



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 601 13 073 T2** 2006.08.31

(12) **Übersetzung der europäischen Patentschrift**

(97) **EP 1 264 221 B1**

(51) Int Cl.⁸: **G05B 1/00** (2006.01)

(21) Deutsches Aktenzeichen: **601 13 073.1**

(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/US01/07542**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **01 920 260.5**

(87) PCT-Veröffentlichungs-Nr.: **WO 2001/069329**

(86) PCT-Anmeldetag: **09.03.2001**

(87) Veröffentlichungstag

der PCT-Anmeldung: **20.09.2001**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **11.12.2002**

(97) Veröffentlichungstag

der Patenterteilung beim EPA: **31.08.2005**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **31.08.2006**

(30) Unionspriorität:

188565 P 10.03.2000 US

188590 P 10.03.2000 US

188591 P 10.03.2000 US

(84) Benannte Vertragsstaaten:

**AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT,
LI, LU, MC, NL, PT, SE, TR**

(73) Patentinhaber:

Smiths Detection Inc., Pasadena, Calif., US

(72) Erfinder:

**HSIUNG, B., Chang-Meng, Irvine, US; MUNOZ,
Bethsabeth, Vista, US; ROY, Kumar, Ajoy,
Redwood City, US; STEINTHAL, Gregory, Michael,
Los Angeles, US; SUNSHINE, A., Steven,
Pasadena, US; VICIC, Allen, Michael, Pasadena,
US; ZHANG, Shou-Hua, Arcadia, US**

(74) Vertreter:

**Manitz, Finsterwald & Partner GbR, 80336
München**

(54) Bezeichnung: **STEUERUNG FÜR EINEN INDUSTRIELLEN PROZES MIT EINER ODER MEHREREN MULTIDIMENSIONALEN VARIABLEN**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99 (1) Europäisches Patentübereinkommen).

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patent- und Markenamt inhaltlich nicht geprüft.

Beschreibung

HINTERGRUND DER ERFINDUNG

[0001] Die Erfindung betrifft allgemein die Verarbeitung von Information oder Daten über ein Netzwerk von Computern. Ein System gemäß den Oberbegriffen der Ansprüche 1 und 43 ist aus der WO 9 839 718 A bekannt. Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung betreffen Verfahren zum Überwachen und/oder Steuern komplexer Prozesse durch Vergleichen des aktuellen Zustands eines ersten Prozesses mit aktuellen, historischen und/oder vorhergesagten Zuständen des ersten Prozesses oder eines zweiten Prozess unter Verwendung statistischer, struktureller oder physikalischer Modelle. Weitere Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung stellen ein System mit einem Computercode zum Überwachen oder Steuern oder sowohl Überwachen als auch Steuern eines Prozesses unter Verwendung multidimensionaler Daten in einer handelsüblichen Einstellung bereit. Die multidimensionalen Daten können unter anderem intrinsische Information wie z. B. Temperatur, Acidität, chemische Zusammensetzung und Farbe wie auch extrinsische Information wie z. B. Herkunft und Alter umfassen. Die multidimensionalen Daten können auch symbolische Daten, die primär visueller Natur sind und nicht einfach einer traditionellen Quantifizierung zugänglich sind, umfassen. Lediglich beispielhaft ist die vorliegende Erfindung unten stehend in Verbindung mit einem industriellen Herstellungsprozess beschrieben, es wird aber einzusehen sein, dass die Erfindung einen viel weiteren Anwendungsbereich aufweist. Die Erfindung kann angewendet werden, um komplexe Prozesse auf anderen Gebieten wie z. B. Chemie, Elektronik, Biologie, Gesundheitswesen, Petrochemie, Spiele, Hotel, Wirtschaft, maschinelle Bearbeitung, elektrische Gitter und dergleichen zu überwachen und zu steuern. Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung können ferner eine Prozesssteuerung in Echtzeit mit Hilfe einer netzbasierten Architektur bewerkstelligen.

[0002] Techniken und Vorrichtungen zum Aufrechterhalten einer Prozesssteuerung in komplexen Prozessen sind gut bekannt. Solche Verfahren erfordern oft ein Überwachen einzelner Parameter wie z. B. Temperatur, Druck, Strömung, Eintrittsfluideigenschaften und dergleichen. Die meisten dieser Verfahren überwachen nur einen einzigen Parameter und stellen diesen ein. Der einzige Parameter wird oft überwacht und einem Operator oder Benutzer des Prozesses durch eine elektronische Anzeige angezeigt. Zum Beispiel verwendet eine Raffinierung eines Erdölprodukts wie z. B. Öl oder Gas oft Temperaturmessungen von rohen oder Prozessfluiden wie z. B. Öl unter Verwendung von Thermoelementen. Diese Thermoelemente sind oft an kritische Prozesse angebracht wie z. B. Destillation und dergleichen und dann mit einer elektronischen Anzeige für einen Ausgang gekoppelt. Die Anzeige gibt in z. B. einer grafischen Benutzer-Schnittstellenform oder einem numerischen Wert in Celsius allgemein Signale aus, die einer Temperatur entsprechen. In den meisten einfachen Erdölraffinierungsvorgängen überwachen die Operatoren noch immer z. B. die Temperatur eines Prozesses oder von Prozessen unter Verwendung der Anzeige durch visuelle Mittel. Wenn die Temperatur einen Bereich verlässt, stellt der Operator lediglich den Prozess ein. In fortgeschritteneren Anwendungen überwachen und steuern Prozesssteuerungen die Temperatur von Prozessen. Die Prozesscontroller verwenden oft eine proportionale Steuerung, eine abgeleitete Steuerung, eine Integralregelung oder eine Kombination aus diesen, um eine optimale Steuerung der Temperatur für den Prozess bereitzustellen. Diese Verfahren überwachen jedoch noch immer nur einen einzigen Parameter wie z. B. Temperatur und stellen solch eine Temperatur durch Rückführregelungsmittel ein.

[0003] Erdölraffinierung ist lediglich eines von vielen Beispielen industrieller Prozesse, die eine Steuerung erfordern. Weitere Beispiele umfassen Nahrungsmittelverarbeitung, chemische Produktion, Drogen- bzw. Arzneimittelherstellung, Halbleiterverarbeitung, Wasserbehandlung, Landwirtschaft, Montagevorgänge, Gesundheitswesen, elektronische Energie, Spiele, Hotel und andere wirtschaftsbezogene Gebiete. All diese Beispiele verwenden allgemein ziemlich grobe Verarbeitungsverfahren zum Einstellen komplexer Verarbeitungsvariablen wie z. B. Temperatur, Druck, Durchsatz, Geschwindigkeit und andere, jeweils einzeln, unter Verwendung einer automatischen Rückführregelung oder einer manuellen Rückführregelung. In einigen Anwendungen werden ziemlich komplexe Sensorarrays verwendet, um Prozessparameter zu überwachen. Das US-Patent Nr. 5 774 379 im Namen von Gross et al. und erteilt an die Universität von Chicago, beschreibt eine Art zum Überwachen eines industriellen oder biologischen Prozesses unter Verwendung von Sensoren. Dieser herkömmliche Ansatz vertraut auf ein Vergleichen eines gemessenen Signals mit einem Referenzsignal durch subjektive Kriterien. Diese subjektiven Kriterien wurden jedoch oft durch empirische Annäherungsverfahren bestimmt und sind nur so gut wie die Person, die über solche Kriterien entscheidet.

[0004] Bei einigen oder allen dieser Verfahren gibt es noch immer viele Einschränkungen. Zum Beispiel überwachen die meisten dieser Verfahren noch immer nur einen einzigen Parameter und stellen ihn auf einen subjektiven Referenzpunkt ein. Eine menschliche Überwachung mehrerer Parameter ist oft erforderlich, die nur so gut ist, wie der menschliche Operator. Zusätzlich können viele dieser Verfahren, wenn nicht alle, die Qualität

eines Stoffes in einem Prozess nicht überwachen. Hier können nur extrinsische Variablen wie z. B. Temperatur, Druck und dergleichen einfach überwacht werden. Es gibt einfach keinen einfachen Weg, den Stoff selbst zu überwachen, während er verarbeitet wird. Obwohl komplexe chemische Analyseverfahren verfügbar sind, um spezifische Komponenten oder Gewichte des Stoffes zu bestimmen, gibt es keinen einfachen Weg, die Qualität des Stoffes zu überwachen, während er hergestellt wird. Diese und viele weitere Einschränkungen werden im Verlauf der gesamten vorliegenden Spezifizierung und im Spezielleren unten stehend beschrieben.

[0005] Aus dem Obigen ist zu ersehen, dass verbesserte Wege zum Überwachen oder Steuern eines Prozesses oder sowohl Überwachen als auch Steuern eines Prozesses sehr erwünscht sind.

ZUSAMMENFASSUNG DER ERFINDUNG

[0006] Gemäß der vorliegenden Erfindung wird ein Verfahren zum Verarbeiten von Information oder Daten über ein Netzwerk von Computern bereitgestellt, das ein System zum Überwachen oder Steuern eines Prozesses oder sowohl Überwachen als auch Steuern eines Prozesses gemäß den Ansprüchen 1 und 43 bereitstellt.

[0007] Viele Vorteile werden mit Hilfe der vorliegenden Erfindung gegenüber herkömmlichen Verfahren erzielt. Zum Beispiel erlauben auf Grund ihrer netzbasierten Architektur Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung ein Überwachen und/oder Steuern eines durchzuführenden Prozesses durch einen Benutzer, der sich praktisch überall befinden kann. Darüber hinaus erlauben Ausführungsformen der Erfindung ein Überwachen und Steuern eines Prozesses in Echtzeit, so dass Information über den Prozess schnell durch eine Vielfalt von Verfahren analysiert werden kann, wobei korrigierende Schritte auf Grundlage der Analyse unmittelbar ausgeführt werden können. Ferner, da die Erfindung eine Vielzahl analytischer Verfahren parallel nutzt, können die Ergebnisse dieser analytischen Verfahren Kreuzvalidiert werden, wodurch die Zuverlässigkeit und Genauigkeit der resultierenden Prozessüberwachung oder -steuerung verbessert wird. Die vorliegende Erfindung kann mit einer breiten Vielfalt von Prozessen wie z. B. solchen, die in der chemischen, biologischen, petrochemischen und Nahrungsmittelindustrie genutzt werden, verwendet werden. Die vorliegende Erfindung ist jedoch nicht auf das Steuern des Prozesses irgendeiner speziellen Industrie begrenzt und ist allgemein anwendbar, um einen beliebigen Prozess zu steuern. In Abhängigkeit von der Ausführungsform kann/können einer oder mehrere dieser Vorteile erreicht werden. Diese und weitere Vorteile werden in größerem Detail im Verlauf der gesamten vorliegenden Spezifizierung und im Spezielleren unten stehend beschrieben.

[0008] Verschiedene zusätzliche Ziele, Merkmale und Vorteile der vorliegenden Erfindung werden besser verständlich durch Bezug auf die nachfolgende/n detaillierte Beschreibung und die beiliegenden Zeichnungen.

KURZBESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

[0009] [Fig. 1](#) ist eine vereinfachte Darstellung eines Umweltinformationsanalyzesystems gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung;

[0010] [Fig. 1A](#) ist eine vereinfachte Blockdarstellung, die eine Prozessüberwachung- und -steuerung gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung zeigt;

[0011] [Fig. 2–Fig. 2A](#) sind vereinfachte Darstellungen einer Rechenvorrichtung zum Verarbeiten von Information gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung;

[0012] [Fig. 3](#) ist eine vereinfachte Darstellung von Rechenmodulen zum Verarbeiten von Information gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung;

[0013] [Fig. 3A](#) ist eine vereinfachte Darstellung, die eine Interaktion zwischen einem Prozessmanager und verschiedenen verfügbaren analytischen Verfahren zum Überwachen eines Prozesses zeigt;

[0014] [Fig. 3B](#) ist eine vereinfachte Darstellung einer Erfassungsvorrichtung zum Verarbeiten von Information gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung; und

[0015] [Fig. 4A](#) bis [Fig. 4E](#) sind vereinfachte Darstellungen von Verfahren gemäß Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung;

[0016] [Fig. 5](#) ist ein Diagramm, das Benutzer der Software zeigt.

DETAILLIERTE BESCHREIBUNG DER ERFINDUNG UND SPEZIELLER AUSFÜHRUNGSFORMEN

[0017] Die vorliegende Erfindung betrifft das Verarbeiten von Information oder Daten über ein Netzwerk von Computern. Im Spezielleren umfassen Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung Verfahren, Systeme und einen Computercode zum Überwachen oder Steuern eines Prozesses oder sowohl zum Überwachen als auch Steuern eines Prozesses.

[0018] [Fig. 1](#) ist eine vereinfachte Darstellung eines integrierten computerunterstützten Systems **100** zum Überwachen und Steuern eines Prozesses gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung. Die Darstellung ist nur ein Beispiel, das den Umfang der Ansprüche hierin nicht einschränken soll. Der Fachmann wird viele andere Variationen, Abwandlungen und Alternativen erkennen.

[0019] Wie gezeigt umfasst das System **100** eine Vielfalt von Subsystemen, die integriert und miteinander durch eine netzbasierte Architektur gekoppelt sind. Ein Beispiel solch eines Subsystems ist ein landesweites Netz **109**, das z. B. das Internet, ein Intranet oder einen anderen Typ von Netzwerk umfassen kann. Das Internet ist symbolisch als eine Wolke oder eine Ansammlung von Serverroutern, Computern und weiteren Vorrichtungen dargestellt.

[0020] Wie in dieser Patentanmeldung und in der Industrie verwendet, sind die Konzepte von „Client“ und „Server“, wie in dieser Anmeldung und in der Industrie verwendet, sehr frei definiert und sind in der Tat nicht im Hinblick auf Maschinen oder Softwareprozesse, die auf den Maschinen ausgeführt werden, fixiert. Typischerweise ist ein Server z. B. eine Maschine oder ein Prozess, die/der Information z. B. an eine/n andere/n Maschine oder Prozess, d. h. den „Client“ bereitstellt, der die Information abfragt. In dieser Hinsicht kann ein Computer oder Prozess zu einem Zeitpunkt als ein Client wirken (da er Information abfragt) und kann zu einem anderen Zeitpunkt als Server wirken (da er Information bereitstellt). Einige Computer werden durchgehend als „Server“ bezeichnet, da sie normalerweise als ein Speicher für eine große Menge an Information, die oft abgefragt wird, wirken. Zum Beispiel wird eine Webseite oft durch einen Servercomputer mit einer großen Speicherkapazität, einem Hochgeschwindigkeitsprozessor und einer Internetverbindung mit der Fähigkeit, viele Kommunikationsleitungen mit hoher Bandbreite zu bearbeiten, gehostet.

[0021] Ein landesweites Netz **109** erlaubt eine Kommunikation mit anderen Computern wie z. B. einer Clienteinheit **112**. Der Client **112** kann mit vielen verschiedenen Hardwarekomponenten ausgebildet sein und kann in verschiedenen Größen, Typen und Positionen (z. B. Laptop, Palmtop, Pen, Server, Workstation und Großrechner) hergestellt sein.

[0022] Der Server **113** ist mit dem Internet **109** gekoppelt. Die Verbindung zwischen dem Server **113** und dem Internet **109** besteht typischerweise durch ein Übertragungsmedium mit einer relativ hohen Bandbreite wie z. B. eine T1- oder T3-Leitung, kann aber auch ein anderes Medium mit einer drahtlosen Kommunikation sein. Ein Terminal **102** ist ebenfalls mit dem Server **113** verbunden. Diese Verbindung kann durch ein Netzwerk wie z. B. Ethernet, einen asynchronen Transfermodus, einen MIL-STD-1553 Bus, eine Modemverbindung, einen USB-Bus etc. bestehen. Die Kommunikationsverbindung muss nicht in Form eines Drahtes bestehen und könnte auch drahtlos unter Verwendung von Infrarot-, Funkwellenübertragung etc. sein.

[0023] Ein weiteres Subsystem des Systems **100** von [Fig. 1](#) sind die vielfältigen feldmontierten Vorrichtungen **105** in Kontakt mit einem in einer Anlage **122** befindlichen Prozess **121**. Während [Fig. 1](#) die Prozessüberwachung/-steuerung in Verbindung mit einem industriellen Prozess veranschaulicht, ist die vorliegende Erfindung nicht auf solch eine Anwendung beschränkt. Andere Arten von komplexen Prozessen wie z. B. medizinische Diagnoseverfahren könnten ebenfalls in Übereinstimmung mit Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung überwacht und/oder gesteuert werden.

[0024] Feldmontierte Vorrichtungen **105** können u. a. Sensoren, Sender, Aktuatoren, Multifunktionsvorrichtungen oder RTUs umfassen. Wie in [Fig. 1](#) gezeigt können feldmontierte Vorrichtungen **105** durch eine Vorrichtung wie z. B. einen programmierbaren Logikcontroller (PLC) **115** gesteuert werden. Feldmontierte Vorrichtungen **105** sind allgemein mit einem Supervisory Control Data Acquisition (SCADA-) System **129** gekoppelt. Das SCADA-System **129** erlaubt ein/e Steuerung, Analyse, Überwachung, Speicherung und Management des Informationsflusses zwischen den Systemen auf der Feldebene und der Steuerebene eines Unternehmens. Dies stellt sicher, dass die dezentralisierten E/A-Module und die Maschinencontroller mit den Bürocomputern auf der Steuerebene verbunden sind. Komponenten zum Steuern, Analysieren und Überwachen. Ein spezieller Prozess kann mehr als ein SCADA-System zu einem Zeitpunkt nutzen.

[0025] [Fig. 1](#) zeigt auch, dass eine feldmontierte Vorrichtung **105** direkt unter Umgehung des SCADA **129** und weiterer gemeinsamer Schnittstellen insgesamt mit dem Internet **109** verbunden sein kann. Solch eine Anordnung wird zunehmend vorherrschend werden, wenn die Verwendung von netzaktivierten Vorrichtungen (Vorrichtungen, die gewidmete Hardware-/Softwareschnittstellen umfassen) zunimmt. Und während [Fig. 1](#) eine drahtgebundene direkte Verbindung zwischen einer feldmontierten Vorrichtung und dem Internet zeigt, können solche netzaktivierte Vorrichtungen alternativ durch drahtlose Technologie direkt mit dem Internet kommunizieren.

[0026] [Fig. 1](#) zeigt ferner, dass eine feldmontierte Vorrichtung **105** mit einem Laptop-Clientcomputer **112** gekoppelt sein kann, der seinerseits in Kommunikation mit dem Internet **109** steht. Diese letztgenannte Konfiguration ist besonders dort nützlich, wo eine spezielle feldmontierte Vorrichtung nicht permanent mit dem Prozess über das SCADA-System **129** verbunden ist, sondern stattdessen zu dem Prozess **121** transportiert und durch einen Techniker **111** für spezialisierte Diagnose- oder Steuerzwecke vorübergehend installiert wird.

[0027] Feldmontierte Vorrichtungen **105** können in Abhängigkeit von der Anwendung gleich sein oder sich auch unterscheiden. Ein Beispiel einer feldmontierten Vorrichtung ist ein Erfassungselement zum Erfassen von Geruchsinformation von fluidischen Stoffen wie z. B. Flüssigkeit, Dampf, Flüssigkeit/Dampf. Sobald die Information durch die feldmontierte Vorrichtung **105** erfasst ist, kann die Vorrichtung **105** die Information für Verarbeitungszwecke zu dem Server **113** übertragen. In einem Aspekt der vorliegenden Erfindung wird der Prozess **121** unter Verwendung von Information, die multidimensionale Daten umfasst, überwacht und gesteuert. Details der Verarbeitungshardware sind unten stehend gezeigt und durch die Fig. veranschaulicht.

[0028] Eine Datenbank **106** ist mit dem Server **113** verbunden. Die Datenbank **106** umfasst Information, die nützlich für Prozesssteuerungs- und Überwachungsfunktionen ist. Zum Beispiel kann die Datenbank **106** Informationen bezüglich des Prozesses **121** speichern, die sie von den feldmontierten Vorrichtungen **105** empfängt. Die Datenbank **106** kann auch eine Bibliothek von verschiedenen Algorithmen oder Modellen umfassen, die verwendet werden können, um industrielle Prozesse **121** zu überwachen und zu steuern. Alternativ kann solch eine Bibliothek von Algorithmen oder Modellen auf dem Server resident **113** sein.

[0029] In Übereinstimmung mit Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung kann das Produkt einer Anwendung eines spezifischen Algorithmus oder Modells auf den Prozess **121** durch Vergleichen des Anwendungsergebnisses anderer Algorithmen oder Modelle mit den selben Daten intern Kreuzvalidiert werden. Beispiele von speziellen Algorithmen und Modellen und deren Rolle in Prozesssteuerungs-/überwachungsverfahren und -systemen in Übereinstimmung mit Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung sind unten stehend erschöpfender beschrieben.

