

19



SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT
EIDGENÖSSISCHES INSTITUT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

Erfindungspatent für die Schweiz und Liechtenstein

Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

11 CH 687 110 A5

51 Int. Cl.⁶: G 06 F 019/00
G 01 N 033/36
D 01 H 013/32

12 PATENTSCHRIFT A5

21 Gesuchsnummer: 02651/91

22 Anmeldungsdatum: 10.09.1991

24 Patent erteilt: 13.09.1996

45 Patentschrift veröffentlicht: 13.09.1996

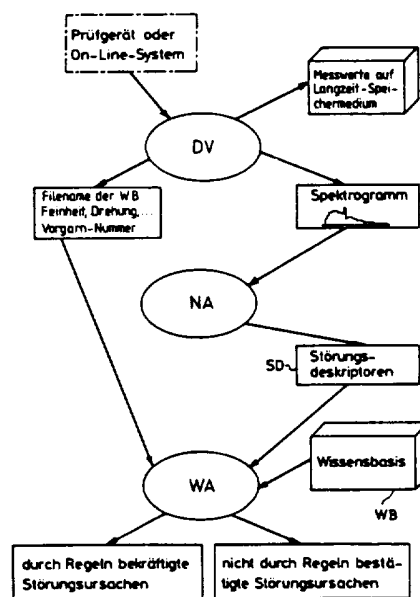
73 Inhaber:
Zellweger Luwa AG, Wilstrasse 11, 8610 Uster (CH)

72 Erfinder:
Hoeller, Robert, Dr., Uster (CH)

54 Verfahren zur Erstellung einer Störungsdiagnose an Produktionsmaschinen und Anwendung des Verfahrens an Textilmaschinen.

57 Die Erstellung der Störungsdiagnose erfolgt anhand einer wissensbasierten Auswertung von Signalen, welche die Qualität der hergestellten Produkte signalisieren, beispielsweise anhand von bei der Untersuchung von Parametern textiler Faser- oder Filamentverbände gewonnener Spektrogramme. Es ist eine erste Auswerteeinheit (NA) zur Detektion von charakteristischen Abweichungen der Spektrogramme vorgesehen, welche für jede derartige Abweichung einen sogenannten Störungsdeskriptor (SD) generiert. Eine zweite Auswerteeinheit (WA) ermittelt für jeden Störungsdeskriptor anhand einer Wissensbasis (WB) mögliche Störungsursachen.

Auftretende Störungen werden automatisch erfasst und deren Diagnose ist rasch und sicher möglich.



Beschreibung

Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zur Erstellung einer Störungsdiagnose an Produktionsmaschinen anhand einer wissensbasierten Auswertung von die Qualität der hergestellten Produkte repräsentierenden Signalen, mit einer das für die Auswertung erforderliche Fachwissen enthaltenden Wissensbasis, mit zum Zugriff auf diese vorgesehene Software-Einheiten, und mit einer Benutzer-Schnittstelle.

Verfahren oder Systeme dieser Art, welche als Expertensysteme bezeichnet werden, sind seit einiger Zeit insbesondere für die Störungs- und Fehlerdiagnose elektronischer Bauteile bekannt; siehe dazu beispielsweise den Artikel «An Expert System for Help to Fault Diagnoses on VLSI Memories» von T. Viacroze et al in Journal for the International Symposium for Testing and Failure Analysis (ISTFA), Oktober/November 1988, Los Angeles, S. 153–158. Das in diesem Artikel beschriebene System analysiert zuerst die Daten des Prüfgeräts und leitet dann aus dem Wissen der Wissensbasis die entsprechenden Regeln für die Fehlerursachen ab. Dann erfolgt auf einer zweiten Stufe im Dialog mit dem Bediener eine weitere Analyse und schliesslich erfolgt eine Fehlerdiagnose, welche Vorwärts- und Rückwärts-Verstellung vorsieht.

Verfahren oder Systeme, die zur Diagnose bei komplex aufgebauten Maschinen effizient eingesetzt werden sollen, müssen in der Lage sein, zumindest einige hundert Einzelteile und deren Einordnung in Baugruppen oder Subsysteme zu beschreiben, sowie typischerweise bis zu 100 oder 200 Regeln anzuwenden. Daneben muss eine gute Integration in eine konventionelle und umfangreiche Programmumgebung, welche die Speicherung und Vorverarbeitung der erwähnten Signale durchführt, gewährleistet sein. In der Praxis wird ausserdem eine Reaktionszeit im Sekundenbereich, nach Möglichkeit sogar darunter, erwartet. Gegenwärtig können derartige Anforderungen nur von grossen Systemen erfüllt werden, deren Einsatz für den typischen Anwender aus Kostengründen nicht in Frage kommt.

Die Erfindung stellt sich die Aufgabe, ein Verfahren der eingangs genannten Art so auszubilden, dass mit einem kostengünstigen Rechner eine rasche und sichere Störungsdiagnose möglich ist. Diese Anforderung ist bei Produktionsmaschinen noch wesentlich wichtiger als bei Testsystemen für elektronische Schaltungen, da bei diesen Maschinen jeder Fehler in der Regel zu fehler- oder mangelhaften Produkten führt und daher in der kürzestmöglichen Zeit behoben werden muss.

Die gestellte Aufgabe wird erfindungsgemäss durch die im unabhängigen Patentanspruch aufgeführten Merkmale gelöst.

Durch eine spezielle Strukturierung der Wissensbasis ist es gelungen die erwähnten Anforderungen mit einem kostengünstigen Rechner, beispielsweise einem Personal Computer, zu erfüllen.

Die Erfindung betrifft weiter eine Anwendung des genannten Verfahrens an Textilmaschinen für die Produktion von Faser- oder Filamentverbänden.

Anwendungen von Expertensystemen für Textil-

maschinen sind heute praktisch noch nicht bekannt. Denn die in der Literatur als Expertensysteme bezeichneten Systeme sind typischerweise nicht wissensbasiert, sondern erzielen eine Prozesssteuerung oder Prozessoptimierung mit konventionellen Methoden. So ist beispielsweise in der US-A-4 916 625 ein Verfahren zur Optimierung des Betriebs einer Spinnmaschine unter Verwendung einer Wissensbasis beschrieben, bei welchem aber letztlich nur dem Bedienungspersonal angezeigt wird, wann eine volle Spule von der Maschine entfernt werden muss. Die Wissensbasis zieht zwar aus den Signalen von Sensoren gewisse Schlüsse auf den Zeitpunkt des Auftretens bestimmter Ereignisse, sie kann aber keinerlei Störungsdiagnosen erstellen oder Aussagen über die Ursache bei Störungen machen. Im Unterschied dazu soll die erfindungsgemässe Anwendung des Systems an Textilmaschinen eine exakte Störungsdiagnose ermöglichen.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäss dadurch gelöst, dass die die Qualität der hergestellten Produkte repräsentierenden Signale durch bei der Untersuchung von Parametern der Faser- oder Filamentverbände gewonnene Spektrogramme gebildet sind, dass eine erste Auswerteeinheit zur Detektion von charakteristischen Abweichungen der Spektrogramme vorgesehen ist, welche für jede derartige Abweichung einen sogenannten Störungsdeskriptor generiert, und dass eine zweite Auswerteeinheit vorgesehen ist, welche für jeden Störungsdeskriptor anhand der Wissensbasis mögliche Störungsursachen ermittelt.

Im folgenden wird die Erfindung anhand eines Ausführungsbeispiels und der Zeichnungen näher erläutert; es zeigt:

Fig. 1 eine schematische Darstellung des Gesamtkonzepts eines erfindungsgemässen Expertensystems,

Fig. 2 eine schematische Darstellung der Beschreibung der Maschinenstruktur in der Wissensbasis des Expertensystems von Fig. 1,

Fig. 3 eine schematische Darstellung des Ablaufs der Diagnosestellung,

Fig. 4, 5 ein Beispiel für den Dialog mit dem System via Benutzer-Schnittstelle; und

Fig. 6–8 eine Darstellung eines Praxisbeispiels.

