeit auszuführen, um unmittelbaren Einfluss auf den Fertigungsfluss bei auftretenden Fehlern nehmen zu können (z. B. Zuordnung des Fehlers durch Kennzeichnung des Rohrabschnittes, oder Stop der Fertigung). Hierzu werden in der DE 102 25 344 A1 jedoch keinerlei Angaben gemacht.

Insgesamt besteht bei der Streuflussprüfung das Problem, dass die zu erfassenden und auszuwertenden Daten der Oberflächenprüfung an Rohren in nahezu Echtzeit zur Verfügung gestellt werden müssen, um bei auftretenden Fehlern einen Eingriff in den laufenden Fertigungsprozess zu ermöglichen.

Aufgabe der Erfindung ist es, ein sicheres und kostengünstiges Verfahren und eine Vorrichtung zur zerstörungsfreien Prüfung von Rohren mittels Streufluss anzugeben, mit dem mit

- 3 -

Hilfe der Wavelet-Transformation eine echtzeitnahe Erfassung und Auswertung der Daten in Bezug auf Oberflächenfehler des Rohres möglich ist.

Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe für die Streuflussprüfung, entsprechend Anspruch 1 dadurch gelöst, dass die echtzeitnahe Erfassung und Auswertung mit folgenden Schritten geschieht:

- Übertragung der Signale in einen Vorverstärker,
- Überführung der analogen Signale in einen kontinuierlichen Datenstrom digitaler Daten,
- Pufferung des Datenstroms in einen ersten Speicher (A),
- Füllen des ersten Speichers (A) mit k Datenpunkten,
- Kopieren der k Datenpunkte des ersten Speichers (A) in einen zweiten Speicher (B) innerhalb einer kurzen Zeit zwischen zwei digitalen Datenpunkten und gleichzeitiges Neubefüllen des ersten Speichers (A) mit neuen Daten,
- Transformation der kopierten Daten mittels Wavelet-Transformation und Filterung bzw. Modifikation der resultierenden Waveletkoeffizienten.
- Vergleich der Beurteilungsgröße mit einer Referenzgröße wobei ein ermitteltes Fehlersignal der Position des Fehlers eindeutig zugeordnet werden kann.

Die Erfindung wird aber auch gleichermaßen nach Anspruch 6 mit folgenden Schritten gelöst:

- Übertragung der Signale in einen Vorverstärker,
- Überführung der analogen Signale in einen kontinuierlichen Datenstrom digitaler Daten,
- Kontinuierliche Zuführung der Daten an eine Routine zur Wavelet-Transformation,
- Durchführung der Wavelet-Transformation mittels einer Kaskade digitaler Signalverarbeitungsroutinen,
- Vergleich der Beurteilungsgröße mit einer Referenzgröße wobei ein ermitteltes Fehlersignal der Position des Fehlers eindeutig zugeordnet werden kann.

Die Erfindung wird anhand eines in einer **Figur 1** dargestellten Ausführungsbeispiels näher beschrieben.

- 4 -

Die linksseitig dargestellte Variante 1 beschreibt dabei den Signalverlauf eines Signalkanals für eine echtzeitnahe Signalverarbeitung bei einer Streuflussprüfung und einem analogen Ein- bzw. Ausgang, wie sie z. B. in bestehenden Anlagen vorhanden sind.

Die Streuflusssignale werden mit induktiven Spulen, Hall-Sonden oder GMR-Sensoren erfasst. Nach den Sensoren und den anschließenden Vorverstärkern liegt ein kontinuierlicher, analoger Signalstrom vor. Der Frequenzinhalt und die Signalpegel werden durch die Übertragungseigenschaften der Vorverstärker bestimmt.

Der A/D-Wandler überführt das analoge Signal in einen kontinuierlichen Datenstrom digitaler Daten (zeitdiskretes Signal). Aufgrund von Nyquist-Theorem ist die Maximalfrequenz durch die halbe Abtastrate gegeben. Die Abtastrate limitiert darüber hinaus die örtliche Auflösung des Streuflusssignals.

Der Datenstrom wird in einen hier nicht dargestellten ersten Speicher (A) gepuffert. Sobald dieser mit k Datenpunkten gefüllt ist (typisch: $k=512$ oder 1024), wird der Inhalt in einen weiteren zweiten Speicher (B) kopiert, auf dem dann die Filterung durch die eigentliche Wavelet-Transformation ausgeführt wird.

Das Kopieren der Daten geschieht innerhalb einer kurzen Zeit zwischen zwei digitalen Datenpunkten, so dass nach dem Kopieren der Daten vom ersten Speicher (A) zum zweiten Speicher (B) wieder neue Daten in den ersten Speicher (A) einlaufen können.