[0030] [Fig. 1](#) zeigt auch, dass das Internet **109** mit einem oder mehreren externen System/en **125** verbunden ist. Beispiele für solche externe Systeme umfassen Enterprise Resource Planning (ERP-) Systeme und Laborinformationsmanagementsysteme (LIMS). Das externe System **125** könnte auch ein Duplikat oder ein Schwesterprozess des Prozesses **121** sein, so dass der Zustand eines Prozesses **121** durch Vergleich mit den Ergebnissen des zweiten Prozesses extern validiert werden kann.

[0031] [Fig. 1A](#) ist eine vereinfachte Blockdarstellung, die eine Prozessüberwachung- und -steuerung in Übereinstimmung mit einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung zeigt. [Fig. 1A](#) zeigt verschiedene Schichten, wo Information erfasst, verteilt und/oder verarbeitet wird.

[0032] Der untere Abschnitt **150** von [Fig. 1A](#) stellt Strukturen dar, die allgemein nahe dem physischen Ort des Prozesses selbst wie z. B. in der Herstellungsanlage angeordnet sind. Die unterste Schicht des Abschnitts **150** stellt die feldmontierten Vorrichtungen **105** wie z. B. RTUs, Sensoren, Aktuatoren und Multifunktionsvorrichtungen in direktem Kontakt mit dem Prozess dar. Die nächste Schicht stellt Logikvorrichtungen **115** wie z. B. programmierbare Logikcontroller (PLC), die Signale von den feldmontierten Vorrichtungen **105** empfangen und an diese übertragen, dar. Die nächste Schicht von [Fig. 1](#) stellt Kommunikationsstrukturen **152** wie z. B. Busse, landesweite Netze (WAN) oder lokale Netze (LAN), die eine Kommunikation unter Verwendung von TCP/IP-Protokollen von durch die feldmontierten Vorrichtungen **105** erfassten Daten zu einem zentralisierten Ort ermöglichen, dar. Der zentralisierte Ort ist durch die nächste Schicht als Structured Query Language (SQL)- oder OPC- (OLE zur Prozesssteuerung, wobei OLE Objekte verknüpft und einbettet) Server **154** dargestellt. Der Server **154** umfasst eine Schnittstelle mit einer Datenbank **156**, die verwendet wird, um z. B. archivierte Prozessdaten zu speichern, und umfasst typischerweise auch eine Benutzer-Schnittstelle **158**. Die Benutzer-Schnittstelle kann ein direktes Mensch-Maschine-Schnittstelle (MMI) sein oder wie vorstehend beschrieben die Form eines SCADA-Systems aufweisen.

[0033] Die feldmontierten Vorrichtungen **105**, Logikvorrichtungen **115**, Kommunikationsstrukturen **152** und der Server **154** stehen jeweils in Kommunikation mit der Hardwareschnittstelle **160**, die wiederum in Kommunikation mit der Softwareschnittstelle **162** steht. Die Softwareschnittstelle **162** verbindet den unteren Abschnitt **150** von [Fig. 1A](#) mit einem mittleren Abschnitt **165** von [Fig. 1A](#).

[0034] Der mittlere Abschnitt **165** stellt Prozesssteuerungs- und -überwachungsprozesse in Übereinstimmung mit Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung dar. Ein Eingangsmodul umfasst eine Softwareschnittstelle **162**, die Information von der herkömmlichen Verarbeitungsanlage zu einer Vielzahl von Prozessen für Operationen und Analysen koppelt. Wie dem Fachmann bekannt, kann die Softwareschnittstelle **162** die Form verschiedener Standards umfassend Open DataBase Connectivity (ODBC)- oder Dynamic Data Exchange (DDE)-Standards annehmen. Die Softwareschnittstelle **162** ist wiederum mit dem Server **166** gekoppelt, und erhält sowohl Eingänge als auch Ausgänge der Prozesssteuerung über eine netzbasierte Kommunikation zugänglich. Im Speziellen können Daten aus dem Prozess über das Internet abgefragt werden und ein Benutzer kann über die das Internet nutzende Browsersoftware auf Ausgänge aus dem System zugreifen.

[0035] In der nächsten Schicht **167** werden die von dem Server **166** empfangenen Daten synchronisiert, um eine systematische Assimilation für Überwachungs- und Steuerungszwecke zuzulassen. In der nächsten Schicht **168** werden die assimilierten Daten überprüft und unter Verwendung einer Vielfalt von Verfahren umfassend statistische/numerische Algorithmen und Tools **168**, Expertensysteme **170** und andere verarbeitet. Diese Prozesse umfassen auch eine Modellerstellung **176**, um ein Verhalten des Prozesses genau vorherzusagen, und eine Modellüberwachung **178** auf Grundlage von Eingängen, die von der Anlage empfangen werden.

[0036] Eine gemeinsame Schnittstelle **172** ist Teil eines Ausgangsmoduls, das die Analyseprozesse des mittleren Abschnitts **165** mit ausgewählten älteren Systemen, die in dem oberen Abschnitt **180** von [Fig. 1A](#) gezeigt sind, koppelt. Solche ältere Systeme umfassen Datenbanken **182**, Anzeigesysteme **184** für Töne/Alarmer und Desktopanwendungen **185**. Ältere Systeme können auch Enterprise Resource Planning (ERP) und andere e-Enterprise-Systeme **186** wie auch Supply Chain Management (Lieferkettenmanagement = SCM)-Systeme umfassen. Die älteren Systeme können ferner gleichungsbasierte Modelle **188** zum Vorhersagen eines Prozessverhaltens auf Basis physikalischer Gesetze umfassen.

[0037] [Fig. 1A](#) veranschaulicht verschiedene Aspekte einer Prozessüberwachung und/oder -steuerung in Übereinstimmung mit Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung. Zum Beispiel kann eine Prozessmodellierung und -steuerung unter Verwendung einer netzbasierten Architektur implementiert werden. Statistische Verfahren, Expertensysteme und Algorithmen, die verwendet werden, um den Prozess zu überwachen und zu steuern, müssen nicht in der Anlage vor Ort sein, sondern können Information von der Anlage über das Netz empfangen. Dies lässt zu, dass der Benutzer von im Wesentlichen jedem physischen Ort aus Prozessparameter überwacht und steuert, insbesondere mit dem gegebenen Aufkommen drahtloser Kommunikation.

[0038] In bestimmten Ausführungsformen von Systemen in Übereinstimmung mit der vorliegenden Erfindung können Algorithmen, Modelle und die Ergebnisse einer Anwendung von Algorithmen und Modellen zum Verarbeiten von Daten alle resident oder durch einen gemeinsamen Anwendungsserver zugänglich sein. Auf diese Weise kann der Benutzer aus der Ferne auf Daten und/oder Modellergebnisse von Interesse zugreifen, wobei er die Bandbreite übertragener Information, die gemäß der verfügbaren Kommunikationshardware kommuniziert wird, sorgfältig steuert. Dieser serverbasierte Ansatz vereinfacht einen Zugriff insofern, als ein Benutzer nur Zugriff auf einen einfachen Browser und nicht auf ein spezialisiertes Softwarepaket benötigt.

[0039] Ein noch weiterer Aspekt der vorliegenden Erfindung ist die Fähigkeit, einen Prozess in Echtzeit zu überwachen und zu steuern. Im Speziellen können durch die Feldebene Sensoren erfasste Daten schnell über das Internet zu dem Server kommuniziert werden, der die Anwendung von statistischen Verfahren, Expertensystemen und Algorithmen in Übereinstimmung mit Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung koordiniert. Diese Verfahren können schnell auf die Daten angewendet werden, um eine genaue Darstellung des Prozesses zu erzeugen und Empfehlungen für eine Benutzeraktion bereitzustellen.

[0040] Ein noch weiterer Aspekt der in [Fig. 1A](#) veranschaulichten vorliegenden Erfindung ist die Fähigkeit, die Autonomie einer Prozessüberwachung und/oder Steuerung von einer menschlichen Aufsicht genau zu diktieren. Im Speziellen erlaubt das System eine skalierbare Autonomie einer Prozessüberwachung und -steuerung von einem menschlichen Benutzer. An einem Ende der Skala kann ein/e menschliche/r Benutzer/in eine vertrauliche Rolle mit dem System innehaben, hereinkommende Prozessdaten sorgfältig überwachen, mögliche Interpretationen der Daten auf Grundlage von Modellen, Expertensystemen und Algorithmen betrachten

und dann auf Grundlage dieser möglichen Interpretationen einen Aktionsverlauf auf Grundlage seiner oder ihrer Erfahrung, Intuition und Beurteilung wählen. Alternativ kann die Rolle des menschlichen Benutzers weniger vertraulich sein, wobei der menschliche Operator lediglich die von dem System vorgenommenen Antworten zum Steuern des Prozesses überwacht und sich nur in außergewöhnlichen Situationen oder sogar überhaupt nicht auf die Prozesssteuerung konzentriert.

[0041] Ein weiterer Aspekt der vorliegenden Erfindung ist die Fähigkeit, Schlüsselvorinformation wirksam nach unten zu Prozessüberwachungs- und Modellierfunktionen zu übertragen. Zum Beispiel kann die vorliegende Erfindung verwendet werden, um einen Erdölraffinerieprozess zu überwachen und zu steuern. Schlüsselbetriebsparameter in solch einem Prozess würden durch Vorinformationen wie z. B. die physikalischen Eigenschaften ankommender Chargen des Rohölausgangsmaterials beeinflusst werden. Ein Beispiel eines Tests zum Messen der physikalischen Eigenschaften von Rohöl ist die Verfahrensnummer 2878 der American Society for Testing and Materials (ASTM), bei dem 22 Temperaturen gemessen werden, nachdem genau angegebene Mengen von Fluiden verdampft wurden. Die Werte dieser 22 Variablen von Charge zu Charge stellen wahrscheinlich ausreichende Informationen bereit, um geeignete Einstellpunktwerte für eine oder mehrere Temperatur/en in einem Erdölcrackprozess wie z. B. das Temperaturprofil für den ersten in einer Reihe von Reaktoren zu berechnen.

[0042] Unter Verwendung der vorliegenden Erfindung könnte das Rohöl an einem Ort entfernt von der Raffinerie (d. h., auf dem Ölfeld oder auf einem Schiff, das sich der Raffinerie nähert) gesammelt und unter Verwendung des ASTM 2878-Verfahrens analysiert und Daten von der Analyse in Echtzeit über eine netzbasierte Verbindung nach unten zu den Prozessüberwachungs- und -steuerungsfunktionalitäten kommuniziert werden. Prozessüberwachungs- und -steuerungsfunktionalitäten (d. h. Modelle, Algorithmen und/oder wissensbasierte Systeme) könnten angepasst werden, um die spezifischen Eigenschaften des ankommenden Rohöls zu berücksichtigen, und die Genauigkeit und Zuverlässigkeit der Bestimmung eines Prozesszustands sicherstellen.

[0043] Ein weiterer Aspekt der vorliegenden Erfindung ist eine parallele Verwendung einer breiten Vielfalt von Verfahren zur Prozessüberwachung und -steuerung, wobei eine erhöhte Zuverlässigkeit durch Kreuzvalidierung von Ergebnissen dieser Verfahren erhalten wird. Dieser Aspekt ist weiter in Verbindung mit den [Fig. 2–Fig. 3A](#) veranschaulicht.

[0044] [Fig. 2](#) ist eine vereinfachte Darstellung einer Rechenvorrichtung zum Verarbeiten von Information in Übereinstimmung mit einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung. Diese Darstellung ist lediglich ein Beispiel, das den Umfang der nachfolgenden Ansprüche nicht einschränken soll. Ein Fachmann würde viele weitere Variationen, Abwandlungen und Alternativen erkennen. Ausführungsformen gemäß der vorliegenden Erfindung können in einem einzigen Anwendungsprogramm wie z. B. einem Browser implementiert sein, oder können als mehrere Programme in einer verteilten Rechenumgebung wie z. B. einer Workstation, einem Personal Computer oder einem entfernten Terminal in einer Client-Server-Beziehung implementiert sein.

[0045] [Fig. 2](#) zeigt ein Computersystem **210** mit einer Anzeigevorrichtung **220**, einem Anzeigebildschirm **230**, einem Gehäuse **240**, einer Tastatur **250** und einer Maus **270**. Die Maus **270** und die Tastatur **250** sind repräsentative „Benutzereingabevorrichtungen“. Die Maus **270** umfasst Tasten **280** zum Wählen von Schaltflächen auf einer grafischen Benutzeroberflächenvorrichtung. Weitere Beispiele von Benutzereingabevorrichtungen sind ein Touch Screen, ein Lichtstift, ein Trackball, ein Datenhandschuh, ein Mikrofon usw. [Fig. 2](#) stellt nur einen Typ von System zum Ausführen der vorliegenden Erfindung dar. Es wird für den Fachmann offensichtlich sein, dass viele Systemtypen und Konfigurationen für eine Verwendung in Verbindung mit der vorliegenden Erfindung geeignet sind. In einer bevorzugten Ausführungsform umfasst das Computersystem **210** einen Computer der Pentium™-Klasse, der mit einem Windows™-NT-Betriebssystem von Microsoft Corporation läuft. Die Vorrichtung wird durch jedoch den Fachmann einfach auf andere Betriebssysteme und Architekturen angepasst, ohne von dem Umfang der vorliegenden Erfindung abzuweichen.

[0046] Wie angeführt, kann die Maus **270** eine oder mehrere Taste/n wie z. B. die Tasten **280** aufweisen. Das Gehäuse **240** enthält bekannte Computerkomponenten wie z. B. Laufwerke, einen Prozessor, eine Speichervorrichtung etc. Speichervorrichtungen umfassen, sind aber nicht beschränkt auf Laufwerke, Magnetbänder, Festkörperspeicher, Blasenspeicher etc. Das Gehäuse **240** kann zusätzliche Hardware wie z. B. Eingangs-/Ausgangs (E/A)-Schnittstellenmodule zum Verbinden des Computersystems **210** mit externen Speichern externer Vorrichtungen, anderen Computern oder zusätzlichen Peripheriegeräten, die unten stehend weiter beschrieben sind, umfassen.

[0047] [Fig. 2A](#) ist eine Veranschaulichung von Basis-Subsystemen in einem Computersystem **210** von

Fig. 2. Diese Darstellung ist nur eine Veranschaulichung und soll den Umfang der Ansprüche hierin nicht einschränken. Ein Fachmann wird andere Variationen, Abwandlungen und Alternativen erkennen. In bestimmten Ausführungsformen sind die Subsysteme über einen Systembus **275** miteinander verbunden. Zusätzliche Subsysteme wie z. B. ein Drucker **274**, eine Tastatur **278**, eine Festplatte **279**, ein Monitor **276**, der mit einem Anzeigeadapter **282** gekoppelt ist, und weitere sind gezeigt. Peripheriegeräte und Eingangs-/Ausgangs (E/A)-Vorrichtungen, die mit dem E/A-Controller **271** gekoppelt sind, können durch eine beliebige Anzahl von im Stand der Technik bekannten Mitteln wie z. B. eine serielle Schnittstelle **277** mit dem Computersystem verbunden sein. Zum Beispiel kann die serielle Schnittstelle **277** verwendet werden, um das Computersystem mit einem Modem **281** zu verbinden, das wiederum mit einem landesweiten Netz wie z. B. dem Internet, einer Mauseingabevorrichtung, oder einem Scanner verbunden ist. Die Querverbindung über einen Systembus erlaubt, dass der Zentralprozessor **273** mit jedem Subsystem kommuniziert und die Ausführung von Anweisungen von dem Systemspeicher **272** oder der Festplatte **279**, wie auch den Austausch von Information zwischen Subsystemen steuert. Weitere Anordnungen von Subsystemen und Querverbindungen sind für den Fachmann leicht erreichbar. Der Systemspeicher und die Festplatte sind Beispiele von konkreten Medien zum Speichern von Computerprogrammen, weitere Typen von konkreten Medien umfassen Floppy Disks, Wechselfestplatten, optische Speichermedien wie z. B. CD-ROMs und Barcodes und Halbleiterspeicher wie z. B. Flashspeicher, Nur-Lese-Speicher (ROM) und batteriegepufferte Speicher.

[0048] **Fig. 3** ist eine vereinfachte Darstellung von Rechenmodulen **300** in einem System zum Verarbeiten von Information in Übereinstimmung mit einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung. Diese Darstellung ist lediglich ein Beispiel, das den Umfang der Ansprüche hierin nicht einschränken soll. Ein Fachmann würde viele weitere Variationen, Abwandlungen und Alternativen erkennen. Wie gezeigt umfassen die Rechenmodule **300** eine Vielfalt von Prozessen, die mit einem Prozessmanager **314** gekoppelt sind. Die Prozesse umfassen einen Hochladeprozess **301**, einen Filterprozess **302**, einen Basislinienprozess **305**, einen Normalisierungsprozess **307**, einen Musterprozess **309** und einen Ausgangsprozess **311**. Es können auch weitere Prozesse eingeschlossen sein. Eine nicht ausschließliche erklärende Liste von durch die vorliegende Erfindung verwendeten Vorverarbeitungsverfahren ist in Tabelle 7 gegeben.

[0049] Der Prozessmanager ist auch mit einer Datenspeichervorrichtung **333** gekoppelt und beaufsichtigt die Prozesse. Diese Prozesse können in Software, Hardware, Firmware oder einer beliebigen Kombination aus diesen in einer beliebigen der Hardwarevorrichtungen, die oben stehend beschrieben wurden, wie auch in anderen implementiert sein.

[0050] Der Hochladeprozess nimmt Daten von dem Detektor und ladet diese in den Hauptprozessmanager **314** zum Verarbeiten hoch. Hier liegen die Daten in elektronischer Form vor. In Ausführungsformen, wo die Daten in einem Datenspeicher gespeichert wurden, werden sie abgerufen und dann in den Prozess geladen. Vorzugsweise können die Daten auf einen Arbeitsbereich zu einer Textdatei geladen werden oder in eine Tabelle zur Analyse geladen werden. Als Nächstes filtert der Filterprozess **302** die Daten, um jegliche Fehlstellen zu entfernen. Nur als Beispiel sind die Daten von der vorliegenden Datenerfassungsvorrichtung oft von Störimpulsen, Hochfrequenzrauschen und dergleichen begleitet. Hier ist das Signal-Rauschverhältnis oft eine wichtige Überlegung für eine Mustererkennung, insbesondere wenn Konzentrationen von Analyten gering, übermäßig hoch oder nicht innerhalb eines vordefinierten Bereiches von Fenstern gemäß einigen Ausführungsformen sind. In solchen Fällen ist es wünschenswert, das Signal-Rauschverhältnis mit Hilfe der derzeitigen Filterungstechnologie zu verstärken. Beispiele solcher Filterungstechnologien umfassen, sind aber nicht beschränkt auf ein Nullphasenfilter, ein Adaptives Exponentielles Moving Average Filter und ein Savitzky-Golay-Filter, das unten stehend in größerem Detail beschrieben ist.

[0051] Die Daten durchlaufen einen Basislinienkorrekturprozess **305**. In Abhängigkeit von der Ausführung kann es viele verschiedene Wege geben, um einen Basislinienkorrekturprozess auszuführen. Auf dem Gebiet der Prozesssteuerung ist ein Ansatz zum Festlegen einer Basislinie eine Stationarisierung. Eine Stationarisierung beinhaltet die Beseitigung von saisonalen und/oder Chargenschwankungen aus einer Prozesssteuerungsanalyse. Eine Stationarisierung ist besonders nützlich bei der Überwachung der Zeitdynamik eines Prozesses. Bei der Überwachung einer Prozessdynamik kann der Wert einer Einzelmessung wie z. B. einer Temperatur nicht so wichtig sein, wie die Beziehung zwischen aufeinander folgenden Temperaturmessungen im Verlauf der Zeit.

[0052] Ein Basislinienkorrekturprozess kann auch maximale Empfindlichkeiten zu finden, $\Delta R/R$ berechnen und $\Delta R/R$ vs. Zeitstempel, wo die Daten erfasst wurden, auftragen. Er berechnet auch ein maximales $\Delta R/R$ und eine maximale Steigung von $\Delta R/R$ für eine weitere Verarbeitung. Eine Basisliniendrift wird oft mit Hilfe des vorliegenden Prozesses korrigiert. Der Hauptprozessmanager beaufsichtigt auch die Datentraversierung

durch den Normalisierungsprozess **307**. In einigen Ausführungsformen ist die Normalisierung eine zeilenweise Operation. Hier verwendet der Prozess eine so genannte Flächennormalisierung. Nach solch einem Normalisierungsverfahren ist die Summe von Daten entlang einer jeden Zeile ein Einheitselement. Es wird auch eine Vektorklängennormalisierung verwendet, wo die Summe von quadrierten Daten jeder Zeile einem Einheitselement entspricht.