Fig. 1 zeigt eine mögliche Darstellung des Gesamtkonzepts eines erfindungsgemässen Expertensystems, in welchem der Wissensbasis WB zentrale Bedeutung zukommt. Die Wissensbasis WB enthält das erforderliche Fachwissen, beispielsweise also das Textilwissen, in Form von Regeln und strukturellen Beschreibungen der entsprechenden Produktionsmaschinen (Textilmaschinen) mitsamt den für die Auswertung notwendigen Parametern, wie zum Beispiel Verzügen, Durchmesser von Walzen und Zylindern und dergleichen. Daneben sind in der Wissensbasis WB auch Verweise auf Grafiken und Texte enthalten, die bei einer Konsultation auf einem Bildschirm erscheinen können.

Auf die Wissensbasis WB kann eine Reihe von Software-Einheiten zugreifen, welche für verschie-

dene Funktionen vorgesehen sind. Für sämtliche Anwendungen steht der gleiche allgemeine Wissenseditor KM zur Verfügung, mit dem die Wissensbasis WB aufgebaut und gewartet werden kann, wobei der Zugriff auf die Wissensbasis für diesen Editor in jedem Fall uneingeschränkt ist. Für spezifische Anwendungen können einfachere Editiermodule EM zur Verfügung gestellt werden, bei denen aber der Zugriff auf die Wissensbasis WB zur Wahrung der Konsistenz grösseren Einschränkungen unterworfen ist.

Die in der Wissensbasis WB enthaltenen Informationen werden von einem «Produktions-System» PS verwertet, welches dem Anwender eine Konsultation anbietet und insbesondere eine einen Bildschirm aufweisende Benutzer-Schnittstelle BS enthält. Darstellungsgemäss sind drei Klassen von Produktions-Systemen vorgesehen, nämlich Regelanwendungssysteme PS-H für einfache Regelverarbeitung, Diagnosesysteme PS-D und Systeme PS-X für spezifische Anwendungen. Diese drei Klassen unterscheiden sich insbesondere in der Art der Verarbeitung des Inhalts der Wissensbasis, wie beispielsweise in der Suchstrategie oder in der Regelverarbeitung.

Fig. 2 zeigt die Strukturierung der Wissensbasis WB, welche zu jeder eine Störung anzeigenden Abweichung des überwachten Signals eine Liste mit Diagnose-Vorschlägen erstellt. Da in der Praxis ein Grossteil der möglichen Störungsursachen mit fehlerhaften Maschinenteilen zusammenhängt, benötigt das System eine möglichst genaue Beschreibung des Aufbaus der jeweiligen Textilmaschine. Insbesondere muss bekannt sein, aus welchen Teilsystemen wie Karde, Strecke, usw. sich die Produktionslinie zusammensetzt. Diese Teilsysteme lassen sich ihrerseits in Subsysteme zergliedern, usw., bis man schliesslich zu den fehlerverursachenden Komponenten (beispielsweise Zylinder, Riemchen) gelangt.

Beim erfindungsgemässen Expertensystem ist jedes Objekt durch einen Knoten in einer Baumstruktur beschrieben, wobei, mit Ausnahme des Root-Knotens, jeder Knoten von genau einem übergeordneten Knoten abhängig ist. Diese Abhängigkeit ist meist als «Part of»- oder als «Is a»-Relation zu interpretieren. Die Adressierung einzelner Knoten erfolgt mit einem Pfadnamen, der beim Namen des Knotens beginnt und zur genauen Identifizierung auch noch die Namen hierarchisch höherer Knoten beinhalten kann. Diese Pfadnamen erweisen sich insbesondere dann als sehr nützlich, wenn sich mehrere gleichnamige Knoten im System befinden, weil man sich dann sowohl auf alle gleichnamigen Objekte oder auch nur auf ein spezielles Objekt beziehen kann.

So bezeichnet beispielsweise die Adresse «Streckwerk» jedes beliebige Streckwerk, die Adresse «Streckwerk-Flyer» jedes Streckwerk an einem Flyer, und die Adresse «Streckwerk -«RS»-«M3» das Streckwerk der speziellen Ringspinnmaschine M3. In dieser Namenskonvention steckt impliziert auch das Prinzip der Vererbung. Das bedeutet, dass jeder Knoten zwar einerseits durch seine Position in der Baumstruktur eindeutig identifizierbar ist, aber andererseits auch alle Referenzen oder

Werte erbt, die sich auf ein durch einen verkürzten Pfadnamen nicht eindeutig adressierbares und daher fiktives allgemeines Objekt (z.B. «Streckwerk») beziehen.

Wie man den dem Knoten «Mittelteil» untergeordneten Knoten «Oberwalze», «Mittelzylinder», «Oberriemchen» und «Unterriemchen» in Fig. 2 entnehmen kann, können jedem Knoten Daten oder Werte zugeordnet werden (z.B. Dimensionen wie Durchmesser oder Länge, Umdrehungsgeschwindigkeiten, Zustände und dergleichen). Bei Knoten mit gleichem Wert, die mehrmals vorkommen, bedient man sich des verkürzten Pfadnamens, um die Daten nur einmal eingeben zu müssen.

Mit den Knoten selbst sind immer nur einzelne Objekte beschreibbar. Daneben können aber auch mit einem Namen versehene Relationen zwischen jeweils zwei Knoten definiert werden, was in Fig. 2 durch die dick eingezeichneten Pfeile symbolisiert ist. Mit den Relationen, denen man ebenfalls beliebig viele Werte zuordnen kann, lässt sich beispielsweise die Kraftübertragung bei einem Getriebe oder der Verzug eines Faserverbandes zwischen zwei Klemmpunkten bezeichnen. So kann beispielsweise als Wissen abgelegt werden, dass das Fasermaterial von den Hinterzylindern zu den Vorderzylindern läuft und dass dabei ein 1,3-facher Verzug auftritt.

Schliesslich werden als weitere Wissensseinheiten noch Regeln verwendet, die aus einer die Regel eindeutig identifizierenden Nummer (oder aus einem Namen), aus einer Serie von Bedingungen und aus einer einzigen Konsequenz bestehen. Eine Regel, und damit auch ihre Konsequenz, gilt als erfüllt, wenn alle Bedingungen erfüllt sind. Die Konsequenz und jede einzelne der Bedingungen bilden die Grundelemente einer Regel. Diese Grundelemente können beliebige Texte («die Garndrehung ist zu niedrig»), verneinte Ausdrücke oder Ausdrücke mit einer Ortsangabe sein. Sowohl bei den Bedingungen als auch im Konsequenz-Teil kann auf Knoten oder Relationen zwischen Knoten Bezug genommen werden. Diese Möglichkeit, in der Regel direkt auf Knoten Bezug nehmen zu können, ist speziell für die Suchstrategie bei diagnostischen Problemen oder bei Bedienungsanleitungen sehr nützlich.

Das Expertensystem kann unter Zuhilfenahme einer beliebigen Programmiersprache realisiert werden. Wegen ihrer hervorragenden Eignung für die Auswertung der Wissensbasis WB wird aber vorzugsweise die Programmiersprache Prolog verwendet (W. F. Clocksin & C. S. Mellish «Programming in Prolog», Springer Verlag 1981).

Fig. 3 zeigt in einer anderen Darstellungsart als Fig. 1 den Aufbau eines Expertensystems zur Erstellung einer Störungsdiagnose an Textilmaschinen und gibt eine Übersicht über den Ablauf der Diagnosestellung, wobei das System von einem Prüfgerät oder von einem On-Line-Datensystem Qualitätsdaten, insbesondere Gleichmässigkeitsdaten eines textilen Zwischen- oder Endprodukts empfängt, signifikante Abweichungen von vorgegebenen Sollwerten oder Sollkurven detektiert und die technischen Ursachen dieser Abweichungen ermittelt.