Vorteilhaft werden nach der Filterung die gefilterten Daten des zweiten Speichers (B) in einen dritten Speicher (C) kopiert.

Die Ausgabe der gefilterten Signale aus dem dritten Speicher (C) geschieht dabei mit der gleichen Taktrate wie das Auffüllen des ersten Speichers (A), so dass immer genau so viele Eingangs- wie Ausgangsdaten vorliegen.

Die Zeit zur Filterung liegt bei diesem Verfahren unterhalb der Zeit, die das System zum Füllen, bzw. Leeren, des Eingangs-, bzw. Ausgangs-Speichers, benötigt.

- 5 -

Durch dieses Verfahren kommt es also zu einem zeitlichen Versatz zwischen der Signalfolge von genau k Datenpunkten.

Die Ausgangssignale des dritten Speichers (C) werden über einen D/A-Wandler mit Glättungsstufe wieder in ein analoges kontinuierliches Messsignal gewandelt, welches einem bestehenden analogen Datenerfassungssystem zugeführt werden kann. Beachtet werden muss dabei noch, dass die Pegel und Frequenzgänge der Signale durch das D/A-Modul bestimmt werden, eine etwaige Anpassung wird durch einen weiteren Verstärkerbaustein realisiert.

In einer anderen Ausgestaltung des Filtersystems für Streuflusssignale werden die Daten nicht blockweise mit k Datenpunkten verarbeitet (wie oben beschrieben), sondern der Filter arbeitet so schnell, dass die Ausführungszeit kleiner ist als die Zeit zwischen dem Eintreffen der Datenpunkten. Dann kann der Filter immer auf den letzten k Datenpunkten ausgeführt werden und man erhält auch einen gefilterten Datenpunkt pro eingelaufenem Datenpunkt.

Bei diesem Verfahren ist der zeitliche Versatz zwischen Eingangs und Ausgangsdaten höchstens ein Datenpunkt. Denkbar sind auch Misch-Lösungen der beiden bisher beschriebenen Verfahren: In diesem Fall werden immer kleinere Blöcke an Datenpunkten gesammelt (z. B. mit i - Punkten) der Filter wird aber immer mit den letzten h Blöcken durchgeführt, so dass die Anzahl der Punkte im Wavelet-Filter wiederum $k=i*h$ ist.

Die rechtsseitig in **Figur 1** dargestellte Variante 2 beschreibt den Signalverlauf für eine echtzeitnahe Signalverarbeitung bei einer Streuflussprüfung und einem analogen Ein- und einem digitalen Ausgang, wie sie für die erfindungsgemäße Neuauslegung von Streuflussprüfanlagen in Frage kommt.

In diesem Fall werden die Daten entsprechend der oben erläuterten Verfahren dem digitalen Signalprozessor (DSP) zugeführt, allerdings verzichtet man auf das nachträgliche D/A-Wandeln. Die gefilterten Daten im hier nicht dargestellten Speicher (C) können dann direkt einem übergeordneten Datenverarbeitungssystem digital zugeführt werden.

In einer anderen vorteilhaften Ausgestaltung können die Fehlerbewertungen und Weiterverarbeitungen der Signale direkt auf dem DSP ausgeführt werden.

- 6 -

Die obigen Ausführungen zu den Varianten 1 und 2 gelten grundsätzlich auch für alle weiteren Signalkanäle, allerdings kann man auch schon auf dem DSP die gefilterten Signale weiter zusammenfassen und Vergleiche zwischen mehreren Kanälen durchführen, z. B. dadurch dass die Berechnung mehrerer Kanäle auf einem DSP durchgeführt wird, oder dadurch dass mehrere DSP kaskadiert hintereinander geschaltet werden. Dadurch werden aus den N Signalleitungen für die N Kanäle u. U. L Signalleitungen (mit $L < N$, z.B. $L = N/2$).

In **Figur 2** ist beispielhaft anhand einer Grafik ein Messsignal einer Streuflussprüfung auf Fehler an der Innenoberfläche eines Rohres dargestellt.

Der obere Teil der Grafik zeigt den Verlauf des erfassten Streuflusssignals ohne Filterung. Ein mögliches Fehlersignal im Signalverlauf lässt sich hieraus nicht zweifelsfrei ermitteln.

Der untere Teil der Grafik zeigt das mittels der Wavelet-Transformation aus dem Streuflusssignal gefilterte Fehlersignal eines Innenfehlers, welches abhängig von vorher eingestellten Schwellwerten zur Anzeige gebracht wird.