[0053] Als Nächstes führt das Verfahren einen Hauptprozess zum Klassifizieren eines jeden von den Stoffen gemäß jeder ihrer Eigenschaften in einem Mustererkennungsprozess aus. Der Mustererkennungsprozess verwendet mehr als einen Algorithmus, die bekannt sind, derzeit entwickelt werden oder in der Zukunft entwickelt werden. Der Prozess wird verwendet, um Gewichtungsfaktoren für jede der Eigenschaften zu finden, um am Ende ein identifizierbares Muster zum eindeutigen Identifizieren eines jeden der Stoffe zu bestimmen. Das heißt, für jeden der Stoffe sind Descriptoren vorgesehen. Beispiele solcher Algorithmen sind während der gesamten vorliegenden Spezifikation beschrieben. Ebenfalls gezeigt ist das Ausgangsmodul **311**. Das Ausgangsmodul ist mit dem Prozessmanager gekoppelt. Das Ausgangsmodul stellt den Ausgang von Daten aus einem beliebigen der oben stehenden Prozesse wie auch aus anderen bereit. Das Ausgangsmodul kann mit einer aus einer Vielzahl von Ausgangsvorrichtungen gekoppelt sein. Diese Vorrichtungen umfassen unter anderem einen Drucker, eine Anzeige und ein LAN-Board. Das vorliegende System kann auch weitere Module umfassen. In Abhängigkeit von der Ausführungsform können diese oder andere Module verwendet werden, um die Verfahren gemäß der vorliegenden Erfindung auszuführen.

[0054] Die oben stehenden Prozesse sind lediglich illustrativ. Die Prozesse können unter Verwendung einer Computersoftware oder -hardware oder einer Kombination aus Hardware und Software ausgeführt werden. Jeder der oben stehenden Prozesse kann in Abhängigkeit von der Ausführungsform auch getrennt oder kombiniert werden. In einigen Fällen können die Prozesse auch in der Reihenfolge geändert werden, ohne den hierin beanspruchten Umfang der Erfindung einzuschränken. Ein Fachmann würde viele weitere Variationen, Abwandlungen und Alternativen erkennen.

[0055] [Fig. 3A](#) ist eine vereinfachte Darstellung der Interaktion zwischen verschiedenen Prozesssteuerungs- und -überwachungsverfahren, die in Übereinstimmung mit Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung verwendet werden können. Die Darstellung ist lediglich ein Beispiel, das den Umfang der nachfolgenden Ansprüche nicht einschränken soll. Ein Fachmann würde viele weitere Variationen, Abwandlungen und Alternativen erkennen.

[0056] Wie in [Fig. 3A](#) gezeigt, empfängt ein Server **161** Prozessrohdaten von einer Anlage über eine netzbauierte Softwareschnittstelle. Sobald die Rohdaten vorverarbeitet worden sind, werden sie an den Prozessmanager **314** kommuniziert. Der Prozessmanager **314** kann wiederum auf eine breite Vielfalt von Verfahren zurückgreifen, um die empfangenen Daten zu analysieren und zu charakterisieren. Im Speziellen kann ein Modell oder Algorithmus auf die Daten angewendet werden, um eine vorhergesagte Descriptoreigenschaft eines Zustands des Prozesses zu identifizieren. Dann kann ein wissensbasiertes System konsultiert werden, um einen Ausgang auf Basis des vorhergesagten Descriptors bereitzustellen. Dieser Ausgang kann verwendet werden, um, falls gewünscht, den Prozess zu überwachen und zu steuern.

[0057] Wie in [Fig. 3A](#) gezeigt, kommuniziert der Prozessmanager **314** mit einer Datenbank **316** und mit Modellen **178a** und **178b**. Die Modelle **178a** und **178b** versuchen das Verhalten des gerade gesteuerten Prozesses zu simulieren und dadurch eine Vorhersage eines zukünftigen Verhaltens zu ermöglichen. Eine Bibliothek der verschiedenen Kategorien von Algorithmen, die verwendet wurden, um Modelle zu bilden, können in der Datenspeichervorrichtung **333** gespeichert werden, so dass sie für den Prozessmanager **314** zugänglich sind. Die Modelle **178a** und **178b** können auf einer Vielzahl von fundamentalen Prinzipien aufgebaut sein.

[0058] Ein Ansatz besteht darin, den Prozess auf Grundlage von Daten zu modellieren, die vom Betrieb eines ähnlichen Prozesses, der sich in der gleichen Anlage befinden kann oder nicht, empfangen werden. Dieser Aspekt der vorliegenden Erfindung ist besonders attraktiv im Hinblick auf den jüngsten Trend, industrielle Anlagen zu standardisieren, insbesondere für neu errichtete Chargenprozesse. Solche standardisierte industrielle Anlagen können eine identische Ausrüstung und/oder Instrumentierung aufweisen, so dass ein Modell, das erstellt wurde, um das Verhalten einer Anlage vorherzusagen, verwendet werden kann, um das Befinden einer anderen Anlage zu evaluieren. Zum Beispiel kann der Manager einer Halbleiterherstellungsanlage in den Vereinigten Staaten den Betrieb eines speziellen Werkzeugtyps mit Daten von einem identischen Werkzeug vergleichen, das in einer in Malaysia befindlichen zweiten Halbleiterherstellungsanlage arbeitet. Dieser Vergleich kann in Echtzeit erfolgen oder kann archivierte Daten von nach einem Betrieb des Werkzeugs in der zweiten Halbleiterherstellungsanlage verwenden. Darüber hinaus müssen die zu vergleichenden Prozesse oder Werk-

zeuge nicht identisch sein, können aber hinreichend ähnlich sein, dass ein Vergleich zwischen diesen Information liefert, die für den Zustand des Prozesses beweiskräftig sind.

[0059] Ein anderer Modelltyp kann auf mathematischen Gleichungen basieren, die aus physikalischen Gesetzen abgeleitet sind. Beispiele für solche physikalischen Gesetze umfassen die Massenbilanz, Wärmebilanz, Energiebilanz, Impulsbilanz, Drehimpulsbilanz, die Entropie und eine breite Vielfalt von anderen physikalischen Modellen. Die mathematischen Ausdrücke, die diese Gesetze darstellen, können in der Datenspeichervorrichtung **333** gespeichert werden, so dass sie für eine Prozessanalyse zugänglich sind.

[0060] Ein noch weiterer Modelltyp basiert auf Algorithmen wie z. B. statistischen Verfahren. Eine nicht ausschließende erklärende Liste von univariaten Verfahren, die von der vorliegenden Erfindung verwendet werden können, ist in Tabelle 8 dargestellt. Ein weiterer Modelltyp basiert auf multivariaten statistischen Verfahren wie z. B. der Haupt- bzw. Prinzipalkomponentenanalyse (PCA). Eine nicht ausschließende erklärende Liste von multivariaten Verfahren, die von der vorliegenden Erfindung verwendet werden können, ist in Tabelle 10 dargestellt. Die angefügte Softwarespezifikation stellt auch Details bezüglich sowohl Modellerstellung wie auch Modellüberwachung unter Verwendung mehrerer von diesen multivariaten Verfahren bereit. Noch weitere Modelltypen können auf einen neuronalen basierten Ansatz vertrauen, wobei Beispiele für diesen neuronalen Netzwerke und genetische Selektionsalgorithmen umfassen, aber nicht darauf beschränkt sind.

[0061] Andere Modelle können selbst eine Sammlung von Komponentenmodellen sein. Ein signifikantes Beispiel dieses Modelltyps ist das System Coherence Rendering Exception Analysis for Maintenance (SCREAM)-Modell, das gegenwärtig durch das Jet Propulsion Laboratory of Pasadena, Kalifornien entwickelt wird. Ursprünglich entwickelt, um Satelliten zu überwachen und zu steuern, ist SCREAM eine Sammlung von Modellen, die eine Zeitfolgeanalyse durchführen, um Intelligenz für eine Systemselbstanalyse bereitzustellen. Eine detaillierte Auflistung der von SCREAM verwendeten Verfahren ist in Tabelle 11 bereitgestellt.

[0062] Ein wertvoller Aspekt von SCREAM ist die Erkennung von Prozesslebenszyklen. Viele Prozessdynamiken zeigen einen charakteristischen Lebenszyklus. Zum Beispiel kann ein gegebener Prozess ein nicht lineares Verhalten in einem Eröffnungsstadium aufweisen, gefolgt von mehreren vorhersagbaren linearen oder zyklischen Phasen in einem Reifestadium und dann mit einer Rückkehr zu einem nicht linearen Verhalten in einem Endstadium abschließen. SCREAM ist besonders geeignet, nicht nur um diese erwarteten Prozessphasen zu erkennen, sondern auch, um eine unerwünschte Abweichung von diesen erwarteten Phasen zu erkennen.

[0063] Ein weiterer wertvoller Aspekt von SCREAM ist die Fähigkeit, symbolische Daten zu empfangen und zu analysieren. Symbolische Daten sind typischerweise nicht in der Form eines Analogsignals und somit für eine Quantifizierung nicht ohne weiteres empfänglich. Beispiele von symbolischen Daten umfassen üblicherweise Marken und/oder digitale/ganzzahlige Eingänge oder Ausgänge. Symbolische Daten sind allgemein sichtbar, z. B. eine Position eines Griffes, eine Farbe einer Rauchfahne oder das allgemeine Verhalten eines Patienten (im Fall eines medizinischen Diagnoseprozesses).

[0064] SCREAM verwendet symbolische Eingänge, um den Zustand des Prozesses zu bestimmen. Zum Beispiel können Positionen von Ein/Aus-Ventilen als ein digitales Signal unter Verwendung von „0“, um die offene Position darzustellen, und „1“, um die geschlossene Position darzustellen, oder umgekehrt, kommuniziert werden. Auf Grundlage der Ventilpositionen kann SCREAM den physikalischen Zustand des Prozesses identifizieren. Wenn sich Ventilpositionen ändern, kann der Prozess in einen unterschiedlichen Zustand eintreten.

[0065] Sobald ein Modell auf Prozessdaten angewendet wurde, um eine vorhergesagte Deskriptoreigenschaft eines Prozesszustandes zu erzeugen, wird ein wissensbasiertes System konsultiert, um einen Ausgang für Prozessüberwachungs- und/oder -steuerungszwecke zu erzeugen. Wie in [Fig. 3A](#) gezeigt, kommuniziert der Prozessmanager **314** mit dem ersten und dem zweiten wissensbasierten System **170a** und **170b**.

[0066] Beispiele von solchen wissensbasierten Systemen umfassen selbstlernende Systeme, Expertensysteme und logische Systeme wie auch so genannte „Fuzzy“-Varianten eines jeden dieser Systemtypen. Ein Expertensystem wird üblicherweise als ein Computersystem definiert, das programmiert wurde, um Problemlösungsverfahren eines menschlichen Experten zu imitieren. Zum Beispiel könnte in einem medizinischen System der Benutzer Daten wie die Symptome des Patienten, Laborberichte etc. eingeben und aus dem Computer eine mögliche Diagnose ableiten. Der Erfolg eines Expertensystems ist abhängig von der Qualität der an den Computer bereitgestellten Daten und den Regeln, mit denen der Computer programmiert wurde, um Deduktionen aus den Daten vorzunehmen.

[0067] Ein Expertensystem kann in Verbindung mit einem beaufsichtigten Lernen für Prozesssteuerungszwecke verwendet werden. Zum Beispiel können, wenn spezielle Maßnahmen zuvor erfolgreich implementiert wurden, um eine Prozessanomalie zu korrigieren, diese Maßnahmen als ein Trainingssatz dienen und als Grundlage im Hinblick auf ähnliche zukünftige Probleme verwendet werden.

[0068] Während die oben stehende Erläuterung eine Analyse von Prozessdaten durch Anwenden eines einzigen Modells gefolgt von einer Konsultation mit einem einzigen wissensbasierten System vorgeschlagen hat, um einen Ausgang zu erhalten, verwendet die vorliegende Erfindung zwei Modelle. Zum Beispiel kommuniziert, wie in [Fig. 3A](#) gezeigt, der Prozessmanager **314** mit einem ersten Modell **178a** und einem zweiten Modell **178b**. Diese Modelle können parallel angewendet werden, um vorhergesagte Descriptoren zu erhalten. Diese unabhängig erzeugten vorhergesagten Descriptoren können querverwiesen werden, um die Genauigkeit und Zuverlässigkeit einer Prozesssteuerung zu validieren.

[0069] Zum Beispiel wird, wenn eine Anwendung eines ersten Modells einen ersten vorhergesagten Descriptor in Übereinstimmung mit einem zweiten vorhergesagten Descriptor erzeugt, die Prozesszustandsbewertung bestätigt und der Ausgang kann einen Grad von Sicherheit betreffend den Zustand des Prozesses wiedergeben. Diese Wiedergabe kann in der Form des Inhalts des Ausgangs (d. h. ein Prozessfehler wird definitiv angezeigt) und/oder in der Form des Ausgangs (d. h., ein Pager wird aktiviert, um den menschlichen Benutzer sofort über ein Problem hoher Priorität zu alarmieren) vorliegen.

[0070] Dort jedoch, wo erste und zweite vorhergesagte Descriptoren, die aus einer Anwendung verschiedener Modelle resultieren, nicht übereinstimmen, kann ein verschiedener Ausgang erzeugt werden, der eine Unsicherheit des Prozesszustandes wiedergibt. Diese Wiedergabe kann in der Form des Inhalts des Ausgangs (d. h. ein Prozessfehler kann angezeigt werden) und/oder in der Form des Ausgangs (d. h. nur eine E-Mail wird an den menschlichen Benutzer geschickt, um ein Problem hoher Priorität anzuzeigen) vorliegen.

[0071] Als ein alternativer Ansatz kann ein zweites wissensbasiertes System konsultiert werden, um einen Konflikt in vorhergesagten Descriptoren aus verschiedenen Modellen zu lösen. Dann würde ein Ausgang auf Grundlage des Descriptors, der durch das zweite wissensbasierte System gewählt wird, erzeugt.

[0072] Eine breite Vielfalt von Strukturen kann verwendet werden, um Prozesseigenschaften zu erkennen und/oder betriebliche Prozessparameter zu modifizieren. Daten können aus einem System in einer Vielfalt von Formaten wie z. B. Text, Standbild, bewegliche Videobilder und Ton empfangen werden. [Fig. 3B](#) ist eine vereinfachte Darstellung einer Draufsicht **300** einer Informationserfassungsvorrichtung in Übereinstimmung mit einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung. Diese Darstellung ist lediglich ein Beispiel, das den Umfang der nachfolgenden Ansprüche nicht einschränken soll. Ein Fachmann würde viele weitere Variationen, Abwandlungen und Alternativen erkennen.

[0073] Wie in [Fig. 3B](#) gezeigt umfasst die Draufsichtdarstellung eine Matrix von Sensoren 351A, 352B, 301C, 359nth. Die Matrix ist in Zeilen **351**, **352**, **355**, **357**, **359** und Spalten angeordnet, die normal zueinander stehen. Jeder der Sensoren weist eine exponierte Fläche auf, um z. B. Geruchsinformation von Fluiden, z. B. flüssig und/oder dampfförmig, zu erfassen. Die gezeigte Darstellung ist lediglich ein Beispiel einer Informationserfassungsvorrichtung. Weitere Vorrichtungen können von Unternehmen wie z. B. Aromascan (jetzt Osmetech), Hewlett Packard, Alpha-MOS oder andere Unternehmen hergestellt sein.

[0074] Obwohl das oben Stehende im Hinblick auf eine Erfassungsvorrichtung für Fluide umfassend Flüssigkeiten und/oder Dämpfe beschrieben wurde, kann es viele weitere Arten von Erfassungsvorrichtungen geben. Zum Beispiel können andere Arten von Informationserfassungsvorrichtungen zum Umwandeln einer intrinsischen oder extrinsischen Eigenschaft in einen messbaren Parameter verwendet werden. Diese Informationserfassungsvorrichtung umfasst u. a. pH-Überwachungen, Temperaturmessvorrichtungen, Feuchtigkeitsgehaltvorrichtungen, Drucksensoren, Durchflussmessvorrichtungen, chemische Detektoren, Geschwindigkeitsmessvorrichtungen, Waagen, Längenmessvorrichtungen, Farbidentifizierung und weitere Vorrichtungen. Diese Vorrichtungen können einen elektrischen Ausgang bereitstellen, der messbaren Parametern wie z. B. pH-Wert, Temperatur, Feuchtigkeitsgehalt, Druck, Durchfluss, chemischen Stoffen, Geschwindigkeit, Gewicht, Höhe, Länge und Größe entspricht.

[0075] In einigen Ausführungsformen kann die Erfindung mit zumindest zwei Sensorarrays verwendet werden. Das erste Array von Sensoren umfasst zumindest zwei Sensoren (z. B. drei, vier, hunderte, tausende, Millionen oder sogar Milliarden), die in der Lage sind, eine erste Antwort in der Gegenwart eines chemischen Reizes zu erzeugen. Geeignete chemische Reize, die erfasst werden können, umfassen, sind aber nicht be-

schränkt auf einen Dampf, ein Gas, eine Flüssigkeit, einen Feststoff, einen Geruch oder Mischungen aus diesen. Dieser Aspekt der Vorrichtung umfasst eine elektronische Nase. Geeignete Sensoren, die das erste Array von Sensoren aufweisen, umfassen, sind aber nicht beschränkt auf Sensoren mit leitenden/nicht leitenden Bereichen, einen SAW-Sensor, einen Quarzmikroaagensensor, einen Leitfähigkeits-Verbundsensor, einen Chemiresistor, einen Metalloxidgassensor, einen Sensor für organische Gase, einen MOSFET, eine piezoelektrische Vorrichtung, einen Infrarotsensor, einen Sintermetalloxidsensor, einen Pd-Gate-MOSFET, eine Metall-FET-Struktur, eine elektrochemische Zelle, einen Leitfähigkeits-Polymersensor, einen katalytischen Gassensor, einen halbleitenden Sensor für organische Gase, einen Festelektrolyt-Gassensor und einen piezoelektrischen Quarzkristallsensor. Für den Fachmann wird einzusehen sein, dass das elektronische Nasenarray Kombinationen aus den vorhergehenden Sensoren umfassen kann. Ein zweiter Sensor kann ein einziger Sensor oder ein Array von Sensoren sein, der/das in der Lage ist, eine zweite Antwort in der Gegenwart eines physikalischen Reizes zu erzeugen. Die physikalischen Detektionssensoren erfassen physikalische Reize. Geeignete physikalische Reize können thermische Reize, Strahlungsreize, mechanische Reize, Druck, sichtbare, magnetische Reize und elektrische Reize umfassen, sind aber nicht auf diese beschränkt.

[0076] Wärmesensoren können Reize erfassen, die Temperatur, Wärme, Wärmefluss, Entropie, Wärmekapazität etc. umfassen, sind aber nicht auf diese beschränkt. Strahlungssensoren können Reize erfassen, die Gammastrahlen, Röntgenstrahlen, Ultraviolettstrahlen, sichtbare, Infrarot-, Mikrowellen und Radiowellen umfassen, sind aber nicht auf diese beschränkt. Mechanische Sensoren können Reize erfassen, die Verschiebung, Geschwindigkeit, Beschleunigung, Kraft, Drehmoment, Druck, Masse, Durchfluss, akustische Wellenlänge und Amplitude umfassen, sind aber nicht auf diese beschränkt. Magnetsensoren können Reize erfassen, die Magnetfeld, Fluss, Magnetisches Moment, Magnetisierung und magnetische Permeabilität umfassen, sind aber nicht auf diese beschränkt. Elektrosensoren können Reize erfassen, die Ladung, Strom, Spannung, Widerstand, Konduktanz, Kapazität, Induktanz, absolute Dielektrizitätskonstante, Polarisierung und Frequenz umfassen, sind aber nicht auf diese beschränkt.

[0077] In bestimmten Ausführungsformen sind Wärmesensoren für eine Verwendung in der vorliegende Erfindung geeignet, die Thermoelemente wie z. B. halbleitende Thermoelemente, Noise-Thermometrie, Thermoschalter, Thermistoren, Metallthermostoren, halbleitende Thermoresistoren, Thermioden, Thermotransistoren, Kalorimeter, Thermometer, Indikatoren und Lichtleitfasern umfassen, sind aber nicht auf diese beschränkt.