Darstellungsgemäss besteht das Expertensy-

stem aus den drei Modulen Datenspeicherung/Datenverwaltung DV, numerische Auswerteeinheit NA und wissensbasierte Auswerteeinheit WA.

Das Modul Datenspeicherung/Datenverwaltung DV dient zum permanenten Speichern der empfangenen Prüfdaten, wobei die gespeicherten Daten jederzeit für eine Auswertung bereitgestellt werden können. Für die Speicherung und Verwaltung der Prüfdaten kann ein beliebiges, konventionelles Datenbanksystem eingesetzt werden, bei dem an Funktionalität folgendes vorausgesetzt wird:

- Übernahme der Daten vom Prüfgerät oder On-Line-System.

- Abspeichern der Prüfdaten auf einem Langzeit-Speichermedium (z.B. Festplatte).

- Bereitstellen einer Benutzer-Schnittstelle, welche es dem Anwender erlaubt, die gespeicherten Daten wieder aufzusuchen.

- Kopieren der vom Anwender ausgewählten Daten in den Systemspeicher (RAM) des Rechners, von wo diese von den nachgeschalteten Auswerteeinheiten ausgelesen werden können.

- Bereitstellung der Messwerte der Probe; Darstellungsgemäss sind diese die Punkte eines Spektrogramms, beispielsweise eines Gleichmässigkeits-, eines Haarigkeits- oder eines Drehungs-Spektrogramms (zum Thema Spektrogramm siehe beispielsweise die Publikation von R. Furter «Eveness Testing in Yarn Production: Part I», The Textile Institute 1982 und den Artikel «Neue Wege zur Messung der Haarigkeit von Garnen» von R. Furter, P. Hättenschwiler und H. Wampfler in MELLIAND TEXTILBERICHTE 69 (1988), 617-619).

- Bereitstellung von Zusatzinformationen über die Probe, wie beispielsweise Garnfeinheit, Garndrehung, Vorgarn-Nummer, Filename der Wissensbasis und dergleichen.

Die numerische Auswerteeinheit vergleicht das Spektrogramm fortlaufend mit einem vorgegebenen Grenzwert, um durch periodische Schwankungen verursachte sogenannte «Kamine» zu detektieren, die über die normale Kurve hinausragen und bei der Periodenlänge (Wellenlänge) auftreten. Durch diesen Kamin erhöht sich auch der sogenannte Variationskoeffizient (CV%), das ist die quadratische Ungleichmässigkeit, was eine störende Qualitätseinbusse des betreffenden Gespinnstes bedeuten kann. Diese CV-Erhöhung ist gegeben durch die Formel:

$$\Delta CV^2 = K \cdot \left(\sum_{i=a}^b S_i^2 - \frac{b}{b-a+1} \sum_{i=a}^b S_{i,R}^2 \right)$$

In dieser Formel bezeichnet S_i die Amplitude des gemessenen Spektrogramms bei Kanal i , $S_{i,R}$ die Amplitude des Referenzspektrogramms bei Kanal i , a , b die Kanalnummern für Anfang und Ende des Kamins und K ist ein sensorspezifischer Proportionalitätsfaktor.

Zur Detektion eines störenden Kamins vergleicht die numerische Auswerteeinheit NA den Wert der Erhöhung des Variationskoeffizienten mit einem vorgegebenen Grenzwert. Ist diese überschritten, so

wird ein Störungsdeskriptor SD generiert, welcher folgende Informationen über den Kamin enthält:

- Spektrogramm-Identifikation

- Wellenlängenbereich in Millimetern

- CV-Erhöhung in %

- Anzahl der Kanäle, über die sich der Kamin erstreckt.

Bei Verwendung der Programmiersprache Prolog wird dieser Störungsdeskriptor eine Liste mit Diagnose-Vorschlägen. Da, wie schon bei Fig. 2 erwähnt wurde, in der Praxis ein Grossteil der möglichen Störungsursachen mit fehlerhaften Maschinenteilen zusammenhängt, enthält das System eine möglichst genaue Beschreibung des Aufbaus der Textilmaschinen. Diese Informationen bilden zusammen mit «Wenn-dann»-Regeln, die einen Diagnoseverdacht erhärten oder widerlegen, die anhand von Fig. 2 beschriebene Wissensbasis WB. Diese liegt in der Praxis als ASCII-Datei vor, in welcher die anhand von Fig. 2 beschriebenen Daten der Wissensbasis (Knoten, Werte, Relationen zwischen Knoten, Regeln) als Prolog-Facts enthalten sind. Die Wissensbasis WB wird durch eine geeignete Anweisung in die Datenbasis eingelesen.

Zur Vorbereitung der Wissensbasis WB wird aus einem von der Datenspeicherung/Datenverwaltung DV bereitgestellten Speicherbereich der Filename der Wissensbasis WB entnommen und in die Datenbasis eingelesen. Dann werden die zum Zeitpunkt der Erstellung der Wissensbasis WB noch nicht bekannt gewesenen Teilverzüge an der Maschine berechnet. Als Beispiel seien hier die in der Praxis stark variierenden Verzüge an der Ringspinnmaschine angeführt, wobei in diesem Fall der Vorverzug fix in der Wissensbasis WB enthalten ist und sich der Gesamtverzug aus Feinheit des Vorgarns dividiert durch Garnfeinheit ergibt.

Anschliessend wird zu jeder Maschinenkomponente, die im Faserverband eine periodische Masse- oder Haarigkeits- oder gegebenenfalls Drehungsschwankung hervorrufen kann, die entsprechende Wellenlänge dieser Schwankung berechnet, und zwar als Produkt aus der Wellenlänge am Ort der Komponente und allen Verzügen zwischen dem Ort der Komponente und der Entnahmestelle der Probe. Die so berechneten Wellenlängen werden dann von der wissensbasierten Auswerteeinheit WA als Prolog-Fact in die Datenbasis eingetragen.

Wenn nun in der Datenbasis gleichzeitig ein Prolog-Fact «berechnete Wellenlänge» und ein Prolog-Fact «Störungsdeskriptor» vorhanden ist, wobei der Wert der berechneten Wellenlänge im Wellenlängenbereich des Störungsdeskriptors liegt, dann wird ein Prolog-Fact «Theoretische Ursache» in die Datenbasis eingetragen, womit also die theoretische Ursache einer Störung ermittelt ist.

Der nächste Schritt ist die Ermittlung der plausiblen Ursachen, wobei eine (theoretische) Störungsursache dann als plausibel bezeichnet wird, wenn

sie durch eine Regel bekräftigt ist. Dazu sucht die wissensbasierte Auswerteeinheit WA in der Datenbasis zu jedem Prolog-Fact «Theoretische Ursache» ein eine Regel darstellendes Prolog-Fact, mit einem eine Fehlerursache am betreffenden Maschinenteil bejahenden oder verneinenden Ausdruck. In beiden Fällen wird zuerst die Liste der in der jeweiligen Regel enthaltenen Bedingungen abgearbeitet. Das Auffinden einer bejahenden Regel bekräftigt eine Maschinenkomponente als Verursacher, das Auffinden einer Regel mit einem verneinenden Ausdruck schliesst die jeweilige Komponente als Verursacher aus, so dass nach der Verifizierung der Regel der entsprechende Prolog-Fact «Theoretische Ursache» gelöscht wird.

Bei der Beschreibung von Fig. 1 wurde erwähnt, dass das Expertensystem ein Produktionssystem PS aufweist, welches dem Anwender eine Konsultation anbietet und insbesondere eine einen Bildschirm aufweisende Benutzer-Schnittstelle BS enthält. Die Benutzer-Schnittstelle BS, die für sämtliche Produktionssysteme einheitlich ist, präsentiert sich in erster Linie als «Dialog»-Bildschirm, der gemäss Fig. 4 vier Bereiche oder Fenster aufweist:

- Im sogenannten «Info»-Fenster IF werden erläuternde Informationen angezeigt, die den Anwender bei der Beantwortung der vom System gestellten Fragen unterstützen sollten. Diese Informationen können kurze erläuternde Texte oder Grafiken oder beides sein. In Fig. 4 enthält das «Info»-Fenster eine Grafik mit einem Haarigkeitsdiagramm.