Patentansprüche

1. Verfahren zur zerstörungsfreien Prüfung von Rohren aus magnetisierbarem Werkstoff auf Fehler mittels Streufluss, bei dem das sich in Längsrichtung fortbewegende und wahlweise zusätzlich rotierende Rohr magnetisiert und schraubenlinienförmig abgetastet, der erzeugte magnetische Fluss berührungslos in das Rohr übertragen und die im oberflächennahen Bereich sich befindenden Ungängen magnetische Streuflüsse hervorrufen, die aus der Rohroberfläche austreten und durch Sensoren detektiert und echtzeitnah in auswertbare elektrische Signale umgewandelt werden mit folgenden Schritten:
 - Übertragung der Signale in einen Vorverstärker,
 - Überführung der analogen Signale in einen kontinuierlichen Datenstrom digitaler Daten,
 - Pufferung des Datenstroms in einen ersten Speicher (A),
 - Füllen des ersten Speichers (A) mit k Datenpunkten,
 - Kopieren der k Datenpunkte des ersten Speichers (A) in einen zweiten Speicher (B) innerhalb einer kurzen Zeit zwischen zwei digitalen Datenpunkten und gleichzeitiges Neubefüllen des ersten Speichers (A) mit neuen Daten,
 - Transformation der kopierten Daten mittels Wavelet-Transformation und Filterung bzw. Modifikation der resultierenden Waveletkoeffizienten,
 - Vergleich der Beurteilungsgröße mit einer Referenzgröße, wobei ein ermitteltes Fehlersignal der Position des Fehlers eindeutig zugeordnet werden kann.

2. Verfahren nach Anspruch 1
dadurch gekennzeichnet,
dass nach der Transformation der Daten die im zweiten Speicher (B) gefilterten Daten in einen dritten Speicher (C) kopiert werden und die Ausgabe der gefilterten Signale aus dem dritten Speicher (C) mit der gleichen Taktrate erfolgt wie das Auffüllen des ersten Speichers (A), wobei die Zeit zur Filterung unterhalb der Zeit liegt, die das System zum Füllen, bzw. Leeren, des Speichers benötigt.

- 8 -

3. Verfahren nach Anspruch 1 und 2
dadurch gekennzeichnet,
dass nach der Ausgabe der gefilterten Daten aus dem dritten Speicher (C) diese über einen D/A-Wandler in ein analoges kontinuierliches Messsignal umgewandelt und das Messsignal einem bestehenden analogen Datenerfassungssystem zugeführt wird.
4. Verfahren nach Anspruch 1
dadurch gekennzeichnet,
dass nach der Ausgabe der gefilterten Daten aus dem dritten Speicher (C) die digitalen Daten direkt einer digitalen Recheneinheit oder einem übergeordneten Datenverarbeitungssystem zugeführt werden.
5. Verfahren nach Anspruch 3 und 4
dadurch gekennzeichnet,
dass vor der Weiterverarbeitung die Daten aus dem dritten Speicher (C) geglättet werden.
6. Verfahren zur zerstörungsfreien Prüfung von Rohren aus magnetisierbarem Werkstoff auf Fehler mittels Streufluss, bei dem das sich in Längsrichtung fortbewegende und wahlweise zusätzlich rotierende Rohr magnetisiert und schraubenlinienförmig abgetastet, der erzeugte magnetische Fluss berührungslos in das Rohr übertragen und die im oberflächennahen Bereich sich befindenden Ungängen magnetische Streuflüsse hervorrufen, die aus der Rohroberfläche austreten und durch Sensoren detektiert und echtzeitnah in auswertbare elektrische Signale umgewandelt werden mit folgenden Schritten:
 - Übertragung der Signale in einen Vorverstärker,
 - Überführung der analogen Signale in einen kontinuierlichen Datenstrom digitaler Daten,
 - Kontinuierliche Zuführung der Daten an eine Routine zur Wavelet-Transformation,
 - Durchführung der Wavelet-Transformation mittels einer Kaskade digitaler Signalverarbeitungsroutinen,
 - Vergleich der Beurteilungsgröße mit einer Referenzgröße, wobei ein ermitteltes Fehlersignal der Position des Fehlers eindeutig zugeordnet werden kann.