[0078] In weiteren Ausführungsformen umfassen verschiedene Strahlungssensoren, die für eine Verwendung in der vorliegenden Erfindung geeignet sind, Nuklearstrahlungsmikrosensoren, wie z. B. Szintillationszähler und Festzustandsdetektoren, Ultraviolett-, sichtbare und nahe Infrarotstrahlungsmikrosensoren wie z. B. photoleitende Zellen, Photioden, Phototransistoren, Infrarotstrahlungsmikrosensoren, wie z. B. photoleitende IR-Sensoren und pyroelektrische Sensoren, sind aber nicht auf diese beschränkt.

[0079] In bestimmten weiteren Ausführungsformen sind verschiedene mechanische Sensoren für eine Verwendung in der vorliegenden Erfindung geeignet und umfassen, sind aber nicht diese beschränkt, Wegmikrosensoren, kapazitive und induktive Wegsensoren, optische Wegsensoren, Ultraschallwegsensoren, pyroelektrische, Geschwindigkeits- und Durchflussmikrosensoren, Transistordurchflussmikrosensoren, Beschleunigungsmikrosensoren, piezorezistive Mikrobeschleunigungsmesser, Kraft-, Druck- und Dehnungsmikrosensoren, sowie piezoelektrische Kristallsensoren.

[0080] In bestimmten weiteren Ausführungsformen sind verschiedene chemische oder biochemische Sensoren für eine Verwendung in der vorliegenden Erfindung geeignet und umfassen, sind aber nicht auf diese beschränkt, Metalloxidgassensoren, wie z. B. Zinnoxidgassensoren, Sensoren für organische Gase, chemische Kondensatoren, chemische Dioden, wie z. B. eine anorganische Schottky-Vorrichtung, Metalloxidfeldeffekttransistoren (MOSFET), piezoelektrische Vorrichtungen, ionenselektive FET für pH-Sensoren, polymere Feuchtigkeitsgehaltssensoren, Sensoren mit elektrochemischen Zellen, Pellistor-Gassensoren, piezoelektrische oder SAW-Sensoren, Infrarotsensoren, Oberflächenplasmonsensoren und faseroptische Sensoren.

[0081] Verschiedene weitere Sensoren, die für eine Verwendung in der vorliegenden Erfindung geeignet sind, umfassen, sind aber nicht beschränkt auf gesinterte Metalloxidsensoren, Phthalocyaninsensoren, Membranen, Pdgate-MOSFET, elektrochemische Zellen, leitende Polymersensoren, Lipidschicht-Sensoren und metallische FET-Strukturen. In bestimmten bevorzugten Ausführungsformen umfassen die Sensoren Metalloxidsensoren, wie z. B. Tuguchi-Gassensoren, katalytische Gassensoren, halbleitende Sensoren für organische Gase, Festelektrolytgassensoren, piezoelektrische Quarzkristallsensoren, faseroptische Sonden, eine Vorrichtung mit einem mikromechanischen System, eine Vorrichtung mit einem mikrooptoelektromechanischen Sys-

tem und Langmuir-Blodgett-Filme, sind aber nicht auf diese beschränkt.

[0082] Darüber hinaus ist die oben stehende Beschreibung in Bezug auf eine spezielle Hardware lediglich illustrativ. Es wird einzusehen sein, dass die Funktionalität der Hardware mit Hardwareelementen und/oder Software kombiniert oder sogar getrennt werden kann. Die Funktionalität kann auch in der Form einer Software gebildet sein, die hauptsächlich eine Software oder eine Kombination einer Hardware und Software sein kann. Ein Fachmann würde viele Variationen, Abwandlungen und Alternativen erkennen. Details von Verfahren gemäß der vorliegenden Erfindung sind unten stehend bereitgestellt.

[0083] Ein Verfahren zum Steuern eines Prozesses gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung kann wie folgt kurz zusammengefasst werden:

1. Erfasse anfängliche Daten aus einer Quelle zu einer ersten Zeit;
2. Wandle die anfänglichen Daten in eine elektronische Form um;
3. Lade die anfänglichen Daten in einen ersten Speicher;
4. Rufe die anfänglichen Daten aus dem ersten Speicher ab;
5. Erfasse nachfolgende Daten aus der Quelle zu einer zweiten Zeit;
6. Ordne einen ersten Descriptor den anfänglichen Daten und einen zweiten Descriptor den nachfolgenden Daten zu;
7. Erstelle ein Modell auf Grundlage der anfänglichen Daten und des ersten Descriptors und der nachfolgenden Daten und des zweiten Descriptors;
8. Speichere das Modell in einem zweiten Speicher;
9. Erfasse Daten aus einem Prozess;
10. Wende das Modell auf die Daten an, um eine vorhergesagte Deskriptoreigenschaft eines Zustands des Prozesses zu identifizieren; und
11. Konsultiere ein wissensbasiertes System und stelle einen Ausgang auf Grundlage des vorhergesagten Descriptors bereit.

[0084] Die oben stehende Abfolge von Schritten ist lediglich ein Beispiel eines Weges, um einen Prozess in Übereinstimmung mit einer Ausführungsform des vorliegenden Verfahrens und Systems zu überwachen. Details dieser Schritte sind unten stehend bereitgestellt, es sollte aber einzusehen sein, dass ein Fachmann viele weitere Variationen, Abwandlungen und Alternativen erkennen würde.

[0085] Der erste oben aufgelistete Schritt ist eine Erfassung von anfänglichen Daten von einer Quelle zu einer ersten Zeit. Während Daten von zumindest einer Quelle erfasst werden sollen, werden in vielen Ausführungsformen Daten von einer Vielzahl von Quellen in Kontakt mit dem Prozess, z. B. die in Verbindung mit [Fig. 1A](#) veranschaulichten und beschriebenen feldmontierten Vorrichtungen, erfasst werden.

[0086] Der zweite, dritte und vierte aufgelistete Schritt sind jeweils eine Umwandlung der anfänglichen Daten in eine elektronische Form, Speichern der elektronischen Daten und Abruf der gespeicherten Daten. Strukturen zum Ausführen dieser Schritte sind im Stand der Technik gut bekannt.

[0087] Der fünfte Schritt ist das Erfassen nachfolgender Daten von der Quelle zu einer zweiten Zeit. Dieser Schritt versieht das System mit beispielhafter Information über Änderungen in dem Prozess zwischen der ersten und der zweiten Zeit. Während die vorliegende Erfindung in ihrer allgemeinsten Form Daten von zwei Zeitperioden abtastet, wird in der Praxis erwartet, dass Daten von vielen Zeiten erfasst werden.

[0088] Der sechste Schritt ist das Zuordnen eines ersten Descriptors zu den anfänglichen Daten und eines Zweiten Descriptors zu den nachfolgenden Daten. Der Descriptor charakterisiert den Zustand des Prozesses in Bezug auf die Daten. Beispiele möglicher Descriptoren umfassen "Normaler Prozessbetrieb", „Prozessstart“, „Prozessabschaltung“, „überhitzter Zustand“, etc.

[0089] Der siebte Schritt ist die Erstellung eines Modells eines Prozessverhaltens auf Grundlage der anfänglichen und nachfolgenden Daten und des ersten und zweiten Descriptors. Während zumindest ein Modell erstellt wird, können in der praktischen Implementierung der vorliegenden Erfindung viele Arten von Modellen auf Grundlage verschiedener Prinzipien unter Verwendung von Ansätzen wie univariaten statistischen Verfahren, Zeitfolgeanalyse und multivariaten statistischen Verfahren wie z. B. PCA, CDA und PLS, wie dem Fachmann bekannt, erstellt werden.

[0090] Sobald das Modell erstellt worden ist, ist der achte Schritt das Speichern des Modells in einem zweiten Speicher. Im neunten Schritt wird das gespeicherte Modell auf einen Satz von Daten, die aus dem Prozess

erfasst wurden, gespeichert. Dieser Datensatz kann Echtzeitparameter des zu überwachenden und/oder zu steuernden Prozesses darstellen.

[0091] In dem zehnten Schritt wird das Modell auf den dritten Datensatz angewendet, um einen vorhergesagten Descriptor zu erzeugen, der den Zustand des Prozesses charakterisiert. Dieser vorhergesagte Descriptor wird durch das Modell auf Grundlage der Erstellung des Modells unter Verwendung der anfänglichen Daten, der nachfolgenden Daten, des ersten Descriptors und des zweiten Descriptors ausgegeben.

[0092] Auf Grundlage des vorhergesagten Descriptors, der durch Anwendung des Modells vorhergesagt wurde, wird in dem elften und letzten Schritt auf ein wissensbasiertes System verwiesen und ein Ausgang wird bereitgestellt. Dieser Ausgang kann an eine interne Einheit wie z. B. eine Prozesssteuerungsvorrichtung oder an eine externe Einheit wie z. B. ein zugehöriges Lieferkettenmanagement (SCM)-System oder sowohl an interne als auch externe Systeme bereitgestellt werden. Zum Beispiel könnte, wenn der durch das Modell vorhergesagte dritte Descriptor eine Störung einer Pumpe anzeigt, einen Ausgang in der Form einer Kaufanweisung mit der relevanten Austauschpumpenteilenummer zu dem SCM kommuniziert werden. Alternativ oder in Verbindung mit einem Benachrichtigen eines SCM-Systems könnte der Ausgang zu einer Einheit wie z. B. einem Pager oder einer Voicemail geleitet werden und dadurch der Zustand des Prozesses an einen menschlichen Operator zum Überwachen und/oder für einen möglichen Eingriff kommuniziert werden.

[0093] Die oben aufgelisteten Schritte stellen lediglich ein spezielles Beispiel eines Verfahrens zum Überwachen und Steuern eines Prozesses in Übereinstimmung mit einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung dar. Ein Fachmann würde viele Variationen, Abwandlungen und Alternativen erkennen.

[0094] Zum Beispiel können viele Modelle, die zum Vorhersagen eines Prozessverhaltens nützlich sind, unter Verwendung univariater und multivariater statistischer Verfahren, die auf zuvor erfasste Daten angewendet werden, erzeugt werden. Alternativ können nützliche Modelle eines Prozessverhaltens jedoch auch aus mathematischen Ausdrücken und physikalischen oder Naturgesetzen erstellt werden. Wenn solch ein physikalisches Modell verwendet wird, können in dem Modell implizierte Regeln ein vorhergesagtes Verhalten des Systems im Verlauf der Zeit regeln. Eine vorhergehende Sammlung von Daten mag daher nicht notwendig sein, um das Modell zu erzeugen, und das Modell kann direkt auf aus dem Prozess erfasste Daten angewendet werden.

[0095] In einer noch weiteren Ausführungsform können Daten aus dem Prozess durch mehr als ein Modell/e parallel analysiert werden. In Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung, wo mehrere Modelle verwendet werden, um ein Prozessverhalten vorherzusagen, kann der Descriptorausgang durch jedes Modell verglichen werden. Eine Differenz in dem Descriptor, die durch die verschiedenen Modelle vorhergesagt wird, könnte durch Anwendung eines wissensbasierten Systems wie z. B. eines Expertensystems aufgelöst werden.

[0096] Ein Verfahren unter Verwendung digitaler Information zum Bestücken einer Datenbank zu Identifizierungs- und Klassifizierungszwecken gemäß der vorliegenden Erfindung kann wie folgt kurz zusammengefasst werden:

1. Erfasse Daten, wobei die Daten für einen oder mehrere Stoff/e sind, wobei jeder der Stoffe eine Vielzahl verschiedener Eigenschaften aufweist;
2. Wandle die Daten in eine elektronische Form um;
3. Stelle die Daten in elektronischer Form (z.B. Text, normalisierte Daten aus einem Array von Sensoren) zur Klassifizierung oder Identifizierung bereit;
4. Lade die Daten durch eine Rechenvorrichtung in einen ersten Speicher;
5. Rufe die Daten aus dem ersten Speicher ab;
6. Entferne erste Störpegel aus den Daten unter Verwendung eines oder mehrerer Filter/s;
7. Korrigiere die Daten hinsichtlich einer oder mehrerer Variablen wie z. B. Drift, Temperatur, Feuchtigkeitsgehalt etc. auf eine Basislinie;
8. Normalisiere die Daten unter Verwendung einer Basislinie;
9. Sortiere eine oder mehrere von der Vielzahl verschiedener Eigenschaften aus den Daten aus;
10. Führe an den Daten ein oder mehrere Mustererkennungsverfahren aus;
11. Klassifiziere den einen oder die mehreren Stoff/e auf Grundlage der Mustererkennungsverfahren, um mehrere Klassen zu bilden, die jeweils einem unterschiedlichen Stoff entsprechen;
12. Bestimme ein optimiertes (oder bestes General Fit-) Mustererkennungsverfahren über ein Kreuzvalidierungsverfahren;
13. Speichere die klassifizierten Stoffe in einen zweiten Speicher für eine weitere Analyse; und
14. Führe nach Wunsch weitere Schritte aus.

[0097] Die oben stehende Abfolge von Schritten ist lediglich ein Beispiel einer Art, das vorliegende Verfahren und System zu lehren oder zu trainieren. das vorliegende Beispiel nimmt mehr als einen unterschiedlichen Stoff, wobei jeder Stoff eine Vielzahl von Eigenschaften aufweist, die durch Sensoren erfasst werden können. Jede dieser Eigenschaften wird gemessen und dann in das vorliegende Verfahren eingegeben, um einen Trainingssatz zu erzeugen. Das Verfahren umfasst eine Vielfalt von Datenverarbeitungsverfahren zur Bereitstellung des Trainingssatzes. In Abhängigkeit von der Ausführungsform können einige der Schritte noch weiter getrennt oder kombiniert werden. Details dieser Schritte sind unten stehend in Übereinstimmung mit den Fig. bereitgestellt.

[0098] Die [Fig. 4A–Fig. 4C](#) sind vereinfachte Darstellungen von Verfahren **400** in Übereinstimmung mit Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung. Diese Darstellungen sind lediglich Beispiele, die den Umfang der nachfolgenden Ansprüche nicht einschränken sollen. Ein Fachmann würde viele weitere Variationen, Abwandlungen und Alternativen erkennen. Wie gezeigt beginnt das vorliegende Verfahren bei einem Start, Schritt **401**. Das Verfahren erfasst dann Daten (Schritt **403**) aus einer Datenerfassungsvorrichtung. Die Datenerfassungsvorrichtung kann eine beliebige geeignete Vorrichtung zum Erfassen entweder intrinsischer oder extrinsischer Information eines Stoffes sein. Lediglich als ein Beispiel verwendet das vorliegende Verfahren eine Datenerfassungsvorrichtung zum Erfassen von Geruchsinformation. Die Vorrichtung weist eine Vielzahl von Sensoren auf, die einen Geruchs- oder Olfaktionsabdruck in einen künstlichen oder elektronischen Abdruck umwandeln. In einer speziellen Ausführungsform ist solch eine Datenerfassungsvorrichtung in der WO 99/47 905 offen gelegt, die gemeinsam übertragen und hiermit durch Bezugnahme aufgenommen ist. Der Fachmann wird weitere Vorrichtungen kennen, die andere elektronische Nasen umfassen, welche für eine Verwendung in der vorliegenden Erfindung geeignet sind. In einer speziellen Ausführungsform erfasst die vorliegende Erfindung Geruchsinformation von einer Vielzahl verschiedener Flüssigkeiten, wie z. B. Isopropylalkohol, Wasser und Toluol. Die Geruchsinformation von jeder der verschiedenen Flüssigkeiten ist durch eine Vielzahl messbarer Eigenschaften gekennzeichnet, die durch den Detektor erfasst werden. Jede verschiedene Flüssigkeit mit der Vielzahl messbarer Eigenschaften kann in eine elektronische Datenform für eine Verwendung in Übereinstimmung mit der vorliegenden Erfindung umgewandelt werden. Einige dieser Eigenschaften wurden zuvor beschrieben, sie können aber auch andere umfassen.

[0099] Als Nächstes überträgt das Verfahren die elektronischen Daten nunmehr in elektronischer Form zu einem computerunterstützten Prozess (Schritt **405**). Der computerunterstützte Prozess kann je nach Anwendung automatisch und/oder halbautomatisch sein. Der computerunterstützte Prozess kann die Daten in einen Speicher speichern, der mit einem Prozessor gekoppelt ist. Wenn die Daten bereit zur Verwendung sind, werden die Daten in den Prozess geladen, Schritt **407**. In Ausführungsformen, wo die Daten gespeichert wurden, werden sie abgerufen und dann in den Prozess geladen. Vorzugsweise können die Daten auf einen Arbeitsbereich zu einer Textdatei geladen werden oder in eine Tabelle zur Analyse geladen werden. Hier können die Daten kontinuierlich und automatisch geladen werden oder manuell geladen werden oder geladen und kontinuierlich überwacht werden, um eine Echtzeitanalyse bereitzustellen.

[0100] Das Verfahren filtert die Daten (Schritt **411**), um jegliche Fehlstellen zu entfernen. Nur als Beispiel sind die Daten von der vorliegenden Datenerfassungsvorrichtung oft von Störimpulsen, Hochfrequenzrauschen und dergleichen begleitet. Hier ist das Signal-Rauschverhältnis oft eine wichtige Überlegung für eine Mustererkennung, insbesondere wenn Konzentrationen von Analyten gering, übermäßig hoch oder nicht innerhalb eines vordefinierten Bereiches von Fenstern gemäß einigen Ausführungsformen sind. In solchen Fällen ist es wünschenswert, das Signal-Rauschverhältnis mit Hilfe der derzeitigen Filterungstechnologie zu verstärken. Beispiele solcher Filterungstechnologien umfassen, sind aber nicht beschränkt auf ein Nullphasenfilter, ein Adaptives Exponentielles Moving Average Filter und ein Savitzky-Golay-Filter, das unten stehend in größerem Detail beschrieben ist.

[0101] Optional können die gefilterten Antworten angezeigt werden, Schritt **415**. Hier führt das vorliegende Verfahren mehr als eines der Filterverfahren aus, um zu bestimmen, welches bessere Ergebnisse liefert. Mit Hilfe des vorliegenden Verfahrens ist es möglich, die Details einer Datenverarbeitung zu beobachten. Das Verfahren zeigt Ausgänge (Schritt **415**) für jeden der Sensoren an, wobei Signal-Rauschpegel optisch überprüft werden können. Alternativ können analytische Verfahren verwendet werden, um zu bestimmen, welches von den Filtern am besten gearbeitet hat. Jedes von den Filtern wird an den Daten über eine Verzweigung **418** verwendet, Schritt **416**. Sobald das gewünschte Filter gewählt wurde, schreitet das vorliegende Verfahren zu dem nächsten Schritt.

[0102] Das Verfahren führt einen Basislinienkorrekturschritt aus (Schritt **417**). In Abhängigkeit von der Ausführungsform kann es viele verschiedene Wege geben, ein Basislinienkorrekturverfahren zu implementieren.

Hier findet das Basislinienkorrekturverfahren maximale Empfindlichkeiten, berechnet $\Delta R/R$ und trägt $\Delta R/R$ vs. Zeitstempel auf, wo die Daten erfasst wurden. Es berechnet auch ein maximales $\Delta R/R$ und eine maximale Steigung von $\Delta R/R$ für eine weitere Verarbeitung. Eine Basisliniendrift wird oft mit Hilfe des vorliegenden Schrittes korrigiert. Sobald die Basisliniendrift korrigiert worden ist, erfährt das vorliegende Verfahren einen Normalisierungsprozess, obwohl auch andere Prozesse verwendet werden können. Hier kann $\Delta R/R$ mit Hilfe einer Vielzahl von bekannten Verfahren, falls vorhanden, oder gemäß der vorliegenden Erfindung entwickelt werden, bestimmt werden.

[0103] Lediglich als ein Beispiel veranschaulicht [Fig. 4C](#) einen vereinfachten Plot eines Signals und verschiedener bei der Berechnung von $\Delta R/R$ verwendeter Komponenten, die in Abhängigkeit von der Ausführungsform verwendet werden können. Diese Darstellung ist lediglich eine Veranschaulichung, die den Umfang der nachfolgenden Ansprüche nicht einschränken soll. Ein Fachmann würde viele weitere Variationen, Abwandlungen und Alternativen erkennen. Wie gezeigt zeigt die Darstellung einen Impuls, der entlang einer Zeitachse aufgetragen ist, die z. B. eine Spannung schneidet. Die Darstellung umfasst ein ΔR (d. h. delta R), das zwischen R und R(max) definiert ist. Lediglich als ein Beispiel ist $\Delta R/R$ definiert durch den folgenden Ausdruck:

$$\Delta R/R = (R(\max) - R(0))/R$$

wobei

ΔR	definiert ist durch die durchschnittliche Differenz zwischen einem Basislinienwert R(0) und R(max);
R(max)	definiert ist durch einen Maximalwert von R;
R(0)	definiert ist durch einen Anfangswert von R; und R definiert ist als eine variable oder elektrische Messung eines Widerstands z. B. von einem Sensor.
R	definiert ist als eine variable oder elektrische Messung eines Widerstands z. B. von einem Sensor.