- Im «Dialog»-Fenster DF erscheinen einerseits die Fragen an den Bediener und andererseits dessen Antworten an das System.

- Das «Menue»-Fenster MF dient zur Erleichterung der Eingabe, indem der Bediener seine Eingabe über ein Menue vornehmen kann. Nur wenn das System zur Beantwortung einer Frage kein Menue präsentiert, muss die Antwort im «Dialog»-Fenster eingegeben werden.

- Im «Antwort»-Fenster AF wird der Dialogverlauf angezeigt. Möchte man eine früher gegebene Antwort korrigieren, so kann diese im «Antwort»-Fenster AF angewählt werden und der Dialog wird ab dieser Stelle neu geführt, wobei alle bisherigen Antworten als Standardantworten in den Fenstern DF oder MF voreingestellt sind und durch Drücken einer Taste erneut eingegeben werden können.

Der in Fig. 4 dargestellte Bildschirminhalt zeigt einen Schritt eines Dialogs in einem Regelanwendungssystem PS-H (Fig. 1), welches Hilfestellung bei der Interpretation der von einer Garnprüfanlage USTER TESTER 3 (USTER – eingetragenes Warenzeichen der Zellweger Uster AG) gelieferten Berichte leistet.

Ausgangspunkt: Eine ungenügend geschulte Laborkraft erhält ein Haarigkeitsdiagramm, in welchem Mittelwerts-Sprünge auftreten, und benutzt das Expertensystem als Interpretationshilfe, wobei der nachfolgend angegebene Dialog abläuft. Bei jedem Schritt des Dialogs ist der Inhalt der Fenster des Dialog-Bildschirms angegeben; der bei der Anzeige des Menue-Fensters jeweils unterstrichene Begriff des Menues bezeichnet die Eingabe durch die Laborkraft.

1. Schritt

IF: USTER EXPERT gibt Ihnen Hilfestellung bei der Interpretation der Berichte vom Prüfgerät USTER TESTER 3.

DF: Welcher Bericht soll interpretiert werden?

MF: Diagramm, Längenvariation, Spektrogramm, Protokoll

2. Schritt

IF: Mit dem USTER TESTER können Sie Masse-schwankungen, die Haarigkeit oder die Drehung prüfen.

DF: Welche Garneigenschaften soll interpretiert werden?

MF: Haarigkeit, Masse, Drehung

AF: Welcher Bericht soll interpretiert werden?

Diagramm

3. Schritt

IF: Hier gibt es 2 Möglichkeiten

- EXPERT hilft Ihnen bei der Erstellung der Diagnose für einen speziellen Garnfehler.

- Erklärung der Grundlagen zu Haarigkeit und Haarigkeitsschwankungen

DF: Welche Information benötigen Sie?

MF: Interpretation eines speziellen Fehlers

Allgemeine Hinweise über das Messprinzip

AF: Welcher Bericht soll interpretiert werden?

Diagramm

Welche Garneigenschaft soll interpretiert werden?

Haarigkeit

4. Schritt siehe Fig. 4

(Dieser Schritt kann auch automatisch erfolgen, indem das System den Mittelwertsprung selbständig erkennt, so dass an den Benutzer keine Frage gestellt werden muss.)

5. Schritt

IF: keine

DF: Prüfling

MF: Kops, Kreuzspule, Vorgarn, Zwirn

AF: Welcher Bericht soll interpretiert werden?

Diagramm

Welche Garneigenschaft soll interpretiert werden?

Haarigkeit

Welche Information benötigen Sie?

Interpretation eines speziellen Fehlers

Zeigt Ihr Diagramm solche Mittelwerts-Sprünge?

ja

6. Schritt

IF: keine Anzeige

DF: Spinnsystem?

MF: Ring gekämmt, Ring kardiert, Rotor gekämmt, Rotor kardiert, Kammgarn

AF: Welche Garneigenschaft soll interpretiert werden?

Haarigkeit
 Welche Information benötigen Sie?
 Interpretation eines speziellen Fehlers
 Zeigt Ihr Diagramm solche Mittelwerts-Sprünge?
 ja
 Prüfling?
 Kreuzspule

7. Schritt

IF: Anzeige einer Kurve mit Mittelwerts-Sprüngen und einer Linie, die die Kopslänge angibt

DF: In welchem Abstand erfolgen die Mittelwerts-Sprünge?

MF: wie in der Grafik bei der Kopslänge in kürzeren Abständen

AF: Welche Information benötigen Sie?

Interpretation eines speziellen Fehlers

Zeigt Ihr Diagramm solche Mittelwerts-Sprünge?

ja

Prüfling?

Kreuzspule

Spinnsystem

Ring kardiert

8. und letzter Schritt siehe Fig. 5

Zur besseren Darstellung der Aussagen oder Diagnosen stehen umfangreiche Textdateien und/oder Grafiken zur Verfügung, welche nicht an das Format des «Info»-Fensters gebunden sind. Der konkrete Ablauf eines Dialogs samt den zugehörigen Anzeigen ist einerseits durch die Regeln festgelegt, welche zuvor mit dem Wissenseditor KM (Fig. 1) eingegeben worden waren, und andererseits durch die Daten und Antworten auf die Fragen des Systems.

Wie sich dem wiedergegebenen Dialog unschwer entnehmen lässt, ist das Produktionssystem PS-H primär auf die Anwendung von Regeln spezialisiert und kann daher beispielsweise eine Art von Handbuchfunktionen erfüllen, wobei der Inhalt des Handbuchs für den Aufbau der Wissensbasis WB hierarchisch in Form eines Entscheidungsbaumes strukturiert werden muss. So kann man beispielsweise das Handbuch in Kapitel, Subkapitel, usw. einteilen und durch gezielte Fragen entscheiden, in welchen Teilpfad der Bediener geführt wird. Die Regeln und die Antworten des Bedieners legen also den Verlauf einer Konsultation fest. Die Regeln geben ausserdem auch an, welche Informationen der Anwender erhält.

Das Produktionssystem PS-D ist ein Diagnosesystem, bei dem die Suchstrategie primär durch die hierarchische Struktur des zu untersuchenden Objekts, dann eventuell durch funktionale Zusammenhänge zwischen Teilsystemen und erst an letzter Stelle durch Regeln festgelegt ist.

Wird beispielsweise eine Ringspinnmaschine in Einlaufteil, Mittelteil, Auslaufteil, usw. strukturiert, dann versucht das Diagnosesystem zunächst, eine Störung auf eine dieser Baugruppen einzugrenzen, wobei auch funktionelle Zusammenhänge zwischen diesen Baugruppen (beispielsweise der Einfluss einer fehlerhaften Komponente im Auslaufteil auf den

Mittelteil) berücksichtigt werden können. Anschliessend sucht dann das System eine Stufe tiefer, indem die Aufteilung in Unterzylinder, Oberwalze, usw. betrachtet wird (siehe dazu Fig. 2).

5 Beim Produktionssystem PS-X besteht der wissensbasierte Teil im wesentlichen aus einem PS-H oder aus einem PS-D System und ist in eine konventionelle Umgebung integriert. Vor der Anwendung von Regeln und/oder der Erstellung von Diagnosen können mittels eines problemspezifischen Moduls Informationen aus der Wissensbasis mit aktuellen Daten verknüpft und damit neue, für die Regeln relevante Fakten generiert werden. Diagnose und Anleitungen (z.B. Reparaturanleitungen) werden möglichst umfassend mit Grafiken unterstützt. So werden beispielsweise Getriebepläne angezeigt und es besteht die Möglichkeit, ein einzelnes Objekt (z.B. ein Zahnrad) mit einem Pfeil zu markieren und/oder, gegebenenfalls unter Einschluss seiner Bezeichnung, farblich hervorzuheben.