- 9 -

7. Verfahren nach Anspruch 6
dadurch gekennzeichnet,
dass nach der Überführung der analogen Signale in einen kontinuierlichen Datenstrom digitaler Daten der Datenstrom zunächst in einem ersten Speicher (A) gepuffert wird.
8. Verfahren nach den Ansprüchen 6 und 7
dadurch gekennzeichnet,
dass nach der Durchführung der Wavelet-Transformation eine Filterung bzw. Modifikation der resultierenden Waveletkoeffizienten erfolgt mit anschließender Rücktransformation durch eine inverse Anwendung der Kaskade digitaler Signalverarbeitungsroutinen in einen Strom kontinuierlicher Daten.
9. Verfahren nach den Ansprüchen 6 - 8
dadurch gekennzeichnet,
dass nach der Rücktransformation der Daten der Datenstrom zusätzlich in einem zweiten Speicher (B) gepuffert wird.
10. Verfahren nach den Ansprüchen 7 - 9
dadurch gekennzeichnet,
dass die Ausgabe der gefilterten Signale aus dem Speicher (B) mit der gleichen Taktrate erfolgt, wie das Auffüllen des ersten Speichers (A).
11. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 - 10
dadurch gekennzeichnet,
dass nach der Rücktransformation die Signale über einen D/A-Wandler in ein analoges kontinuierliches Messsignal gewandelt werden und das Messsignal einem bestehenden analogen Datenerfassungssystem zugeführt wird.
12. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 - 10
dadurch gekennzeichnet,
dass nach der Rücktransformation die digitalen Daten direkt einer digitalen Recheneinheit oder einem übergeordneten Datenverarbeitungssystem zugeführt werden.
13. Verfahren nach den Ansprüchen 11 und 12
dadurch gekennzeichnet,
dass die Ausgangssignale in einem dritten Speicher (C) geglättet werden.

- 10 -

14. Verfahren nach den Ansprüchen 4 oder 12

dadurch gekennzeichnet,

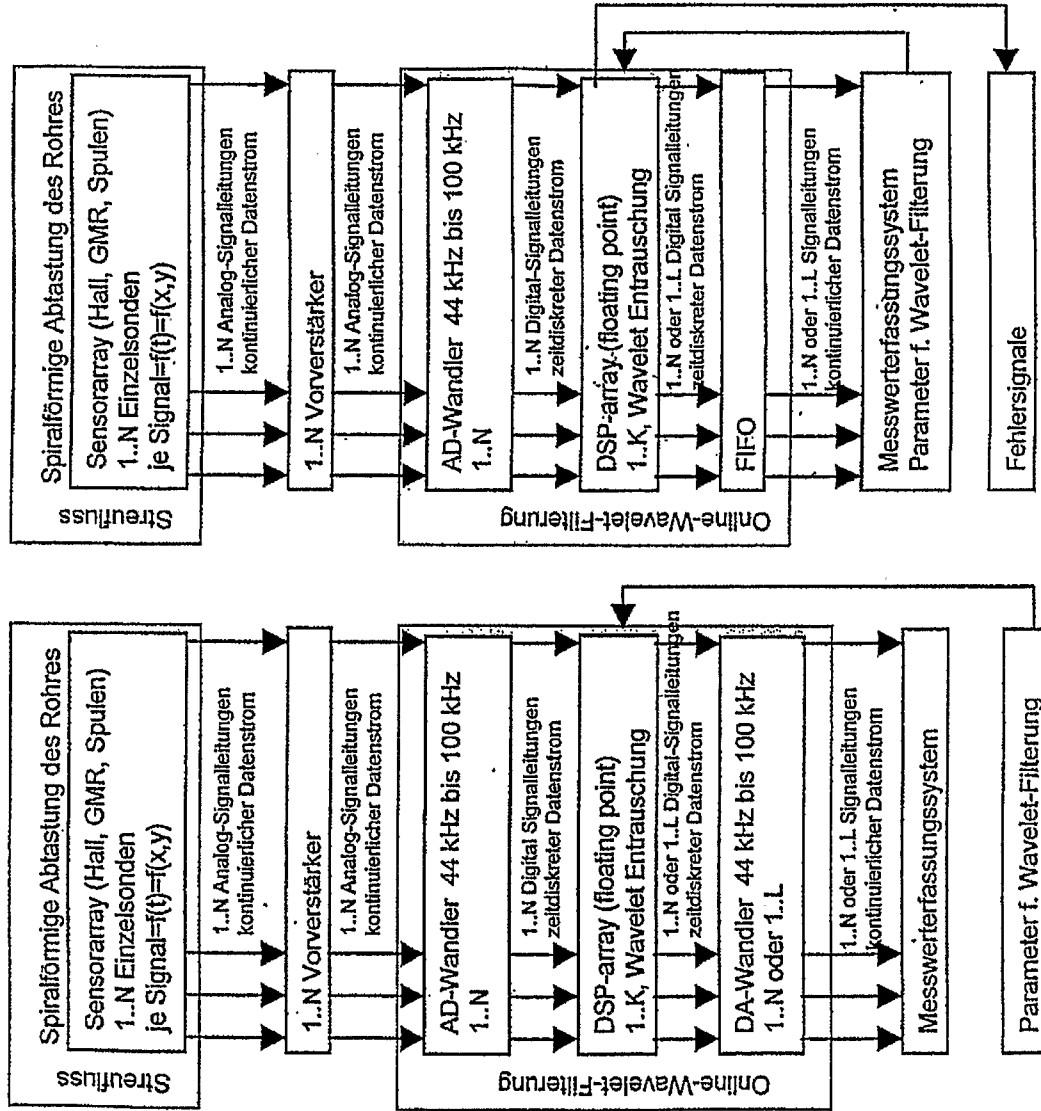
dass die digitale Recheneinheit ein digitaler Signalprozessor (DSP) ist.

15. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 - 14

dadurch gekennzeichnet,

dass zur Filterung der Signale signalangepasste Wavelets verwendet werden.

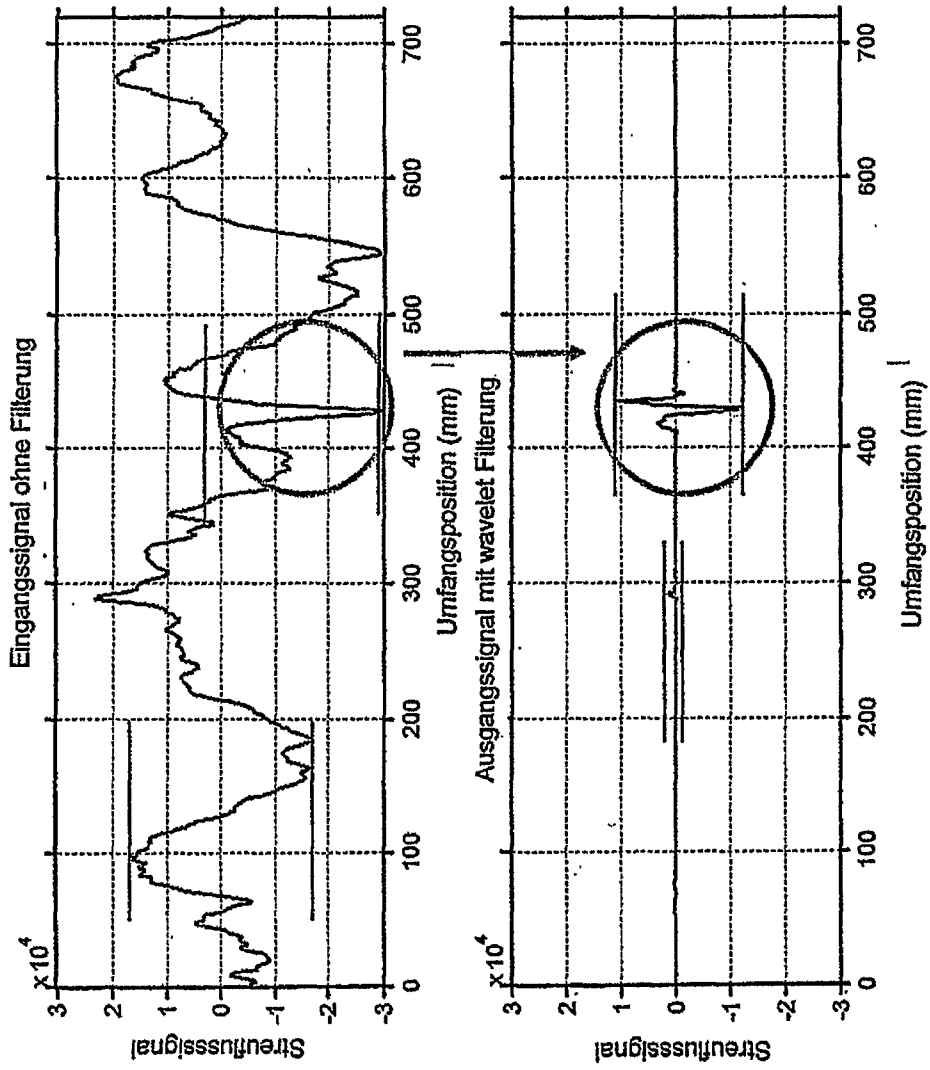
Realtime-Wavelet-Entrauschung Streufussprüfung



Variante 1

Variante 2

Figur 1



Figur 2