[0104] Dieser Ausdruck ist lediglich ein Beispiel, der Ausdruck $\Delta R/R$ könnte durch eine Vielfalt anderer Beziehungen definiert werden. Hier wurde $\Delta R/R$ auf eine Weise gewählt, um ein verbessertes Signal-Rauschverhältnis für die Signale von z. B. dem Sensor bereitzustellen. Es kann viele weitere Beziehungen geben, die $\Delta R/R$ definieren und die eine relative Beziehung auf eine andere Weise sein können. Alternativ könnte $\Delta R/R$ eine absolute Beziehung oder eine Kombination aus einer relativen Beziehung und einer absoluten Beziehung sein. Selbstverständlich würde ein Fachmann viele weitere Variationen, Alternativen und Abwandlungen vorsehen.

[0105] Wie angemerkt umfasst das Verfahren einen Normalisierungsschritt, Schritt **419**. In einigen Ausführungsformen ist die Normalisierung eine zeilenweise Operation. Hier verwendet das Verfahren eine so genannte Flächennormalisierung. Nach solch einem Normalisierungsverfahren ist die Summe von Daten entlang jeder Zeile ein Einheitsselement. Es wird auch eine Vektorlängennormalisierung verwendet, wo die Summe von quadrierten Daten jeder Zeile einem Einheitsselement entspricht.

[0106] Wie durch Schritt **421** gezeigt, kann das Verfahren als Nächstes bestimmte Vorverarbeitungsverfahren ausführen. Eine Vorverarbeitung kann verwendet werden, um den Effekt auf die Daten eines Einschließens des Mittelwerts in der Datenanalyse oder der Verwendung bestimmter Messeinheiten oder großer Differenzen in der Skalierung der verschiedenen empfangenen Datentypen beseitigen. Beispiele solcher Vorverarbeitungsverfahren umfassen Mean Centering und Autoscaling. Für andere Zwecke verwendete Vorverarbeitungsverfahren umfassen z. B. Glätten, Ausreißereliminierung, Driftüberwachung und weitere. Einige dieser Verfahren werden später beschrieben. Sobald die Vorverarbeitung beendet ist, führt das Verfahren ein detailliertes Verarbeitungsverfahren aus.

[0107] Als Nächstes führt das Verfahren einen Hauptprozess zum Klassifizieren eines jeden der Stoffe gemäß jeder ihrer Eigenschaften aus, Schritt **423**. Hier führt das vorliegende Verfahren einen Mustererkennungsprozess aus, wie den durch die vereinfachte Darstellung **430** in [Fig. 4B](#) veranschaulicht. Diese Darstellung ist lediglich ein Beispiel, das den Umfang der nachfolgenden Ansprüche nicht einschränken soll. Ein Fachmann würde viele weitere Variationen, Abwandlungen und Alternativen erkennen.

[0108] Wie gezeigt beginnt das Verfahren **430** mit einem Start, Schritt **428**. Das Verfahren fragt eine Bibliothek mit einer Vielzahl von Mustererkennungsalgorithmen ab und ladet (Schritt **431**) einen oder mehrere Algorithmen bzw. Algorithmen in den zu verwendenden Speicher. Das Verfahren wählt den einen Algorithmus, Schritt **432** und lässt die Daten durch den Algorithmus laufen, Schritt **433**. In einer speziellen Ausführungsform verwendet der Mustererkennungsprozess mehr als einen Algorithmus, die bekannt sind, derzeit entwickelt wer-

den, oder in Zukunft entwickelt werden. Der Prozess wird verwendet, um auf Grundlage von Descriptoren Gewichtungsfaktoren für jede der Eigenschaften zu finden, um am Ende ein identifizierbares Muster zum Beschreiben der Aktivität eines Prozesses zu bestimmen. Das vorliegende Verfahren lässt die Daten, die vorverarbeitet wurden, durch jeden der Algorithmen laufen.

PCA	Analyse der Haupt- bzw. Prinzipalkomponenten
HCA	Analyse hierarchischer Clusteranalyse
KNN CV	k-Nearest-Neighbors-Kreuzvalidierung
KNN Prd	k-Nearest-Neighbors-Vorhersage
SIMCA CV	SIMCA-Kreuzvalidierung
SIMCA Prd	SIMCA-Vorhersage
Canon CV	Analyse der kanonischen Diskriminante und Kreuzvalidierung
Canon Prd	Vorhersage der kanonischen Diskriminante und Kreuzvalidierung
Fisher CV	Analyse der linearen Diskriminante nach Fisher
Fisher Prd	Vorhersage der linearen Diskriminante nach Fisher
SCREAM	System Coherence Rendering Exception Analysis for Maintenance

[0109] PCA und HCA sind unbeaufsichtigte Lernverfahren. Sie können verwendet werden, um Trainingsdaten zu untersuchen und die Antworten zu finden auf:

- I. Wie viele Hauptkomponenten werden die meisten Varianzen abdecken?
- II. Wie viele Hauptkomponenten musst du wählen?
- III. Wie sehen die Ladeplots aus?
- IV. Wie sehen die Scores-Plots aus?
- V. Wie sind die Scores innerhalb der Klassen getrennt?
- VI. Wie sind die Cluster in ihren Klassen gruppiert?
- VII. Wie groß sind die Abstände zwischen den Clustern?

[0110] Die weiteren vier Algorithmen, KNN CV, SIMCA CV, Canon CV und Fisher CV sind beaufsichtigte Lernverfahren, die verwendet werden, wenn das Ziel darin besteht, Modelle zu erstellen, die verwendet werden sollen, um das zukünftige Verhalten eines Prozesses vorherzusagen. Diese Algorithmen werden eine Kreuzvalidierung ausführen, die optimale Anzahl an Parametern finden und Modell erstellen. SCREAM ist eigentlich eine Kombination mehrerer Verfahren, die eine Zeitfolgeanalyse verwenden.

[0111] Sobald die Daten durch den z. B. ersten Algorithmus gelaufen sind, wiederholt sich das Verfahren durch eine Verzweigung (Schritt **435**) zu Schritt **432** zu einem weiteren Prozess. Dieser Prozess wird wiederholt, bis einer oder mehrere der Algorithmen verwendet worden ist/sind, um die Daten zu analysieren. Der Prozess wird wiederholt, um zu versuchen, einen gewünschten Algorithmus zu finden, der gute Ergebnisse mit einem speziellen Vorverarbeitungsverfahren bereitstellt, das verwendet wird, um die Daten vorzubereiten. Wenn alle der gewünschten Algorithmen verwendet worden sind, speichert das Verfahren (oder hat zuvor gespeichert) (Schritt **437**) jedes der Ergebnisse des Prozesses über die Daten in dem Speicher.

[0112] In einer speziellen Ausführungsform stellt die vorliegende Erfindung ein Kreuzvalidierungsverfahren bereit. Hier kann ein Auto- (oder automatischer) Kreuzvalidierungsalgorithmus implementiert werden. Das vorliegende Verfahren verwendet eine Kreuzvalidierung, die ein Operationsprozess ist, der verwendet wird, um Modelle, die mit chemometrischen Algorithmen auf Grundlage eines Trainingsdatensatzes erstellt wurden, zu validieren. Während des Prozesses wird der Trainingsdatensatz in Kalibrier- und Validier-Subsets unterteilt. Ein Modell wird mit dem Kalibriersubset erstellt und wird verwendet, um das Validier-Subset vorherzusagen. Der Trainingsdatensatz kann in Kalibrier- und Validier-Subsets unterteilt werden, die „Leave One Out“ genannt werden, d. h., nimm eine Stichprobe aus jeder Klasse heraus, um ein Validier-Subset zu erstellen, und verwende die restlichen Stichproben, um ein Kalibrier-Subset zu erstellen. Dieser Prozess kann unter Verwendung verschiedener Subsets wiederholt werden, bis jede Stichprobe in dem Trainingsatz in einem Validier-Subset eingeschlossen wurde. Die vorhergesagten Ergebnisse werden in einer Matrix gespeichert. Dann werden die genauen Vorhersagequoten (correct prediction percentages = CPP) berechnet und werden verwendet, um das Leistungsvermögen des Modells zu validieren.

[0113] In Übereinstimmung mit dem vorliegenden Verfahren kann eine Kreuzvalidierung mit einem Trainingsdatensatz allgemein auf alle Modelle, die mit verschiedenen Algorithmen wie z. B. k-Nearest-Neighbor (KNN), SIMCA, Analyse der kanonischen Diskriminante, Analyse der linearen Diskriminante nach Fisher bzw. SCREAM erstellt wurden, angewendet werden. Die Ergebnisse der genauen Vorhersagequoten (CPP) zeigen die Leistungsunterschiede mit dem gleichen Trainingsdatensatz aber mit verschiedenen Algorithmen. Daher

kann man den besten Algorithmus in Übereinstimmung mit der Ausführungsform herausgreifen.

[0114] Während der Modellerstellung stehen mehrere Parameter und Optionen zur Wahl. Um das beste Modell mit einem Algorithmus zu erstellen, wird eine Kreuzvalidierung auch verwendet, um die optimalen Parameter und Optionen zu finden. Zum Beispiel wird in dem Prozess zum Erstellen eines KNN-Modells eine Kreuzvalidierung verwendet, um die mit einer verschiedenen Anzahl von K, verschiedenen Skalierungsoptionen, z. B. Mean Centering oder Autoscaling und anderen Optionen erstellten Modelle z. B. mit PCA oder ohne PCA zu validieren, um die optimale Kombination aus K und anderen Optionen herauszufinden. In einer bevorzugten Ausführungsform kann eine Auto-Kreuzvalidierung unter Verwendung einer einzigen Befehlsschaltfläche oder zweier Schaltflächen für eine einfache Verwendung implementiert sein. Sie wird die oben stehend erwähnten Prozesse automatisch über alle (oder beliebige gewählte) Algorithmen mit dem Trainingsdatensatz laufen lassen, um die optimale Kombination aus Parametern, Skalieroptionen und Algorithmen zu finden.

[0115] Das Verfahren führt auch zusätzliche Schritte des Abrufens von Daten, Schritt **438**, und Abrufens des Prozesses oder Algorithmus, Schritt **439**, aus. Wie erwähnt, kann jeder der Prozesse einen Descriptor für jede Stichprobe in dem Trainingssatz bilden. Jeder dieser Descriptoren kann gespeichert und abgerufen werden. Hier speichert das Verfahren die Rohdaten, die vorverarbeiteten Daten, die Descriptoren, und den Algorithmus, die für das Verfahren für jeden gemäß der vorliegenden Erfindung verwendeten Algorithmus verwendet werden. Das Verfahren stoppt, Schritt **441**.

[0116] Die oben stehende Abfolge von Schritten ist lediglich illustrativ. Die Schritte können unter Verwendung einer Computersoftware oder -hardware oder einer Kombination aus Hardware und Software ausgeführt werden. Jeder der oben stehenden Schritte kann in Abhängigkeit von der Ausführungsform auch getrennt oder kombiniert werden. In einigen Fällen können die Schritte auch in der Reihenfolge geändert werden, ohne den hierin beanspruchten Umfang der Erfindung einzuschränken. Ein Fachmann würde viele weitere Variationen, Abwandlungen und Alternativen erkennen.

[0117] Ein alternatives Verfahren in Übereinstimmung mit der vorliegenden Erfindung kann wie folgt kurz zusammengefasst werden:

1. Erfasse Rohdaten in Spannungen;
2. Prüfe Basislinienspannungen;
3. Filtere;
4. Berechne $\Delta R/R$;
5. Trainingssatz bestimmen?
6. Wenn ja, suche Stichproben (kann Prozess wiederholen);
7. Ausreißer bestimmen?
8. Wenn ja, entferne ungültige Daten, z. B. unter Verwendung von PCA;
9. Suche wichtige Sensoren mit Hilfe eines Wichtigkeitsindex (individueller Filterungsprozess);
10. Normalisiere;
11. Suche geeigneten Mustererkennungsprozess;
12. Lass jeden Mustererkennungsprozess laufen;
13. Zeige an (optional);
14. Suche Bestfit aus jedem Mustererkennungsprozess;
15. Vergleiche mit Vertrauensfaktor (falls kleiner als eine bestimmte Zahl, funktioniert dies nicht);
16. Führe nach Wunsch weitere Schritte aus.

[0118] Die oben stehende Abfolge von Schritten ist lediglich ein Beispiel einer Art, das vorliegende Verfahren und System in Übereinstimmung mit einer alternativen Ausführungsform zu lehren oder zu trainieren. Das vorliegende Beispiel nimmt mehr als einen unterschiedlichen Stoff, wobei jeder Stoff eine Vielzahl von Eigenschaften aufweist, die durch Sensoren oder andere Detektoren erfasst werden können. Jede dieser Eigenschaften wird gemessen und dann in das vorliegende Verfahren eingegeben, um einen Trainingssatz zu erzeugen. Das Verfahren umfasst eine Vielfalt von Datenverarbeitungsverfahren zur Bereitstellung des Trainingssatzes. In Abhängigkeit von der Ausführungsform können einige der Schritte noch weiter getrennt oder kombiniert werden. Details dieser Schritte sind unten stehend in Übereinstimmung mit den Fig. bereitgestellt.

[0119] Die [Fig. 4D](#) und [Fig. 4E](#) sind vereinfachte Darstellungen von Verfahren **450** in Übereinstimmung mit Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung. Diese Darstellungen sind lediglich Beispiele, die den Umfang der nachfolgenden Ansprüche nicht einschränken sollen. Ein Fachmann würde viele weitere Variationen, Abwandlungen und Alternativen erkennen. Wie gezeigt beginnt das vorliegende Verfahren bei Schritt **451**. Hier beginnt das Verfahren an einer Personal Computer-Hostschnittstelle, wobei das Verfahren einen Trainingssatz

von Stichproben (die jeweils als verschiedene Materialklasse definiert sind), der analysiert werden soll, oder eine unbekannte Stichprobe (sobald der Trainingssatz verarbeitet wurde) bereitstellt. Der Trainingssatz kann aus einer Vielzahl verschiedener Stichproben von Fluiden (oder anderen/r Stoffen oder Information) abgeleitet werden. Die Stichproben können in einem Bereich mit einer Anzahl von mehr als einem bis mehr als fünf oder mehr als zehn oder mehr als zwanzig in einigen Anwendungen liegen. Das vorliegende Verfahren verarbeitet eine Stichprobe auf einmal durch das Verfahren, das über die durch den Bezugsbuchstaben B angezeigte Verzweigung zurück zu Schritt **451** schleift, z. B. von Schritt **461**, der nachfolgend in größerem Detail beschrieben wird.

[0120] In einer speziellen Ausführungsform hat das Verfahren Daten über die Vielzahl von Stichproben aus einer Datenerfassungsvorrichtung erfasst. Hier sollte jede der Stichproben eine verschiedene Klasse von Daten gemäß der vorliegenden Erfindung bilden. Die Datenerfassungsvorrichtung kann eine beliebige geeignete Vorrichtung zum Erfassen entweder intrinsischer oder extrinsischer Information von einem Stoff sein. Lediglich als ein Beispiel verwendet das vorliegende Verfahren eine Datenerfassungsvorrichtung zum Erfassen von Geruchsinformation. Die Vorrichtung weist eine Vielzahl von Sensoren oder Detektoren auf, die einen Geruchs- oder Olfaktionsabdruck in einen künstlichen oder elektronischen Abdruck umwandeln. In einer speziellen Ausführungsform ist solch eine Datenerfassungsvorrichtung in der WO 99/47 905 offen gelegt. Der Fachmann wird weitere Vorrichtungen kennen, die andere elektronische Nasen umfassen, welche für eine Verwendung in der vorliegenden Erfindung geeignet sind. In einer speziellen Ausführungsform erfasst die vorliegende Erfindung Geruchsinformation von einer Vielzahl verschiedener Flüssigkeiten, wie z. B. Isopropylalkohol, Wasser, Toluol. Die Geruchsinformation von einer jeden der verschiedenen Flüssigkeiten ist durch eine Vielzahl messbarer Eigenschaften gekennzeichnet, die durch den Detektor erfasst werden. Jede verschiedene Flüssigkeit mit der Vielzahl messbarer Eigenschaften kann in eine elektronische Datenform für eine Verwendung in Übereinstimmung mit der vorliegenden Erfindung umgewandelt werden.

[0121] Das Verfahren erfasst die Rohdaten von der Stichprobe in dem Trainingssatz oft als eine Spannungsmessung, Schritt **452**. Die Spannungsmessung wird oft als eine Funktion der Zeit aufgetragen. In weiteren Ausführungsformen gibt es viele andere Wege, die Rohdaten bereitzustellen. Zum Beispiel können die Rohdaten als ein Widerstand, eine Kapazität, eine Induktanz, eine binäre Eigenschaft, eine quantifizierte Eigenschaft, ein Bereichswert oder -werte und dergleichen geliefert werden. Selbstverständlich ist der Typ verwendeter Rohdaten stark von der Anwendung abhängig. In einigen Ausführungsformen können die Rohdaten mehrere Male gemessen werden, wobei ein Mittelwert berechnet wird. Der Mittelwert kann ein zeitgewichteter Wert, ein mathematisch gewichteter Wert und weitere sein.

[0122] Als Nächstes kontrolliert das Verfahren die Basislinienspannungen von der Vielzahl von Detektoren, die verwendet werden, um Information von der Stichprobe zu erfassen, wie in Schritt **453** gezeigt. Das Verfahren kann jedes der hierin beschriebenen Basislinienkorrekturverfahren wie auch andere ausführen. Darüber hinaus kann das Verfahren lediglich prüfen, um festzustellen, ob jeder der Detektoren eine Ausgangsspannung innerhalb eines vorbestimmten Bereiches aufweist. Wenn jeder der Detektoren eine Ausgangsspannung innerhalb eines vorgebestimmten Bereiches aufweist, besitzt jeder der Detektoren eine Basislinienspannung, die nicht außerhalb des Bereiches liegt. Hier schreitet das Verfahren zu dem nächsten Schritt fort. Alternativ schreitet das Verfahren zu Schritt **455**, der den Detektor, der außerhalb des vorbestimmten Spannungsbereiches liegt, aussortiert, und schreitet dann zu dem nächsten Schritt fort. In einigen Ausführungsformen ist der Detektor, der außerhalb des Bereiches liegt, ein fehlerhafter oder schadhafter Sensor, der nicht für Trainings- und Analyse Zwecke verwendet werden sollte.

[0123] Das Verfahren bestimmt dann, ob die gemessene Spannung für jeden Detektor innerhalb eines vorbestimmten Bereiches liegt, Schritt **454**. Die Spannung für jeden Sensor wird durch Exposition des Sensors gegenüber der Stichprobe bereitgestellt. Die Exposition kann für einen vorbestimmten Zeitbetrag erfolgen. Darüber hinaus kann die Exposition wiederholt und entweder durch die Zeit oder geometrisch gemittelt werden. Die Spannung wird mit einem Bereich oder einem Satz von Bereichen verglichen, der/die oft den Sensor für die Exposition kennzeichnen. Wenn der exponierte Detektor außerhalb seines vorbestimmten Bereiches für die Exposition liegt, kann das Verfahren den Sensor aussortieren (Schritt **455**) und zu dem nächsten Schritt voranschreiten. Der aussortierte Sensor kann fehlerhaft oder beschädigt sein. Alternativ schreitet das Verfahren dann, wenn jeder der Detektoren in z. B. dem Array von Sensoren innerhalb eines entsprechenden vorbestimmten Bereiches liegt, zu dem nächsten Schritt fort, der nachfolgend erläutert wird.

[0124] Das Verfahren kann die Spannung zu einem Widerstandswert umwandeln, Schritt **456**. Alternativ kann die Spannung zu einer Kapazität, einer Induktanz, einer Impedanz oder einer anderen messbaren Eigenschaft umgewandelt werden. In einigen Ausführungsformen wird die Spannung nur unter Verwendung einer vor-

bestimmten Beziehung für jeden der Detektoren umgewandelt. Alternativ kann eine Verweistabelle vorhanden sein, die die Spannung mit dem Widerstand korreliert. Darüber hinaus kann es eine mathematische Beziehung geben, die Spannungen mit den Widerständen korreliert.

[0125] Dann lässt das Verfahren die Daten durch ein oder mehrere Filter laufen, Schritt **457**. Das Verfahren filtert die Daten, um jegliche/s Fehlstellen, Rauschen, etc. zu entfernen. Nur als Beispiel sind die Daten von der vorliegenden Datenerfassungsvorrichtung oft von Störimpulsen, Hochfrequenzrauschen und dergleichen begleitet. Hier ist das Signal-Rauschverhältnis oft eine wichtige Überlegung für eine Mustererkennung, insbesondere wenn Konzentrationen von Analyten gering, übermäßig hoch oder nicht innerhalb eines vordefinierten Bereiches von Fenstern gemäß einigen Ausführungsformen sind. In solchen Fällen ist es wünschenswert, das Signal-Rauschverhältnis mit Hilfe der derzeitigen Filterungstechnologie zu verstärken. Beispiele solcher Filterungstechnologien umfassen, sind aber nicht beschränkt auf ein Nullphasenfilter, ein Adaptives Exponentielles Moving Average Filter und ein Savitzky-Golay-Filter, das unten stehend in größerem Detail beschrieben wird.