20 Für den erfahrenen Anwender besteht die Möglichkeit, Ergebnisse einer Diagnose explizit zu bestätigen, zu modifizieren oder abzulehnen. Wenn beispielsweise eine periodische Störung gefunden wurde und mitsamt der Diagnose der vermutlichen Fehlerursache angezeigt wird, dann kann der Benutzer

– eine vorgeschlagene Diagnose bekräftigen,
 – eine vorgeschlagene Diagnose ablehnen,
 30 – eine neue (vom System nicht vorgeschlagene) Ursache für die Periode angeben, oder
 – die Periode als unkritisch markieren.

Die auf diese Art vom Benutzer eingegebenen Informationen beeinflussen das in der Wissensbasis gespeicherte Fachwissen und werden bei zukünftigen Auswertungen mitberücksichtigt. Dadurch wird das System zu einem lernfähigen Expertensystem.

Der Dialog kann auch in der Art ablaufen, dass das System dem Benutzer bei der Angabe eines Diagnosevorschlags die Frage stellt, ob dieser den Vorschlag akzeptieren könne und ihm für die Antwort folgendes Menue vorgibt:

– Ich weiss nicht
 – ja, sicher
 45 – ja, aber nur wenn ...
 – nein
 – nein, wenn ...

Eine weitere Möglichkeit zur Lernfähigkeit ist dadurch gegeben, dass das System die Häufigkeit der Antworten aus einem bestimmten Menue registriert und anhand der Häufigkeiten eine Gewichtung und/oder Reihung der möglichen Antworten vornimmt, wodurch die Menues übersichtlicher und bedienungsfreundlicher werden.

55 In den Fig. 6 bis 8 ist ein Praxis-Beispiel für die Diagnose von mit einem USTER TESTER 3 gewonnenen Gleichmässigkeitsspektrogrammen dargestellt: Fig. 6 zeigt die auf einem Bild dargestellten Spektrogramme von 10 verschiedenen Proben (siehe dazu die EP-A 249 741). Man sieht, dass die Proben 3, 7 und 9 einen periodischen Fehler (1. Fehler) bei einer Wellenlänge von 271 mm und die Proben 5 und 10 einen solchen (2. Fehler) bei 1,89 m aufweisen.

65 Fig. 7 zeigt die Spektrogramm-Diagnose mit den

beiden Fehlern, der Anzahl der jeweiligen fehlerhaften Kanäle (beim 1. Fehler sind es drei Kanäle und beim 2. Fehler ist es ein Kanal), mit dem CV%-Anstieg, den Anteil der fehlerhaften Proben in % und mit der Nummer der fehlerhaften Proben. Für den 1. Fehler wird basierend auf einer USTER EXPERT-Regel (Nr. 6) als Fehlerursache «Flyervibrationen» ermittelt und für den 2. Fehler sind zwei mögliche Ursachen angegeben:

– Vorverzugswechsel Getriebe Mittel-Unterzylinder Mittelteil Ringspinnmaschine: gt

Mittel-Unterzylinder Mittelteil Ringspinnmaschine: d
(Der Buchstabe d bei der zweiten Ursache steht für «Durchmesser» und gt bei der ersten Ursache steht für «Getriebe»).

Um entscheiden zu können, welche der beiden Ursachen zutrifft, stellt das System anschliessend die Frage, ob der Fehler bei mehreren Proben auftritt. Auf die Antwort ja (es liegen ja zwei fehlerhafte Proben vor) entscheidet sich das System für die zweite Ursache. Dies deswegen, weil sich ein Fehler im Vorverzugs-Wechsel auf mehrere Proben auswirken muss, ein Fehler im Mittel-Unterzylinder hingegen nicht.

Zur besseren Veranschaulichung zeigt dann USTER EXPERT zusätzlich als Hilfestellung den in Fig. 8 ausschnittsweise dargestellten Maschinenplan, in dem die fehlerhafte Stelle deutlich sichtbar bezeichnet ist: In einem mit Farbe markierten Kästchen steht (vw) für Vorverzugs-Wechsel im Getriebe der Ringspinnmaschine.

Da das in den Fig. 6 bis 8 dargestellte Beispiel ein Fall aus der Praxis ist, konnte die Diagnose des Systems überprüft werden. Eine Rücksprache mit dem Ringspinnmeister hat ergeben, dass an der fraglichen Maschine der Vorverzugs-Wechsel zu Wartungszwecken ausgefahren und nachträglich nicht mehr vorschriftsgemäss retournesetzt worden war.

Wie gezeigt wurde, ermittelt das System die Kamme im Spektrogramm automatisch, benötigt also keine Hinweise der Bedienungsperson, dass ein Fehler vorliegt. Man kann nun, wenn das System ein ausreichendes Fachwissen aufgebaut hat, den Automatisierungsgrad weiter erhöhen, indem man den Dialog automatisch ablaufen lässt, was insofern keine Schwierigkeiten bietet, als ja das System über die meisten Informationen selbst verfügt. So weiss das System im gerade beschriebenen Fall selbst, dass der Fehler bei mehr als einer Probe auftritt. Diese Automatisierung hat sich in der betrieblichen Praxis als besonders vorteilhaft erwiesen.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Erstellung einer Störungsdiagnose an Produktionsmaschinen anhand einer wissensbasierten Auswertung von die Qualität der hergestellten Produkte repräsentierenden Signalen, mit einer das für die Auswertung erforderliche Fachwissen enthaltenden Wissensbasis, mit zum Zugriff auf diese vorgesehenen Software-Einheiten, und mit einer Benutzer-Schnittstelle, dadurch gekennzeichnet, dass die Wissensbasis (WB) eine Beschreibung der

zur betreffenden Produktionsmaschine gehörenden Maschinenteile mittels einer in Form einer Baumstruktur gegliederten Komponentenhierarchie aufweist, in welcher jedes Objekt durch einen Knoten in der Baumstruktur beschrieben und durch einen beim jeweiligen Knoten beginnenden Pfadnamen adressierbar, und in welcher jeder abhängige Knoten von genau einem übergeordneten Knoten abhängig ist.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass den genannten adressierbaren Knoten Werte oder Attribute, beispielsweise Dimensionen oder Zustände, zugeordnet sind.

3. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Wissensbasis (WB) eine Sammlung von Regeln enthält, in welchen über den Pfadnamen auf die Komponenten Bezug genommen werden kann, und welche jeweils eine Mehrzahl von Bedingungen und eine einzige Konsequenz enthalten.

4. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Wissensbasis (WB) Relationen enthält, welche gerichtete und mit einem Attribut versehene Verbindungen zwischen einzelnen Knoten darstellen und mechanische oder funktionale Verbindungen zwischen den durch die jeweiligen Knoten beschriebenen Objekten beschreiben.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, gekennzeichnet durch ein Lernverfahren, durch welches mittels eines via die Benutzer-Schnittstelle (BS) fuhrbaren Dialogs mit einer Bedienungsperson Daten der Wissensbasis in die Wissensbasis (WB) eintragbar oder in dieser löschar sind.

6. Anwendung des Verfahrens nach Anspruch 1 an Textilmaschinen für die Produktion von Faser- oder Filamentverbänden, dadurch gekennzeichnet, dass die die Qualität der hergestellten Produkte repräsentierenden Signale durch bei der Untersuchung von Parametern der Faser- oder Filamentverbände gewonnene Spektrogramme gebildet sind, dass eine erste Auswerteeinheit (NA) zur Detektion von charakteristischen Abweichungen der Spektrogramme vorgesehen ist, welche für jede derartige Abweichung einen sogenannten Störungsdeskriptor (SD) generiert, und dass eine zweite Auswerteeinheit (WA) vorgesehen ist, welche für jeden Störungsdeskriptor anhand der Wissensbasis (WB) mögliche Störungsursachen ermittelt.

7. Anwendung nach Anspruch 6 an einer Textilmaschine, an der der Faserverband verschiedenen Verzügen unterworfen ist, dadurch gekennzeichnet, dass der Vorverzug unmittelbar und der Gesamtverzug nach seiner rechnerischen Ableitung aus der Feinheit des Vorgarns und der Garnfeinheit in die Wissensbasis (WB) eingetragen wird.

8. Anwendung nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass zu jeder Maschinenkomponente, welche im Faserverband eine periodische Schwankung der untersuchten Parameter hervorruft, die Wellenlänge dieser Schwankung berechnet und in die Wissensbasis (WB) eingetragen wird.

9. Anwendung nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass die gesuchte Wellenlänge der Schwankung durch Multiplikation der Wellenlänge

am Ort der jeweiligen Maschinenkomponente mit der Gesamtheit der Verzüge zwischen dem Ort der Maschinenkomponente und der Entnahmestelle der Probe berechnet wird.

10. Anwendung nach einem der Ansprüche 7 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass in der ersten Auswerteeinheit (NA) die durch eine Störung hervorgerufene Erhöhung des Variationskoeffizienten des untersuchten Parameters berechnet und mit einem vorgegebenen Grenzwert verglichen und dass bei Überschreiten dieses Grenzwertes ein Störungsdeskriptor (SD) generiert wird.

11. Anwendung nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass der Störungsdeskriptor (SD) Angaben über den Wellenlängenbereich der Überschreitung, über die Erhöhung des Variationskoeffizienten über die Anzahl von Kanälen enthält, über die sich die genannte Erhöhung erstreckt.

12. Anwendung nach den Ansprüchen 9 und 11, dadurch gekennzeichnet, dass bei Generierung eines Störungsdeskriptors (SD) dessen Wellenlängenbereich eine in der Wissensbasis (WB) enthaltene gesuchte Wellenlänge umfasst, von der zweiten Auswerteeinheit (WA) die Hypothese aufgestellt wird, dass die dieser gesuchten Wellenlänge zugeordnete Maschinenkomponente Verursacher der durch den Störungsdeskriptor beschriebenen Störung ist.

13. Anwendung nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, dass diejenigen hypothetischen Störungsursachen, die durch eine Regel bekräftigt werden, als plausibel klassiert und auf der Benutzer-Schnittstelle (BS) angezeigt werden.

14. Anwendung nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, dass die Benutzer-Schnittstelle (BS) einen Dialog-Bildschirm aufweist, auf dem unter anderem die plausiblen Störungsursachen angezeigt werden, und dass der Benutzer die Möglichkeit besitzt, angezeigte Störungsursachen zu bekräftigen oder zu verwerfen.

15. Anwendung nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, dass der Dialog-Bildschirm ein erstes Fenster (IF) zur Anzeige erläuternder Informationen, ein zweites Fenster (DF) für Fragen an den Bediener und für dessen Antworten an das System, ein drittes Fenster (MF) zur Anzeige eines Menues zur Erleichterung der Eingabe und ein viertes Fenster (AF) zur Anzeige des Dialogverlaufs aufweist.

16. Anwendung nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, dass vom Benutzer verworfene Störungsursachen in der Wissensbasis (WB) gelöscht und vom Benutzer bekräftigte Störungsursachen von der zweiten Auswerteeinheit stärker gewichtet werden.

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

8

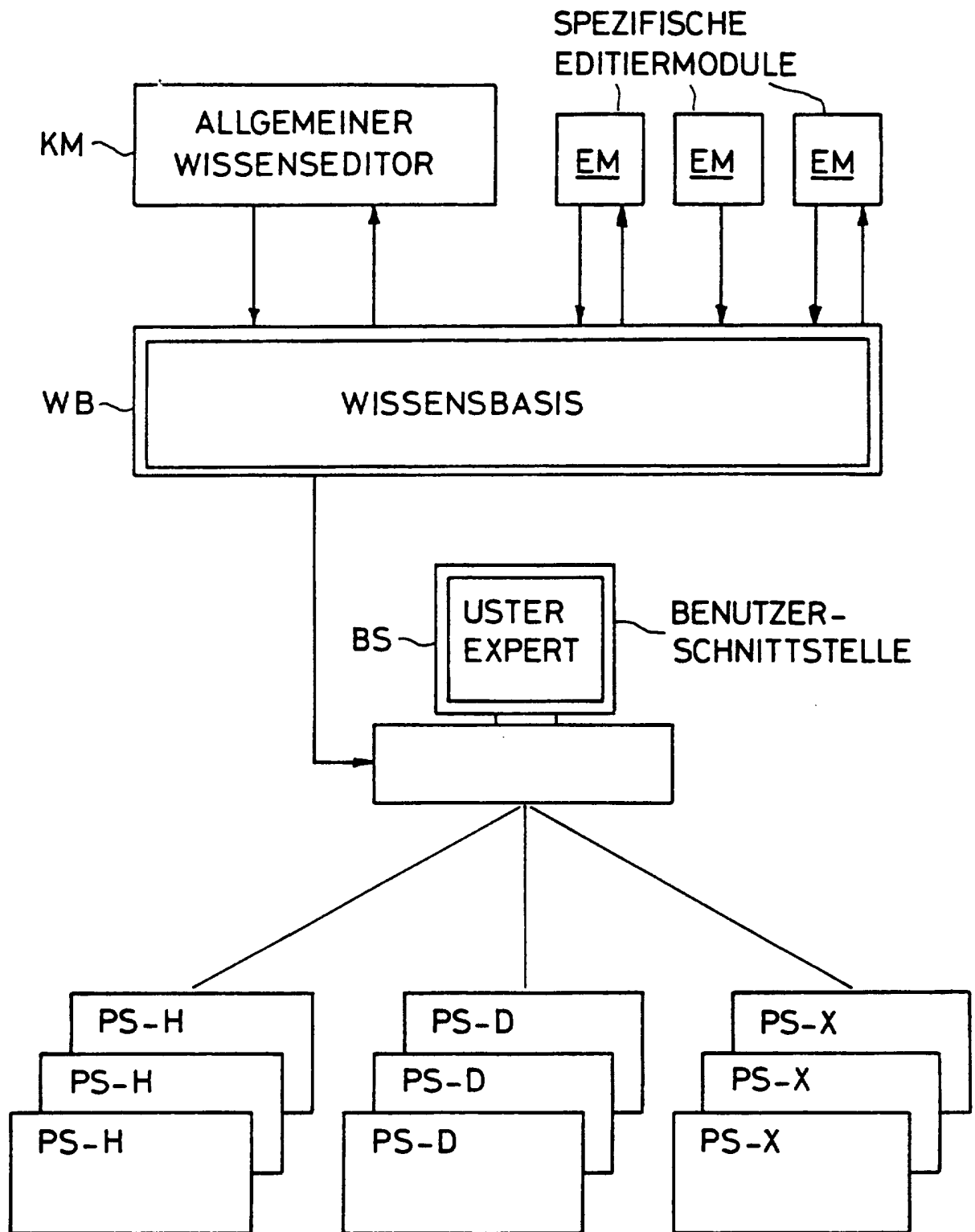
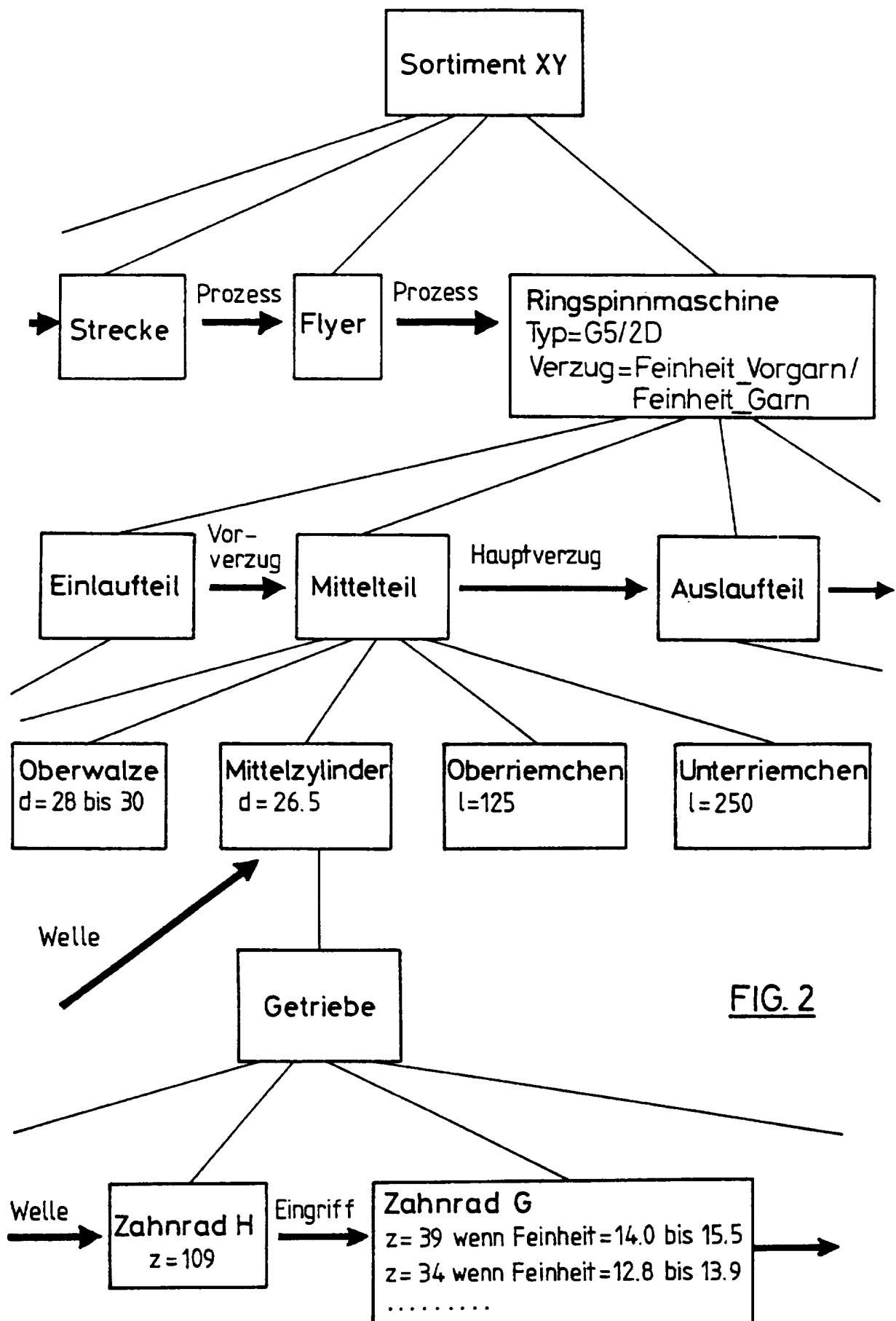