[0126] Das Verfahren lässt eine Antwort über die Daten laufen, Schritt **458**. Hier kann das Verfahren einen Basislinienkorrekturschritt ausführen. In Abhängigkeit von der Ausführungsform kann es viele verschiedene Wege geben, ein Basislinienkorrekturverfahren zu implementieren. Hier findet das Basislinienkorrekturverfahren maximale Empfindlichkeiten, berechnet $\Delta R/R$ und trägt $\Delta R/R$ vs. Zeitstempel auf, wo die Daten erfasst wurden. Er berechnet auch ein maximales $\Delta R/R$ und eine maximale Steigung von $\Delta R/R$ für eine weitere Verarbeitung. Eine Basisliniendrift wird oft mit Hilfe des vorliegenden Schrittes korrigiert. Sobald die Basisliniendrift korrigiert worden ist, erfährt das vorliegende Verfahren einen Normalisierungsprozess, obwohl auch andere Prozesse verwendet werden können. Hier kann $\Delta R/R$ mit Hilfe einer Vielzahl von bekannten Verfahren, falls vorhanden, oder gemäß der vorliegenden Erfindung entwickelt werden, bestimmt werden.

[0127] In der vorliegenden Ausführungsform dient das Verfahren dem Analysieren eines Trainingsatzes von Stoffen, Schritt **459** (in [Fig. 4E](#)). Das Verfahren schreitet dann zu Schritt **461** fort. Alternativ springt das Verfahren zu Schritt **467**, der in einer oder mehreren gleichzeitig abhängigen Anwendungen beschrieben wird. Wenn weitere Stoffe in dem Trainingsatz analysiert werden sollen (Schritt **459**), kehrt das Verfahren über eine Verzweigung B zu Schritt **452** zurück, wie oben stehend erklärt. Hier schreitet das Verfahren fort, bis jeder der Stoffe in dem Trainingsatz durch den Prozess in den vorliegenden Vorverarbeitungsschritten gelaufen ist. Die anderen Stichproben werden im Allgemeinen durch jeden der obigen Schritte wie auch durch andere in einigen Ausführungsformen laufen.

[0128] Als Nächstes schreitet das Verfahren zu Schritt **463**. Dieser Schritt bestimmt, ob irgendwelche der Daten einen Ausreißer aufweist. In der vorliegenden Erfindung ist der Ausreißer ein Datenpunkt, der keinerlei sinnvolle Information an das Verfahren bereitstellt. Hier kann der Ausreißer ein Datenpunkt sein, der außerhalb des Rauschpegels liegt, wo keine Schlüsse gezogen werden können. Der Ausreißer wird oft als Datenpunkt betrachtet, der auf Grund statistischer Abweichungen aussortiert wird. Das heißt, niedrigste und höchste Datenpunkte können in einigen Ausführungsformen als Ausreißer betrachtet werden. Wenn Ausreißer gefunden werden, Schritt **463**, kann das Verfahren Stichproben erneut heranziehen (Schritt **465**), die den Detektoren, die Ausreißer aufweisen, ausgesetzt sind. Die Stichproben, die erneut herangezogen werden, schleifen über die durch den Bezugsbuchstaben B angezeigte Verzweigung durch den Prozess zurück. Ausreißer können aus den Daten in einigen Ausführungsformen entfernt werden.

[0129] Das Verfahren kann auch unter Verwendung eines Wichtigkeitsindex (individueller Filterungsprozess) wichtige Sensoren sichtbar machen. Hier identifiziert das Verfahren, welche Sensoren keinerlei bedeutsame Information bereitstellt, indem es einen gleichen Sensorausgang mit einem gleichen Sensorausgang für jede der Stichproben in dem Trainingsatz vergleicht. Wenn bestimmt wird, dass bestimmte Sensoren einen geringen Einfluss auf die Ergebnisse aufweisen, werden diese Sensoren ignoriert (Schritt **473**) und es wird mit dem nächsten Schritt fortgesetzt wie in der Fig. gezeigt. Alternativ, wenn bestimmt wurde, dass im Allgemeinen alle Sensoren eine gewisse Bedeutung haben, schreitet das Verfahren zu Schritt **467** fort.

[0130] Als Nächstes führt das Verfahren Nachverarbeitungsverfahren aus (Schritt **467**), wie hierin definiert. Die Nachverarbeitungsverfahren umfassen z. B. einen Normalisierungsschritt. In einer speziellen Ausführungsform skaliert der Normalisierungsschritt die Daten auf einen oder einen anderen Referenzwert und auto-skaliert dann die Daten, so dass jeder Stichprobenwert auf jeden anderen bezogen wird. Wenn die Daten für den Trainingsschritt, Schritt **468**, sind, schreitet das Verfahren zu einem Mustererkennungs-Kreuzvalidierungsprozess, Schritt **469**, fort, wobei der Kreuzvalidierungsprozess mit Schritt **470** verwendet wird.

[0131] Der Mustererkennungsprozess verwendet mehr als einen Algorithmus, die bekannt sind, derzeit ent-

wickelt werden oder in der Zukunft entwickelt werden. Der Prozess wird verwendet, um Gewichtungsfaktoren für jede der Eigenschaften zu finden, um am Ende ein identifizierbares Muster zum eindeutigen Identifizieren eines jeden der Stoffe zu bestimmen. Das vorliegende Verfahren lässt die Daten, die vorverarbeitet wurden, durch jeden der Algorithmen laufen.

PCA	Analyse von Haupt- bzw. Prinzipalkomponentenanalyse
HCA	Analyse hierarchischer Cluster
KNN CV	k-Nearest-Neighbors-Kreuzvalidierung
KNN Prd	k-Nearest-Neighbors-Vorhersage
SIMCA CV	SIMCA-Kreuzvalidierung
SIMCA Prd	SIMCA-Vorhersage
Canon CV	Analyse der kanonischen Diskriminante und Kreuzvalidierung
Canon Prd	Vorhersage der kanonischen Diskriminante
Fisher CV	Analyse der linearen Diskriminante nach Fisher und Kreuzvalidierung
Fisher Prd	Vorhersage der linearen Diskriminante nach Fisher
SCREAM	System Coherence Rendering Exception Analysis for Maintenance

[0132] PCA und HCA sind unbeaufsichtigte Lernverfahren. Sie können verwendet werden, um Trainingsdaten zu untersuchen und die Antworten zu finden auf:

- I. Wie viele Hauptkomponenten werden die meisten Varianzen abdecken?
- II. Wie viele Hauptkomponenten musst du wählen?
- III. Wie sehen die Ladeplots aus?
- IV. Wie sehen die Scores-Plots aus?
- V. Wie sind die Scores innerhalb der Klassen getrennt?
- VI. Wie sind die Cluster in ihren Klassen gruppiert?
- VII. Wie groß sind die Abstände zwischen den Clustern?

[0133] Die weiteren vier Algorithmen, KNN CV, SIMCA CV, Canon CV und Fisher CV sind beaufsichtigte Lernverfahren, die verwendet werden, wenn das Ziel darin besteht, Modelle zu erstellen, die verwendet werden sollen, um das zukünftige Verhalten eines Prozesses vorherzusagen. Diese Algorithmen werden eine Kreuzvalidierung durchführen, die optimale Anzahl an Parametern finden und Modelle erstellen. SCREAM ist eine Kombination mehrerer Verfahren, die eine Zeitfolgeanalyse verwenden.

[0134] In einer speziellen Ausführungsform stellt die vorliegende Erfindung ein Kreuzvalidierungsverfahren bereit. Hier kann ein Auto- (oder automatischer) Kreuzvalidierungsalgorithmus implementiert werden. Das vorliegende Verfahren verwendet eine Kreuzvalidierung, die ein Operationsprozess ist, der verwendet wird, um Modelle, die mit chemometrischen Algorithmen auf Grundlage eines Trainingsdatensatzes erstellt wurden, zu validieren. Während des Prozesses wird der Trainingsdatensatz in Kalibrier- und Validier-Subsets unterteilt. Ein Modell wird mit dem Kalibriersubset erstellt und wird verwendet, um das Validier-Subset vorherzusagen. Der Trainingsdatensatz kann in Kalibrier- und Validier-Subsets unterteilt werden, die „Leave One Out“ genannt werden, d. h., nimm eine Stichprobe aus jeder Klasse heraus, um ein Validier-Subset zu erstellen, und verwende die restlichen Stichproben, um ein Kalibrier-Subset zu erstellen. Dieser Prozess kann unter Verwendung verschiedener Subsets wiederholt werden, bis jede Stichprobe in dem Trainingsatz in einem Validier-Subset eingeschlossen wurde. Die vorhergesagten Ergebnisse werden in einer Matrix gespeichert. Dann werden die genauen Vorhersagequoten (CPP) berechnet und werden verwendet, um das Leistungsvermögen des Modells zu validieren.

[0135] In Übereinstimmung mit dem vorliegenden Verfahren kann eine Kreuzvalidierung mit einem Trainingsdatensatz allgemein auf alle Modelle, die mit verschiedenen Algorithmen wie z. B. k-Nearest-Neighbor (KNN), SIMCA, Analyse der kanonischen Diskriminante bzw. Analyse der linearen Diskriminante nach Fisher erstellt wurden, angewendet werden. Die Ergebnisse der genauen Vorhersagequoten (CPP) zeigen die Leistungsunterschiede mit dem gleichen Trainingsdatensatz, aber mit verschiedenen Algorithmen. Daher kann man den besten Algorithmus in Übereinstimmung mit der Ausführungsform herausgreifen, wie in Schritt 470 gezeigt.

[0136] Während der Modellerstellung stehen mehrere Parameter und Optionen zur Wahl. Um das beste Modell mit einem Algorithmus zu erstellen, wird eine Kreuzvalidierung auch verwendet, um die optimalen Parameter und Optionen zu finden. Zum Beispiel wird in dem Prozess zum Erstellen eines KNN-Modells eine Kreuzvalidierung verwendet, um die mit einer verschiedenen Anzahl von K, verschiedenen Skalierungsoptionen, z. B. Mean Centering oder Autoscaling und anderen Optionen erstellten Modelle z. B. mit PCA oder ohne PCA zu validieren, um die optimale Kombination aus K und anderen Optionen herauszufinden. In einer bevor-

zugten Ausführungsform kann eine Auto-Kreuzvalidierung unter Verwendung einer einzigen Befehlsschaltfläche oder zweier Befehlsschaltflächen für eine einfache Verwendung implementiert sein. Sie wird die oben stehend erwähnten Prozesse automatisch über alle (oder beliebige gewählte) Algorithmen mit dem Trainingsdatensatz laufen lassen, um die optimale Kombination aus Parametern, Skalieroptionen und Algorithmen zu finden.

[0137] Sobald der/das Bestfit-Algorithmus und -Modell sichtbar gemacht wurden, durchläuft das Verfahren einen Diskriminierungstest, Schritt **471**. In einer speziellen Ausführungsform vergleicht das Verfahren die Ergebnisse, z. B. einen Fit von Daten mit einem Algorithmus oder eine Kombination von Daten und anderer Vorverarbeitungsinformation mit einem Vertrauensfaktor (wenn kleiner als eine bestimmte Anzahl, funktioniert dies nicht). Dieser Schritt sorgt für eine endgültige Vorselektierung der Daten, des verwendeten Algorithmus, der Vorverarbeitungsverfahren und anderer Faktoren, um zu sehen, ob alles zusammen sinnvoll ist. Wenn ja, wählt das Verfahren die endgültige Kombination von Verfahren, die in Übereinstimmung mit einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung verwendet wird.

[0138] Die oben stehende Abfolge von Schritten ist lediglich illustrativ. Die Schritte können unter Verwendung einer Computersoftware oder -hardware oder einer Kombination aus Hardware und Software ausgeführt werden. Jeder der oben stehenden Schritte kann in Abhängigkeit von der Ausführungsform auch getrennt oder kombiniert werden. In einigen Fällen können die Schritte auch in der Reihenfolge geändert werden, ohne den hierin beanspruchten Umfang der Erfindung einzuschränken. Ein Fachmann würde viele weitere Variationen, Abwandlungen und Alternativen erkennen.

[0139] Das oben stehende Beispiel ist lediglich eine Veranschaulichung, die den Umfang der nachfolgenden Ansprüche nicht unzulässig einschränken soll. Ein Fachmann würde viele weitere Variationen, Abwandlungen und Alternativen erkennen.

[0140] Es sollte auch einzusehen sein, dass die hierin beschriebenen Beispiele und Ausführungsformen nur illustrativ sind und dass dem Fachmann in diesem Licht verschiedene Abwandlungen oder Änderungen einfallen werden, die innerhalb des Geistes und des Bereiches dieser Anwendung und des Umfangs der beiliegenden Ansprüche eingeschlossen sein sollen. Alle hierin zitierten Veröffentlichungen, Patente und Patentanmeldungen sind hierin in ihrer Gesamtheit in jeder Hinsicht durch Verweis aufgenommen.

[0141] Ein alternatives Verfahren für Identifizierungs- und Klassifizierungszwecke in Übereinstimmung mit der vorliegenden Erfindung wird wie folgt kurz zusammengefasst:

1. Stelle unbekannte Stichprobe bereit;
2. Erfasse Rohdaten in Spannungen;
3. Prüfe Basislinienspannungen;
4. Filtere;
5. Berechne $\Delta R/R$;
6. Trainingssatz bestimmen?
7. Wenn ja, verwende oben umrissenes Verfahren;
8. Andernfalls, normalisiere;
9. Wenn Trainingssatz, verwende oben umrissenes Verfahren;
10. Andernfalls, suche geeigneten Mustererkennungssatz aus obigem Verfahren für Trainingssatz;
11. Gib Ergebnisse aus Mustererkennungsprozess aus;
12. Überprüfe Vertrauensniveau;
13. Wenn größer als vorbestimmter Betrag, gehe zu nächstem Schritt, andernfalls berichte Namen und Wahrscheinlichkeit der nächsten Klasse;
14. Mache Vorhersage und berichte Wahrscheinlichkeit; und
15. Führe nach Bedarf weitere Schritte aus.

[0142] Die oben stehende Abfolge von Schritten ist lediglich ein Beispiel einer Art, eine unbekannte Stichprobe oder eine bekannte Stichprobe mit unbekannter Qualität in Übereinstimmung mit einer alternativen Ausführungsform zu identifizieren oder zu klassifizieren. Das vorliegende Beispiel nimmt eine/n Stoff oder Stichprobe, wobei der Stoff eine Vielzahl von Eigenschaften aufweist, die durch Sensoren oder andere Detektoren erfasst werden können. Jede dieser Eigenschaften wird gemessen und dann in das vorliegende Verfahren eingegeben, um einen Trainingssatz zu erzeugen. Das Verfahren umfasst eine Vielfalt von Datenverarbeitungsverfahren zur Bereitstellung des Trainingssatzes. In Abhängigkeit von der Ausführungsform können einige der Schritte noch weiter getrennt oder kombiniert werden. Details dieser Schritte sind unten stehend in Übereinstimmung mit der Fig. bereitgestellt.

[0143] Wie gezeigt, beginnt das vorliegende Verfahren (**450**) bei Schritt **451**. Hier beginnt das Verfahren an einer Personal Computer-Hostschnittstelle, wobei das Verfahren eine Stichprobe, die analysiert werden soll, oder eine unbekannte Stichprobe (sobald der Trainingssatz verarbeitet wurde) bereitstellt. Das vorliegende Verfahren verarbeitet eine bekannte Stichprobe mit unbekannter Qualität, um zu bestimmen, ob die Qualität innerhalb oder außerhalb eines vorbestimmten Bereiches liegt. Alternativ kann die Stichprobe unbekannt sein und die Stichprobenklassifizierung wird gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung bestimmt.

[0144] In einer speziellen Ausführungsform hat das Verfahren Daten über die Stichprobe aus einer Datenerfassungsvorrichtung erfasst. Hier sollte die Stichprobe eine verschiedene Klasse von Daten gemäß der vorliegenden Erfindung bilden. Die Datenerfassungsvorrichtung kann eine beliebige geeignete Vorrichtung zum Erfassen entweder intrinsischer oder extrinsischer Information von einem Stoff sein. Lediglich als ein Beispiel verwendet das vorliegende Verfahren eine Datenerfassungsvorrichtung zum Erfassen von Geruchsinformation. Die Vorrichtung weist eine Vielzahl von Sensoren oder Detektoren auf, die einen Geruchs- oder Olfaktionsabdruck in einen künstlichen oder elektronischen Abdruck umwandeln. In einer speziellen Ausführungsform ist solch eine Datenerfassungsvorrichtung in der WO 99/47 905 offen gelegt. Der Fachmann wird weitere Vorrichtungen kennen, die andere elektronische Nasen umfassen, welche für eine Verwendung in der vorliegenden Erfindung geeignet sind. In einer speziellen Ausführungsform erfasst die vorliegende Erfindung Geruchsinformation von einer Vielzahl verschiedener Flüssigkeiten, wie z. B. Isopropylalkohol, Wasser, Toluol. Die Geruchsinformation von einer jeden der verschiedenen Flüssigkeiten ist durch eine Vielzahl messbarer Eigenschaften gekennzeichnet, die durch den Detektor erfasst werden. Jede verschiedene Flüssigkeit mit der Vielzahl messbarer Eigenschaften kann in eine elektronische Datenform für eine Verwendung in Übereinstimmung mit der vorliegenden Erfindung umgewandelt werden.

[0145] Das Verfahren erfasst die Rohdaten von der Stichprobe oft als eine Spannungsmessung Schritt **452**. Die Spannungsmessung wird oft als eine Funktion der Zeit aufgetragen. In weiteren Ausführungsformen gibt es andere Wege, Rohdaten bereitzustellen. Zum Beispiel können die Rohdaten als ein Widerstand, eine Kapazität, eine Induktanz, eine binäre Eigenschaft, eine quantifizierte Eigenschaft, ein Bereichswert oder -werte und dergleichen geliefert werden. Selbstverständlich ist der Typ verwendeter Rohdaten stark von der Anwendung abhängig. In einigen Ausführungsformen können die Rohdaten mehrere Male gemessen werden, wobei ein Mittelwert berechnet wird. Der Mittelwert kann ein zeitgewichteter Wert, ein mathematisch gewichteter Wert und weitere sein.

[0146] Als Nächstes kontrolliert das Verfahren die Basislinienspannungen von der Vielzahl von Detektoren, die verwendet werden, um Information von der Stichprobe zu erfassen, wie in Schritt **453** gezeigt. Das Verfahren kann jedes der hierin beschriebenen Basislinienkorrekturverfahren wie auch andere ausführen. Darüber hinaus kann das Verfahren lediglich prüfen, um festzustellen, ob jeder der Detektoren eine Ausgangsspannung innerhalb eines vorbestimmten Bereiches aufweist. Wenn jeder der Detektoren eine Ausgangsspannung innerhalb eines vorbestimmten Bereiches aufweist, besitzt jeder der Detektoren eine Basislinienspannung, die nicht außerhalb des Bereiches liegt. Hier schreitet das Verfahren zu dem nächsten Schritt fort.

[0147] Alternativ schreitet das Verfahren zu Schritt **455**, der den Detektoren, die außerhalb des vorbestimmten Spannungsbereiches liegt, aussortiert, und schreitet dann zu dem nächsten Schritt fort. In einigen Ausführungsformen ist der Detektor, der außerhalb des Bereiches liegt, ein fehlerhafter oder schadhafter Sensor, der nicht für Trainings- und Analysezwecke verwendet werden sollte.

[0148] Das Verfahren bestimmt dann, ob die gemessene Spannung für jeden Detektor innerhalb eines vorbestimmten Bereiches liegt, Schritt **454**. Die Spannung für jeden Sensor wird durch Exposition des Sensors gegenüber der Stichprobe bereitgestellt. Die Exposition kann für einen vorbestimmten Zeitbetrag erfolgen. Darüber hinaus kann die Exposition wiederholt und entweder durch die Zeit oder geometrisch gemittelt werden. Die Spannung wird mit einem Bereich oder einem Satz von Bereichen verglichen, der oft den Sensor für die Exposition charakterisiert. Wenn der exponierte Detektor außerhalb seines vorbestimmten Bereiches für die Exposition liegt, kann das Verfahren den Sensor aussortieren (Schritt **455**) und zu dem nächsten Schritt vorschreiten. Der aussortierte Sensor kann fehlerhaft oder schadhaft sein. Alternativ schreitet das Verfahren dann, wenn jeder der Detektoren in z. B. dem Array von Sensoren innerhalb eines entsprechenden vorbestimmten Bereiches liegt, zu dem nächsten Schritt fort, der nachfolgend erläutert wird.