FIG.1



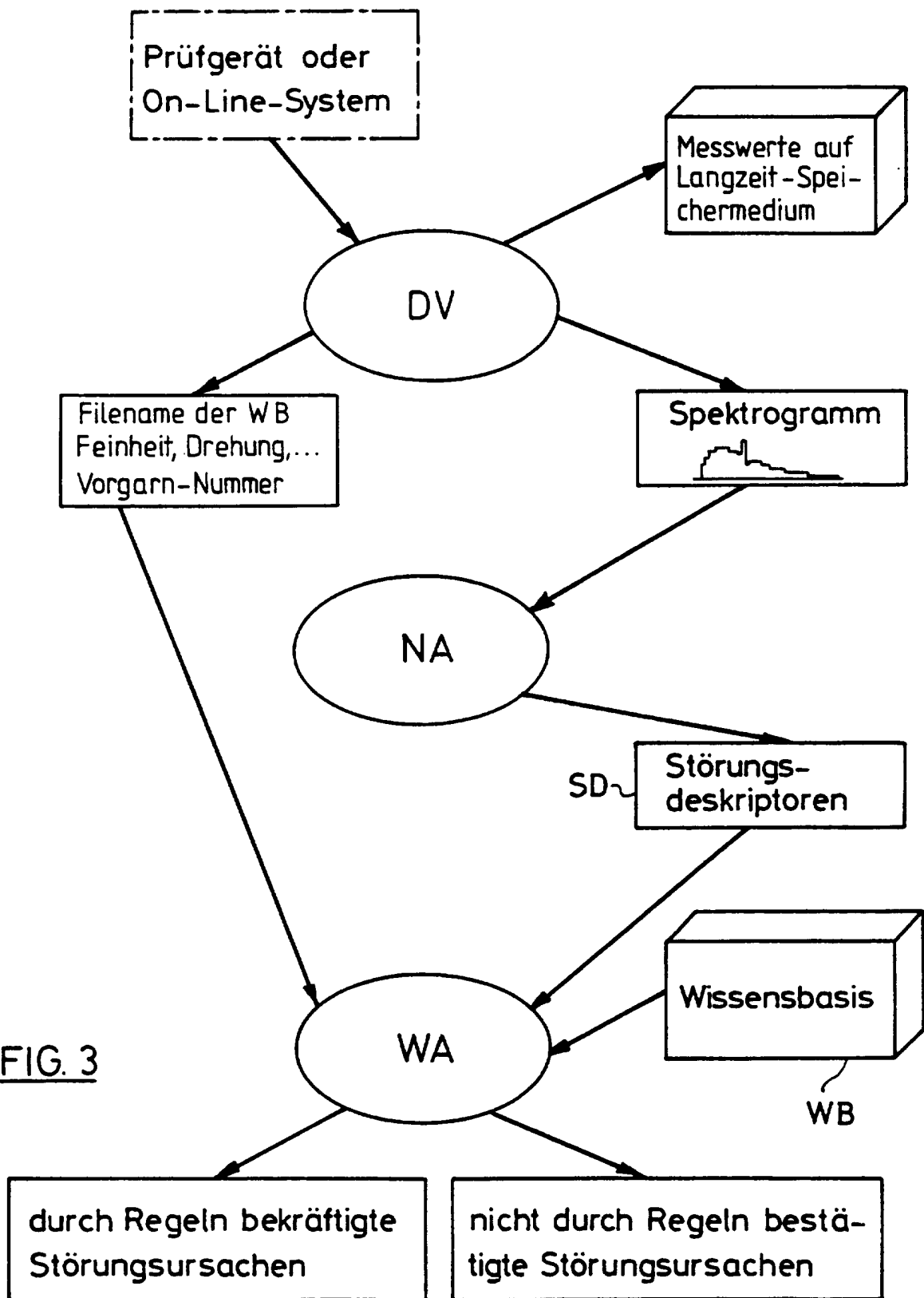


FIG. 3

The diagram illustrates the architecture of a dialogue system, showing the interaction between three main components: the User, the Dialogue Expert, and the Dialogue Manager.

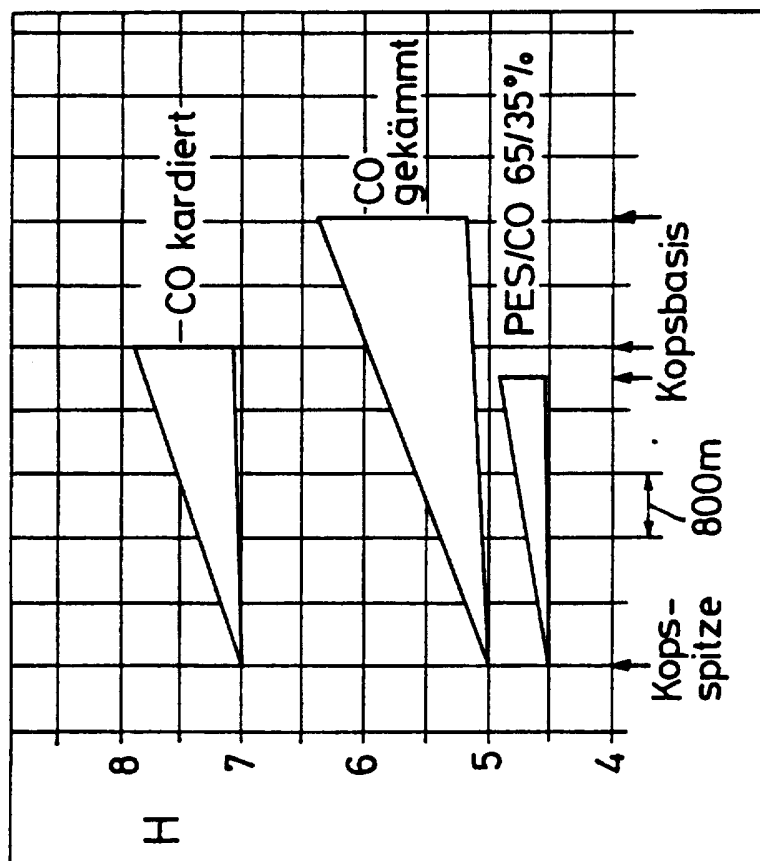
- User (USTER EXPERT):** The user initiates the dialogue by providing input to the Dialogue Manager.
- Dialogue Manager (DIALOG):** This component manages the flow of the dialogue. It receives input from the User and the Dialogue Expert, and sends output to the User and the Dialogue Expert.
- Dialogue Expert (DIALOG EXPERT):** This component provides domain-specific knowledge to the Dialogue Manager. It receives input from the Dialogue Manager and sends output to the Dialogue Manager.

The diagram shows the flow of information between these components, with the Dialogue Manager acting as the central hub for the dialogue process.

FIG. 4

MASTER EXPERT

DIALOG



Durch die Veränderung der Fadenspannung und Ballonbildung während des Kopsaufbaus bei Ringspinnmaschinen entstehen häufig unterschiedliche Haarigkeiten an Kopsbasis und an Kopsspitze. Die Zunahme der Haarigkeit verläuft nicht immer linear, sondern steigt oft gegen die Kopsbasis viel steiler an. Die Veränderung der Haarigkeit wird vor allem durch Ballonführung, Ringläufer, Drehzahl und andere Faktoren der Spinnmaschine beeinflusst.

EXPERT - Konsultation beendet !

FIG. 5

USTER EXPERT

UT3 - Prüfung

Nr. 00369 26.08.91 07:57 Nec 50.00 rs 149

Masc/149/Spld. 5.53.101.149.197.485.533.581.629.

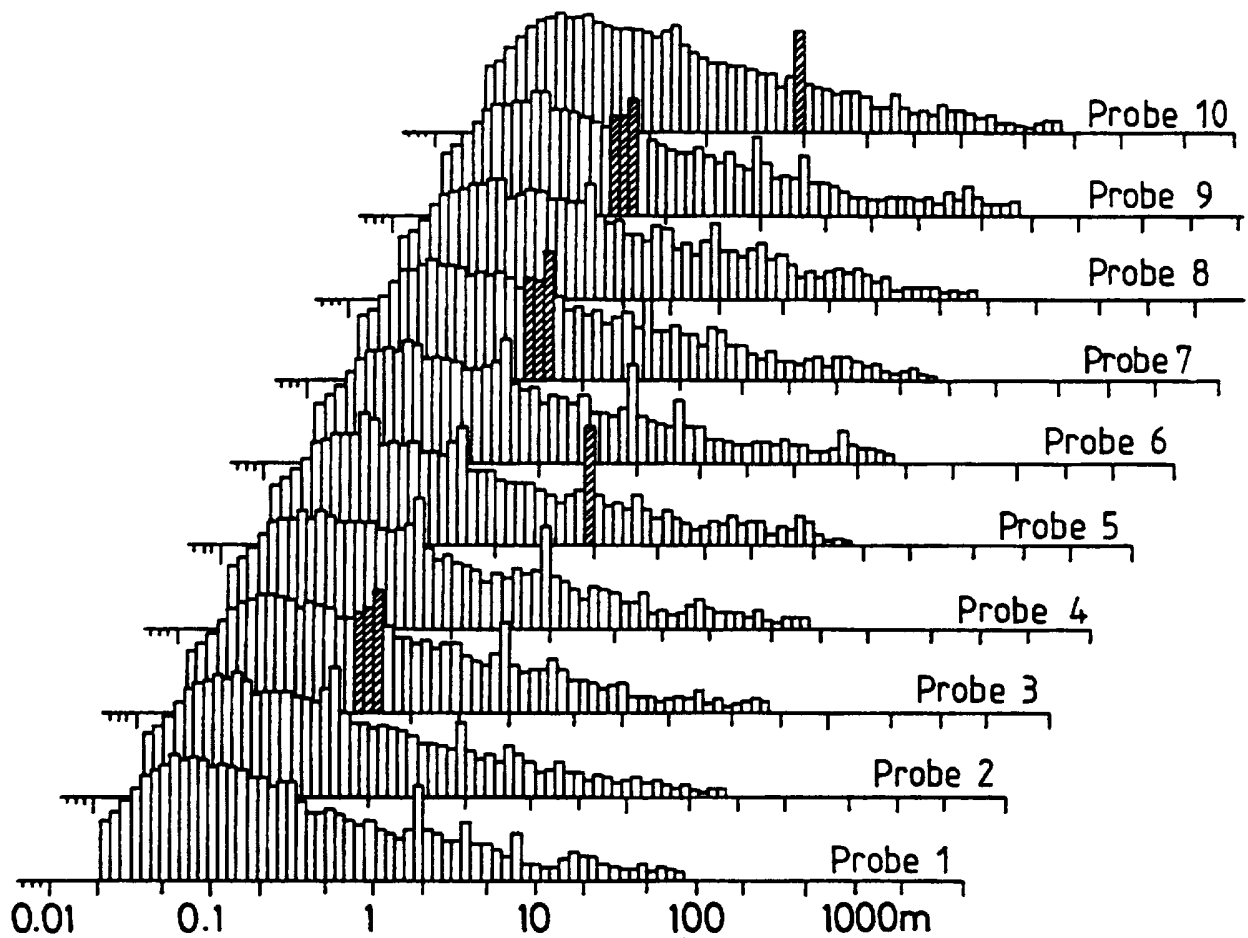


FIG. 6

USTER EXPERTSpektrogramm - Diagnose

Nr.00369 26.08.91 07:57 Nec 50.00 rs 149

Masc/149/Spld. 5.53.101.149.197.485.533.581.629.

271 mm 3 Kanäle CV-Aenderung 0.27% 30% der Proben
 Probe 3; Probe 7; Probe 9;

Getriebe Auslauf-Unterzylinder Auslaufteil Flyer : 1
 (Flyervibrationen nach Regel 6)

1.89 m 1 Kanal CV-Aenderung 0.21% 20% der Proben
 Probe 5; Probe 10;

Vorverzugswechsel Getriebe Mittel-Unterzylinder
 Mittelteil Ringspinnmaschine : gt

Mittel-Unterzylinder Mittelteil Ringspinnmaschine : d

FIG. 7USTER EXPERTMaschinenplan

Nr.00369 26.08.91 07:57 Nec 50.00 rs 149

Masc/149/Spld. 5.53.101.149.197.485.533.581.629.

RINGSPINNM.
G5/2