[0149] Das Verfahren kann die Spannung zu einem Widerstandswert umwandeln, Schritt **456**. Alternativ kann die Spannung zu einem kapazitiven Widerstand, einer Induktanz, einer Impedanz oder einer anderen messbaren Eigenschaft umgewandelt werden. In einigen Ausführungsformen wird die Spannung nur unter Verwendung einer vorbestimmten Beziehung für jeden der Detektoren umgewandelt. Alternativ kann eine Verweista-

belle vorhanden sein, die die Spannungen mit Widerständen korreliert. Darüber hinaus kann es eine mathematische Beziehung geben, die die Spannung mit dem Widerstand korreliert.

[0150] Das Verfahren lässt die Daten durch ein oder mehrere Filter laufen, Schritt **457**. Das Verfahren filtert die Daten, um jegliche/s Fehlstellen, Rauschen, etc. zu entfernen. Nur als Beispiel sind die Daten von der vorliegenden Datenerfassungsvorrichtung oft von Störimpulsen, Hochfrequenzrauschen und dergleichen begleitet. Hier ist das Signal-Rauschverhältnis oft eine wichtige Überlegung für eine Mustererkennung, insbesondere wenn Konzentrationen von Analyten gering, übermäßig hoch oder nicht innerhalb eines vordefinierten Bereiches von Fenstern gemäß einigen Ausführungsformen sind. In solchen Fällen ist es wünschenswert, das Signal-Rauschverhältnis mit Hilfe der derzeitigen Filterungstechnologie zu verstärken. Beispiele solcher Filterungstechnologien umfassen, sind aber nicht beschränkt auf ein Nullphasenfilter, ein Adaptives Exponentielles Moving Average Filter und ein Savitzky-Golay-Filter, das unten stehend in größerem Detail beschrieben wird.

[0151] Das Verfahren lässt eine Antwort über die Daten laufen, Schritt **458**. Hier kann das Verfahren einen Basislinienkorrekturschritt ausführen. In Abhängigkeit von der Ausführungsform kann es viele verschiedene Wege geben, ein Basislinienkorrekturverfahren zu implementieren. Hier findet das Basislinienkorrekturverfahren maximale Empfindlichkeiten, berechnet $\Delta R/R$ und trägt $\Delta R/R$ vs. Zeitstempel auf, wo die Daten erfasst wurden. Es berechnet auch ein maximales $\Delta R/R$ und eine maximale Steigung von $\Delta R/R$ für eine weitere Verarbeitung. Eine Basisliniendrift wird oft mit Hilfe des vorliegenden Schrittes korrigiert. Sobald die Basisliniendrift korrigiert worden ist, erfährt das Verfahren einen Normalisierungsprozess, obwohl auch andere Prozesse verwendet werden können. Hier kann $\Delta R/R$ mit Hilfe einer Vielzahl von bekannten Verfahren, falls vorhanden, oder gemäß der vorliegenden Erfindung entwickelt werden.

[0152] In einer speziellen Ausführungsform werden die meisten der Vorverarbeitungsschritte, wie oben angedeutet, durch optimale Kombinationen von Prozessen aus dem Trainingsatz bestimmt. Die Stichprobe wird durch den gleichen oder ähnlichen Satz von Vorverarbeitungsschritten laufen gelassen. In der vorliegenden Ausführungsform springt das Verfahren zu Schritt **467**. Die Nachverarbeitungsverfahren umfassen z. B. einen Normalisierungsschritt. In einer speziellen Ausführungsform skaliert der Normalisierungsschritt die Daten auf einen oder anderen Referenzwert und autoskaliert dann die Daten, so dass jeder Stichprobenwert auf jeden anderen bezogen wird (Schritt **467**).

[0153] Da die Stichprobe kein Teil des Trainingsatzprozesses (Schritt **468**) ist, schreitet das Verfahren zu Schritt **475**. Hier wird die unbekannte Stichprobe durch den aus dem Trainingsverfahren gewähltem Algorithmus laufen gelassen, Schritt **475**. Der Trainingsatz hat den optimalen oder beinahe optimalen Algorithmus sichtbar gemacht, der durch die unbekannte Stichprobe, die in eine der Klassen aus dem Trainingsatz fallen sollte, verwendet werden soll. Die Stichprobe läuft durch Berechnungen (Schritt **476**) und ein Ergebnis oder Ergebnisse werden ausgegeben. Das Ergebnis wird durch einen Vertrauensfaktor ausgegeben (Schritt **477**). Wenn das Ergebnis größer als ein vorbestimmter Betrag ist, schreitet das Verfahren zu Schritt **479**. Alternativ gibt das Verfahren ein Ergebnis (Schritt **478**) mit dem Namen und der Wahrscheinlichkeit der nächst befindlichen Klasse aus (Schritt **455**).

[0154] In Schritt **479** trifft das Verfahren eine Vorhersage und berichtet die Wahrscheinlichkeit. In einigen Ausführungsformen identifiziert das Verfahren die unbekannte Stichprobe auf Grundlage ihres Descriptors, der mit einer bekannten Klasse von Stichproben aus dem Trainingsatz übereinstimmt. Alternativ erkennt das Verfahren, dass die Stichprobe, die bekannt ist, aber von unbekannter Qualität sein kann, innerhalb eines vorgebestimmten Bereiches von Werten liegt. Hier kann das Verfahren bestimmen, ob eine Stichprobe, die z. B. aus einem industriellen Prozess abgeleitet wurde, innerhalb einer vorherbestimmten Spezifikation aus einem Trainingsschritt liegt. Die Stichprobe kann ein Endprodukt, ein Zwischenprodukt oder eine beliebige andere Herstellungs- oder Verarbeitungsstufe sein.

[0155] Die oben stehende Abfolge von Schritten ist lediglich illustrativ. Die Schritte können unter Verwendung einer Computersoftware oder -Hardware oder einer Kombination aus Hardware und Software ausgeführt werden. Jeder der oben stehenden Schritte kann in Abhängigkeit von der Ausführungsform auch getrennt oder kombiniert werden. In einigen Fällen können die Schritte auch in der Reihenfolge geändert werden, ohne den hierin beanspruchten Umfang der Erfindung einzuschränken. Ein Fachmann würde viele weitere Variationen, Abwandlungen und Alternativen erkennen. Das oben stehende Beispiel ist lediglich eine Veranschaulichung, die den Umfang der nachfolgenden Ansprüche nicht unzulässig einschränken soll. Ein Fachmann würde viele weitere Variationen, Abwandlungen und Alternativen erkennen.

[0156] Zum Beispiel ist die vorliegende Erfindung, während die oben stehende Beschreibung auf eine Ver-

wendung von Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung zum Steuern eines industriellen Prozesses gerichtet ist, nicht auf diese Anwendung beschränkt. Die vorliegende Erfindung ist allgemein anwendbar, um den Zustand komplexer Prozesses zu überwachen und kann z. B. verwendet werden, um den laufenden Zustand eines Teils eines Betriebsmittels wie z. B. einer Pumpe, eines Kompressors oder einer Papierherstellungsmaschine zu überwachen.

[0157] Darüber hinaus ist die vorliegende Erfindung nicht auf eine Überwachung industrieller Prozesse beschränkt. Andere komplexe Prozesse können in Übereinstimmung mit Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung überwacht werden. Zum Beispiel könnte eine Ausführungsform der vorliegenden Erfindung für eine humanmedizinische Diagnose genutzt werden, wobei nicht symbolische Eingänge wie z. B. Herzfrequenz, Anamnese, Blutuntersuchungen etc. mit symbolischer Information wie z. B. Patientenverhalten, Hautbeschaffenheit und -farbe etc. kombiniert werden. Auf Grundlage der verschiedenen Eingänge könnte ein System eine Schwellenwertpatientenbeurteilung bereitstellen und sogar Änderungen in der Behandlung, selbstverständlich unter der Aufsicht und Intervention eines ausgebildeten Arztes, vorschlagen.

Beispiele:

[0158] Um den Betrieb der vorliegenden Erfindung zu erproben haben wir ein Softwarespezifikationsdokument erstellt, das verwendet werden kann, um Aspekte der Erfindung auszuführen. Diese Spezifikation ist lediglich eine Veranschaulichung, die den Umfang der nachfolgenden Ansprüche nicht unzulässig einschränken soll. Ein Fachmann würde viele weitere Variationen, Abwandlungen und Alternativen erkennen. Zum einfacheren Lesen wird ein Überblick über das Inhaltsverzeichnis der Spezifikation wie folgt bereitgestellt.

SYSTEMANFORDERUNGEN
 PROJEKTBECHREIBUNG
 PRODUKTDEFINITION
 FUNKTIONSSPEZIFIKATIONEN
 BETRIEBSUMGEBUNG
 ANHANG

GLOSSAR

SYSTEMANFORDERUNGEN

[0159] Die nachfolgende Information wurde vorbereitet, um eine Computersoftware mit einem Softwareprodukt für eine Prozesssteuerung zu definieren. Die Software wurde gebildet, um Sensordaten aus diversen Datenquellen in einer Anlage oder einer anderen Herstellungsumgebung zu analysieren. Ein Softwareprodukt, das in der Lage ist, verbesserte Analysefähigkeiten bereitzustellen, würde einen unbefriedigten Bedarf decken und in einer Anzahl von Marktsektoren von Wert sein. Durch Verwendung fortgeschrittener analytischer Verfahren ist eine bessere Vorhersage möglich, die wiederum eine verbesserte Produktqualität, erhöhte Zuverlässigkeit, weniger Stillstandzeit und weitere Vorteile bereitstellt. Verschiedene Tests wurden mit wichtigen Partnern in ausgewählten Vertikalmärkten durchgeführt. Eine Analyse von Daten aus einer petrochemischen Pilotanlage und Versuchen mit Rauch- und Feuererfassung ergaben jeweils positive Resultate und ermutigten dazu, die Arbeit an der Entwicklung eines robusten Softwareprodukts fortzusetzen.

[0160] In dem vorliegenden Beispiel wird ein modularer Satz von web-/browser basierten Softwareprodukten entwickelt, der es ermöglicht, dass Benutzer in diversen Industrien bestehende Verfahren zum Überwachen, Analysieren und Berichten des/über den Zustand/s von Sensoren und/oder anderer Messvorrichtungen erweitern. In diesem Dokument wird diese Software als „die Software“ bezeichnet. Es werden auch die derzeit verfügbaren analytischen Fähigkeiten ausgeweitet, so dass sie fortgeschrittene multivariate Verfahren und SCREAM (System Coherence Rendering Exception Analysis for Maintenance)-Verfahren zur Prozessüberwachung, -steuerung und -optimierung, eine Fehler- und Anomalieerfassung, die Fähigkeit, Schlüsselbeziehungen zwischen Variablen zu erkennen, umfassen, und die Komplexität einer Steuerung wird verringert.

[0161] Die Software wird an bestehende Prozesssteuerungshardware und Enterprise-Software ankoppeln, so dass die Ergebnisse der Analysen der Software automatisch in spezifische Aktionen übertragen werden können, die eine Anlageneffizienz verbessern. Obwohl die Software auf jede Industrie anwendbar sein sollte, wird der Schwerpunkt auf dem Öl- und Gas-, chemischen und Lebensmittelsektor liegen. Auch das Gesundheitswesen kann eine Industrie sein, auf die man sich konzentrieren sollte.

[0162] In der vorliegenden Erfindung weist unser System ein oder mehrere erwünschte Merkmale auf. Diese

Merkmale umfassen Computersoftware, die:

1. das Erfassen von Sensordaten ermöglicht;
2. univariate, multivariate und SCREAM-Analysen ausführt;
3. zulässt, dass Prozessmodelle erstellt und gespeichert werden, mit einer Schnittstelle auf gleichungsba-
sierte physikalische Modellersteller; Software, die Echtzeitsensordaten überwacht;
4. eine Datenminimierung von historischen und Echtzeitdaten ermöglicht;
5. eine Verwaltung und Konfiguration von Benutzern, Sensoren und Daten ermöglicht;
6. prozessmodellerggebnisbezogene Alarme definiert und managt;
7. vorsieht, dass Expertensysteme Alarmdaten interpretieren und spezifische Aktionen empfehlen;
8. eine Schnittstelle an Enterprise Resource Planning (ERP)-Systeme bereitstellt, die Prozessmodellergel-
gebnisse verwenden, um Aktionen einzuleiten; und
9. eine Schnittstelle an Prozesssteuerungen bereitstellt, die Prozessmodellergelbnisse verwenden, um Ak-
tionen einzuleiten.

[0163] Wie erwähnt, sind oben lediglich Beispiele angeführt, die den Umfang der nachfolgenden Ansprüche nicht unzulässig einschränken sollen. Ein Fachmann würde viele weitere Variationen, Abwandlungen und Alternativen erkennen.

PROJEKTDESCHEIBUNG

[0164] Folgende Ziele für die Software wurden identifiziert: (1) Verringern der Anzahl einzelner Alarme, mit denen sich ein Produktionspersonal befassen muss; (2) Verringern einer Zeit für Problemdiagnose durch Bereitstellen empfindlicher und robuster Verfahren zum Erkennen einer Anomalie; (3) Erkennen von Systemeigenschaften, die optimiert werden können, um durch Verwendung verbesserter Data Mining-Verfahren Betriebskosten einzusparen; (4) Bereitstellen eines Systemüberwachungsleistungsvermögens, das zulässt, dass Systemüberwachungen mehrere univariate Alarme gegen weniger multivariate oder SCREAM-Alarme tauscht; (5) Ausführen besserer Datenvorverarbeitungsfähigkeiten, einer Datenvisualisierung und einer flexiblen Datendarstellung; (6) Verringern der Zeitbeträge für Produkte außerhalb einer Spezifikation, für Produktnachbearbeitungen und Chargenzyklen; und (7) Verringern oder Eliminieren katastrophaler Prozessereignisse.

[0165] Das Problem ist definiert durch Anforderungen an Herstellungsprozesse, die konstant steigen, wobei höhere Ziele hinsichtlich Qualität, Durchsatz und Ausbeute bei gleichzeitig geringeren Kosten, weniger Abfall und weniger Umweltverschmutzung gefordert werden. Eine Erfüllung dieser Anforderungen erfordert ein besseres Wissen über die Prozesse und Prozessbetriebe, wie auch eine bessere Kontrolle über Prozesszustände.

[0166] Verfahren wie die Haupt- bzw. Prinzipalkomponentenanalyse (PCM) und die Partial-Least-Squares-Analyse (PLS) sind gut zum Modellieren und zur Analyse großer und komplexer Datensätze geeignet. Diese Verfahren liefern einfach interpretierbare Ergebnisse wie z. B. Abweichungen von dem Modell. Wir sind der Meinung, dass die Verwendung der JPL-entwickelten SCREAM-Verfahren einen noch besseren Weg bieten kann, um Fehler, selbst solche, für die Modelle nicht explizit trainiert wurden, zu erkennen und letztlich zu beheben.

[0167] Das Ziel des Projekts ist durch eine Anzahl von Faktoren gekennzeichnet. Ein solcher Faktor sind geografische Grenzen. Bisher wurde das Produkt nur für den US-Markt entwickelt. Das System wird nur in Englisch bereitgestellt. Während dies keine bedeutenden Auswirkungen auf die Entwicklung hat, wurde bisher noch keine Entwicklung alternativer Anzeigen für Zahlen etc. auf Grundlage von landesspezifischen Konventionen (z. B. Anzeigen von 1.000.000 anstelle von 1,000,000) durchgeführt. Es kann auch bestimmte Auswirkungen für Messeinheiten geben (z. B. die Verwendung von Litern anstelle von Gallonen etc.).

[0168] Die meisten der mit SCREAM bis dato Daten durchgeführten Tests erfolgten in der Raumfahrtindustrie. JPL hat von der erfolgreichen Anwendung dieser Verfahren berichtet, aber die Ergebnisse wurden noch nicht in anderen Industrien bestätigt. Im Hinblick auf diesen Punkt werden wir während der Softwaredesignphase mit potenziellen Partnern zusammenarbeiten, um die Wirksamkeit der SCREAM-Verfahren in verschiedenen Industrien zu bestätigen.

[0169] Ein weiterer möglicher Faktor ist die Abneigung von Managements, das System zu übernehmen. Wenn für die Herstellungsumgebung so viel auf dem Spiel steht, kann es sein, dass ein Management eine Abneigung zeigt, ein ungeprüftes Produkt von einem relativ kleinen Anbieter in seine Anlagenumgebung einzuführen. Im Hinblick auf dieses Problem werden strategische Partnerschaften mit wenigen hoch profilierten

Partnern betrieben, um eine Leistungsaufzählung des Erfolgs des Produkts zu entwickeln. Darüber hinaus wird die Software parallel mit bestehenden Verfahren während einer Produktvalidierungsperiode eingesetzt.

[0170] Darüber hinaus können Modellersteller auf Grund des erforderlichen Trainings und der Ermangelung eines spürbaren Werts einer Einbeziehung eines anderen Systems gegenüber abgeneigt sein. Wir müssen dieses Problem ansprechen, indem der Wert der Software deutlich gezeigt wird und Modellersteller dazu gebracht werden, der Meinung zu sein, dass sie sie haben müssen und nicht der Meinung sind, es wäre schön, sie zu besitzen.

[0171] Ein Teil der Forschung in dem Bereich von Prozesssteuerungen lässt den Schluss zu, dass eine Abneigung von Überwachern ein Hauptgrund dafür ist, weshalb neue Softwarelösungen nicht einfach in die normale Arbeitsroutine übernommen werden. Um dieses Problem anzusprechen, werden wir während der Designphase Ressourcen auf eine bessere Benutzer-Schnittstelle für Benutzer konzentrieren, mit einem speziellen Focus auf die Überwachungsfunktion. Wir werden uns während der Implementierung auch auf das Training von Überwachern konzentrieren. Überwacher benötigen vielleicht eine Rückversicherung, dass die Software da ist, um ihnen bei der Erledigung ihrer Arbeit zu helfen und nicht, um sie von ihrer Arbeit zu verdrängen.

[0172] Die Prozesssteuerung ist eine ziemlich kleine Nische mit wenigen dominanten Anbietern, wobei aber viele kleinere Anbieter Fachkenntnis zu dem Thema beitragen. Die Software wird eine sorgfältige Positionierung als Produkt, das mit bestehender Software funktioniert, das aber auch für sich gut genug ist, erfordern.

[0173] Es wird für uns wichtig sein, interne Ressourcen zu entwickeln bzw. zu trainieren, um die Software mit bestehender Hardware und Software in der Prozesssteuerungsumgebung zu integrieren. Alternativ könnten wir geeignete Ressourcen in diesen Bereichen mieten oder vertraglich sichern.

[0174] Wir sind der Meinung, dass eine browserbasierte Lösung entscheidend für den Erfolg des Produkts ist. Es muss nachgewiesen werden, dass eine browserbasierte Implementierung die in diesem Dokument umrissenen Leistungsanforderungen erfüllen kann. Es wird vorgeschlagen, dass während der Designphase frühe Messungen vorgenommen werden, um die technische Machbarkeit zu bestätigen.

[0175] Eine Anzahl von Voraussetzungen beeinflusst die Design- und Projektentwicklung. Detaillierte Beschreibungen von Voraussetzungen, die die zugrunde liegenden Prämissen der Projekt- oder Systemstruktur sind, werden beschrieben.

[0176] Während dies hier kurz umrissen ist, wird erwartet, dass die Software ein Expertensystem umfassen wird, das sich in ERP-Systeme und Prozesssteuerungen integriert. Systeme sollten mit diesen Gedanken geplant werden, wobei wann immer möglich bestehende Industriestandards verwendet werden.

[0177] Die Software wird zusammen mit bereits installierten Prozesssteuerungs- und e-Enterprisesoftwarelösungen bestehen. Es wird davon ausgegangen, dass irgendeine Art von Software (d. h. ein SCADA-System) Sensordaten bereits erfasst, speichert und organisiert. Daher wird die Software nicht direkt mit den Sensoren interagieren müssen.

[0178] Man geht davon aus, dass die SCREAM-Software von JPL die erwarteten Ergebnisse liefert und dass die Technologie auf Herstellungsumgebungen anwendbar ist. Des Weiteren wird die Software wahrscheinlich auch ein Softwarepaket integrieren, das alle univariaten und multivariaten Berechnungen bereitstellt.

[0179] Eine Anzahl von Voraussetzungen, die die Prozesssteuerungstechnologie betreffen, ist nachfolgend angeführt. Als Erstes wurde der Thin-Client-System HMI (Mensch-Maschine-Schnittstelle) in jedem Aspekt sowohl hinsichtlich Prozess und Einzelfertigung zunehmend allgegenwärtig. Die Thin-Client-Technologie sorgt für Fernüberwachungs-, -steuerungs- und -wartungsfähigkeiten für einen für das Web erdachten Mechanismus und kann auf serverbasierte Netzwerkanwendungen und eingebettete Vorrichtungen mit Webserversoftware zugreifen. Anstatt dass die Anwendung sich auf einer lokalen Vorrichtung befindet und hier arbeitet, befindet sie sich auf dem Webserver und arbeitet auf diesem. Der Webserver kann sich in einem internen Hochgeschwindigkeitsintranetnetzwerk befinden oder auf einem Internetserver irgendwo auf der Welt angeordnet sein. Thin-Clients haben Zugriff auf HMI-Information unter Verwendung handelsüblicher Webbrowser, die keine lokale HMI-Software benötigen.

[0180] Webbrowser bieten jedermann, der befugt ist, überall und jederzeit einen Zugriff auf Thin-Client-Technologie. Browser überbrücken den Spalt zwischen diversen Systemen, sind intuitiv und einfach zu verwenden,

sind frei oder kostengünstig und laufen auf PCs und Palmtops. Sie kommunizieren mit jedem eingebetteten Computer mit Webserversoftware, verringern Benutzertrainingskosten und verringern IT-Support- und -Wartungskosten.

[0181] Darüber hinaus entwickelt sich XML zum Hauptübertragungsmedium, um Daten und Information über das Internet zu transportieren. Es wird verwendet werden, um Echtzeitdaten von der Vorrichtungsebene zu der Unternehmensebene zu transportieren, um Anwendungen laufen zu lassen, die die gemeinschaftliche Information, die über alle Schichten innerhalb der Fabrik und darüber hinaus benötigt wird, bereitstellen werden. XML wird das Query-Response-Format für viele Serveranwendungen werden.

[0182] XML-Schemata erfassen die wesentlichen Datenstrukturen der Geschäfts- und Herstellungsprozesse von vertikalen Industriesektoren und Handelspartnern in der Lieferkette. Die Standardisierung von XML-Schemata ersetzt die älteren Electronic Data Interchange (EDI)-Transaktionsdatensätze und erstellt standardisierte Lieferkettendatensätze.

[0183] Des Weiteren wird sich die Java-Technologie, die bereits das bevorzugte Verfahren zum Betreiben des Internets ist, zu mehr und mehr Steueranwendungen hin entwickeln. Ihre Plattformunabhängigkeit macht sie zu einem Natural zur Verwendung mit heterogenen Legacy-Systemen. Eine Implementierung des E-Manufacturing wird der Hauptgrund zur Verwendung von Java sein, da es für stark dezentralisierte Umgebungen entworfen wurde.

[0184] Java ist die bevorzugte Implementierungssprache zum Errichten browserbasierter HMI-Front-Ends für alle Arten von Steuerungen, die über das Intranet/Internet verbunden sind. Eingebettete intelligente Vorrichtungen (Antriebe, Motoren, Servomechanismen, Aktuatoren, Messwertanzeigen, Pumpen, Durchflussmesser etc.) werden Daten von dem Plant-Floor nach oben schieben, damit sie alles von der Steuerung zur Anlagenverwaltung und der Lieferkette durchlaufen. Embedded-Webserver werden Vorrichtungen, Steuerungen und Systeme über das Internet mit Lieferanten, Sublieferanten und Kunden verbinden.

[0185] Die drahtlose Technologie ermöglicht die/den mobilen Konsultation, Service und Support, die/der in der heutigen kundengetriebenen Wirtschaft notwendig sind. Menschen werden laufend informiert, sind immer erreichbar, können schnell antworten und aus der Ferne Aktionen setzen. Bluetooth ist eine drahtlose Technologie, die 2001 aufblühen wird, wenn handelsübliche Handheld-Vorrichtungen erhältlich werden, um die Bluetooth-Funktionalität in einer industriellen Umgebung zu unterstützen. Die meisten der frühen Bluetooth-Anwendungen werden im Datentransfer mit sich bewegenden Apparaturen und MRO-Funktionen liegen.

[0186] Drahtlose LANs waren für mehr als zwei Jahre verfügbar, erreichen aber gerade jetzt ausreichend hohe Datenübertragungsraten und ausreichend niedrige Verkaufspreise, dass sie für industrielle Automatisierungsanwendungen in Betracht kommen. Die frühe Verwendung von drahtlosen LANs hat jetzt die meisten neuen Draht- und RF-Datenkommunikationen und Handheld-Datenerfassungsterminals in der/dem Herstellung, Lagerung, Versand und Empfang ersetzt. Verbesserte Antennen, Roamingsoftware und eine erhöhte Ethernet-Netzwerkintegrität gekoppelt mit niedrigeren Hardwarepreisen werden die Verwendung von drahtlosen LAN-Verbindungen zu beweglichen Shop-Floor-Computern ermöglichen.

[0187] Darüber hinaus hat sich der Schwerpunkt des Webanwendungshostings von Unternehmensanwendungen zu dem Herstellungsbereich verlagert. Die Verwendung des Webs lässt zu, dass Mitarbeiter auf allen Ebenen Anlagen und Vorgänge effektiver als je zuvor und bei niedrigeren Kosten verwalten. Gemeinschaftliche Lösungen, die Facetten von Projektmanagement, Prozess- und Produktentwicklung, Entscheidungshilfen, Betriebsfunktionen wie z. B. Leistungsüberwachung und -analyse, Arbeitsflusssteuerung, Anlagenverwaltung, Prozesssteuerung, Prozessoptimierung und Mitarbeiterschulung umfassen, sind nun verfügbar. Obwohl diese Lösungen als Standardprodukte erhältlich sind, steigt die Popularität der webgehosteten Versionen aus einer Vielzahl von Gründen, die die innewohnende gemeinschaftliche Natur, die das Internet bietet, eine gemeinsame Benutzer-Schnittstelle und alle Vorteile, die aus der Verwendung eines ASP (Application Service Provider) gewonnen werden, umfassen.

[0188] ARC erwartet, dass im Verlauf des nächsten Jahres neue und innovative Dienste erscheinen. Zum Beispiel werden Konsultationsdienste in naher Zukunft eine wichtige Rolle in der Fertigung spielen. Anstatt Konsultationsexperten zu dem physischen Ort Ihres Prozesses oder Ihrer Anlagen zu bringen, ist es nun im Prinzip möglich, die Anlagen zu dem Konsultanten zu bringen, indem ein Zugriff auf sachdienliche Echtzeitdaten für eine Analyse bereitgestellt wird. Ein Konsultieren aus der Ferne wird ein breites Spektrum abdecken, das Planung, Betriebsleistungsanalyse, Debottlenecking, Prozessverbesserung, Fehlerbehebung und Projektimple-

mentierung umfasst.

[0189] Ein weiterer Faktor ist das Aufkommen der Publish/Subscribe (P/S)-Technologie. In einem System, das P/S verwendet, arbeiten alle Stationen gleichrangig. Benutzer abonnieren die Information, die sie in der Frequenz möchten, in der sie sie benötigen. Informationsquellen veröffentlichen Information auf Grundlage von Anweisungen von Benutzern, was bandbreitenintensive Wähl- und Hochgeschwindigkeits-Ausstrahlungsverfahren beseitigt. Von den aufkommenden Feldbus-Netzen zu Unternehmens-Geschäfts-Netzwerken ist die P/S-Technologie ein gemeinsamer Strang und ein konsistenter Mechanismus, um Information zu transportieren.

[0190] Überdies haben Versuche kürzlich gezeigt, dass P/S ein hochwirksames Verfahren zum Erzielen einer Zeitsynchronisation für mehrere Knoten mit niedrigen Netzwerkunkosten ist. Eine Zeitsynchronisation, die für eine Prozesssteuerung ausreicht (mehrere zehn Millisekunden) lässt zu, dass P/S für eine Synchronisation von Steuerblöcken in Foundation-Feldbus-Netzen verwendet wird.

PRODUKTDEFINITION

[0191] Die Software wird Datenanalysefähigkeiten und die Fähigkeit, Prozessmodelle für eine Onlineüberwachung zu entwickeln, bereitstellen. Daten können aus Online- oder Offline-Datenbanken, Tabellen, physikalischen Modellen oder Textdateien importiert werden. Diese Daten werden unter Verwendung statistischer und grafischer Verfahren analysiert, um die geeigneten Modelle abzuleiten. Die Modell- und zusätzliche Standardkonfigurationsinformation werden dann für das Überwachungssystem verfügbar gemacht.

[0192] Um Modelle für eine Prozessüberwachung zu verwenden, muss zuerst ein Modell für den gut funktionierenden Prozess aus historischen Daten entwickelt werden. Dieses Modell kann dann verwendet werden, um den Prozess in Echtzeit zu überwachen. Die folgenden Funktionen werden zur Modelldefinition und zum Data Mining benötigt:

1. Erzeuge ein neues Prozessmodell;
2. Validiere ein Prozessmodell;
3. Speichere ein Prozessmodell;
4. Modifiziere ein Prozessmodell; und
5. Lösche ein Prozessmodell.

[0193] Überwacher benötigen die Fähigkeit, den Zustand ihres Systems zu beobachten. Um dies zu tun, werden die Ergebnisse von Prozessmodellen und einzelnen Sensoren kontinuierlich überwacht. Regelkarten werden verwendet, um Überwachern eine grafische Darstellung eines gut oder schlecht funktionierenden Prozesses und das Vorliegen oder nicht Vorliegen von Fehlern zu geben. Ein typischer Überwacher würde ein Prozessmodell und mehrere einzelne Sensoren gleichzeitig beobachten.

[0194] Sobald ein Sensor in einer Systemdarstellung angeordnet wurde, kann er mit den folgenden Funktionen gehandhabt werden:

1. Ändere aktuelle (diese Sitzung) & Standard- (zukünftige Sitzungen) Darstellung;
2. Ändere aktuellen & Standardzeitrahmen; und
3. Drucke Darstellung aus.

[0195] Sobald ein Prozessmodell in einer Systemdarstellung angeordnet wurde, kann es mit den folgenden Funktionen gehandhabt werden:

1. Ändere aktuelle (diese Sitzung) & Standard- (zukünftige Sitzungen) Darstellung;
2. Ändere aktuellen & Standardzeitrahmen;
3. Aktiviere/Deaktiviere Alarmbenachrichtigung;
4. Überprüfe einzelne Analysen, die das Modell umfassen;
5. Drucke Darstellung aus.

[0196] Sobald der Alarmmonitor in einer Systemdarstellung angeordnet wurde, kann er mit den folgenden Funktionen gehandhabt werden:

1. Ändere aktuelle (diese Sitzung) & Standard- (zukünftige Sitzungen) Darstellung;
2. Nimm Details eines Alarms;
3. Lösche einen Alarm;
4. Drucke ein Alarmprotokoll aus; und
5. Protokolliere Alarme.

[0197] Um diese Sensoren und Modelle und Alarme, die ein Überwacher betrachten kann, zu organisieren, werden „Systemdarstellungen“ erzeugt. Eine Systemdarstellung ist definiert als eine Sammlung von Systemzuständen, die ein Benutzer zum Überwachen gewählt hat. Die folgenden Funktionen müssen eingestellt werden und halten Systemdarstellungen aufrecht.

1. Erzeuge eine neue Systemdarstellung;
2. Füge hinzu/Lösche Inhalt einer Systemdarstellung (z. B. was sich in der Darstellung befindet);
3. Füge hinzu/Lösche einen Sensor;
4. Füge hinzu/Lösche ein Prozessmodell;
5. Füge hinzu/Lösche den Alarmmonitor;
6. Modifiziere das Layout einer Systemdarstellung (z. B. wo der Inhalt hinkommt);
7. Modifiziere die Farben/Hintergründe einer Systemdarstellung; und
8. Drucke die Systemdarstellung aus.

[0198] Alle Systeme erfordern eine gewisse Verwaltung. Die hier definierten Funktionen sind erforderlich, um die Benutzer und Daten der Software zu verwalten. Die Benutzereinstellfunktionen werden es einem Administrator ermöglichen, Benutzer einzustellen und zu konfigurieren:

1. Füge einen Benutzer hinzu;
2. Sperre einen Benutzer;
3. Lösche einen Benutzer; und
4. Ändere Passwort.

[0199] Benutzerfunktionen ermöglichen es Benutzern, auf sichere Weise in das und aus dem System zu gelangen:

1. Log-In;
2. Log-Out; und
3. Passwortänderung.

[0200] In Abhängigkeit von dem Aufbau der zugrunde liegenden Datenstrukturen können Sensordatenfunktionen erforderlich sein, um Sensorrohdaten für die Software verfügbar zu machen:

1. Füge einen Sensor hinzu;
2. Lösche einen Sensor; und
3. Konfiguriere Sensordaten.

[0201] In Abhängigkeit von dem Aufbau der zugrunde liegenden Datenstrukturen können Echtzeitdatenfunktionen erforderlich sein, um Sensordaten zu erhalten, diese Daten an die Datenmodelle bereitzustellen und nach einer Zeitspanne die Daten zu archivieren:

1. Nimm Sensordaten;
2. Stelle Sensordaten an Modelle bereit; und
3. Archiviere Daten auf Server für historische Daten.

[0202] Wie bei den Echtzeitdaten müssen historische Daten für die Datenmodelle ebenfalls zugänglich und im Laufe der Zeit archiviert oder gelöscht werden. Historische Datenfunktionen dienen daher zum:

1. Bereitstellen von Sensordaten an Modelle;
2. Archivieren von Daten auf ein Speichermedium; und
3. Löschen von Daten.

[0203] Ein Expertensystem zum Interpretieren von Modellalarmdaten und Empfehlen spezieller Aktionen für e-Enterprise (ERP)-Systeme und Prozesssteuerungen wird entwickelt. Folgende Typen von Funktionen könnte ein Expertensystem bereitstellen:

1. Stelle Empfehlungen an Überwacher bereit, was zu tun ist, um einen bestimmten Alarm zu löschen (z. B. stelle Sensor x auf y ein);
2. Bestimme eine Verschlechterung einer Systemkomponente im Verlauf der Zeit (z. B. langsamer Aufbau von Rückstand in einer Pumpe); und
3. Stelle automatisch Information über eine Systemkomponente, die ersetzt werden muss, an ein SCM (Lieferkettenmanagement)-Subsystem bereit.

[0204] Eine ereignisgesteuerte Schnittstelle zu Enterprise Resource Planning (ERP-) Systemen, die Prozessmodellanalysedaten verwendet, um auf Grundlage dieser Analysen Aktionen einzuleiten, wird bereitgestellt. Es wird erwartet, dass die ERP-Schnittstelle sich in eine Vielfalt von ERP-Systemen integriert, die jene von SAP, IFS, Oracle Corp., J. D. Edwards, the Baan Co. Geac Computer Corp., JBA International, i2 Technolo-

gies, The Foxboro Co./Invensys Intelligent Automation, System Software Associate und IBS umfassen, aber nicht auf diese beschränkt sind.

[0205] Eine ereignisgesteuerte Schnittstelle zu Prozessteuerungen, die Prozessmodellanalysedaten verwendet, um auf Grundlage dieser Analysen Aktionen einzuleiten, wird ebenfalls bereitgestellt. Diese Schnittstelle wird ebenfalls wichtig sein, um die Detektion von Fehler-/Anomaliedaten aus SCREAM sinnvoll zu verwenden. Die Prozesssteuerungs-Schnittstelle wird sich in eine Anzahl von Prozesssteuerungen integrieren, die jene von Honeywell, Fisher-Rosemount, Rockwell Automation, GE Fanuc, Siemens Moore Processing Automation, Inc., Aspentech Technology und die Foxboro Company umfassen, aber nicht auf diese beschränkt sind.

FUNKTIONELLE SPEZIFIKATIONEN

[0206] Dieser Abschnitt des Dokuments beschreibt die Anforderungen an einzelne Funktionen auf einer detaillierten Ebene. [Fig. 5](#) ist eine Übersicht, die Benutzer der Software zeigt.

[0207] Eine Benutzergruppe sind die Modellersteller. Modellersteller erzeugen Modelle, um den Zustand oder Status eines Systems darzustellen. Modelle können einfache Sammlungen von einzelnen Sensoren oder komplexe Sammlungen von Sensoren, anderen Modellen und virtuellen Sensoren sein. Modelle befinden sich im Kern der Software; sie verwenden Sensorrohdaten, um zu bestimmen, ob das System unter oder außer Kontrolle ist und stellen diese Information in Form von Regelkarten und Alarmen an die Überwachern bereit.

[0208] Eine Vielfalt von Funktionen wird zur Modellerstellung und zum Data Mining verwendet. Eine Funktion ist die Erzeugung eines neuen Modells. Modellersteller müssen in der Lage sein, ein Prozessmodell zu erstellen. Der Gesamttablauf zum Erzeugen eines Prozessmodells lautet wie folgt:

1. Wähle Algorithmus;
2. Wähle Sensoren (& andere Modelleingänge);
3. Wähle Trainingsdatenquelle;
4. Wähle Trainingsdatenstart-/endzeiten;
5. Vorverarbeite Modelldaten;
6. Definiere Alarmzustände;
7. Validiere Modell; und
8. Speichere Modell.

[0209] Modellersteller wählen auch den Algorithmus und multivariate Verfahren, die in dem Modell verwendet werden sollen. Eine nicht ausschließende Liste multivariater Verfahren, die für einen Benutzer verfügbar sind, ist unten stehend in Tabelle 10 gezeigt. Der Modellersteller kann auch eines der SCREAM-Verfahren der unten stehenden Tabelle 11 wählen, um diese in dem Modell zu verwenden. Wenn ein SCREAM-„Continuous“-Datenmodell verwendet wird, darf der Modellersteller ein Modellergebnis aus einem gleichungsbasierten physikalischen Modell importieren.

[0210] Ein Modellersteller kann auch Sensoren & andere Eingänge in das Modell wählen. Eine Liste verfügbarer Sensoren kann angezeigt werden. Sensoren können entweder durch ein Beschreibungsfeld oder durch eine Namensgebungskonvention beschrieben werden, das/die sie leicht identifizierbar machen.

[0211] Modellersteller können auch in der Lage sein, einzelne Sensoren, eine Gruppe von Sensoren, die mit einem bestimmten Teil einer Einrichtung in Beziehung stehen, oder alle Sensoren wählen. Eine Liste weiterer Modelle kann ebenfalls angezeigt werden. Modellersteller müssen in der Lage sein, andere Modelle zu wählen, die das gerade erstellte Modell als Eingang umfassen. Modelle sollen durch „Modellname“ aufgelistet sein. Modelle können mehrere Datenströme zu einem gegebenen Zeitpunkt enthalten.

[0212] Modellersteller können auch die Quelle der Trainingsdaten wählen. Trainingsdaten können von einem Echtzeitdatenserver, einem Server für historische Daten oder von einer Microsoft Excel-Tabelle kommen. Modellersteller können den Ort der Trainingsdaten für jeden/s Sensor oder Modell, der/das als Eingang in das Modell verwendet wird, spezifizieren. Wenn Trainingsdaten aus einer Excel-Tabelle importiert werden, können Datenfelder aus der Tabelle auf den entsprechenden Sensor abgebildet werden. Eine Funktion kann vorgesehen sein, die es dem Modellersteller ermöglicht, einen Sensor einer Spalte von Daten in der Tabelle zuzuordnen.

[0213] Modellersteller können auch die in den Trainingsdaten einzuschließende Zeitspanne wählen. Der Benutzer muss in der Lage sein, ein/e Start- und Enddatum/-zeit bis zu Sekunden hinunter zu wählen (z. B. von MM/DD/YYYY HH:MM:SS bis MM/DD/YYYY HH:MM:SS). Jedes gültige Datum kann eingegeben werden.

[0214] Die GUI kann Pop-up-Kalender umfassen, um den Benutzer bei der Wahl der Zeitspanne zu unterstützen. Benutzer sollten in der Lage sein, Daten aus den Pop-up-Kalendern von heute (keine zukünftigen Daten) bis ein Jahr zurück zu wählen. Ungültige Daten sollten nicht gewählt werden können. Alternativ sollten Benutzer in der Lage sein, Monat, Tag und Jahr aus Dropdown-Menüs zu wählen. Stunden, Minuten und Sekunden sollten auf einer 24-Stunden-Uhr eingegeben werden. Benutzer sollten auch in der Lage sein, Stunden, Minuten und Sekunden aus Dropdown-Menüs zu wählen.

[0215] Modellersteller können validieren, dass die Daten aus der gewählten Zeitspanne in dem Trainingsdatensatz für jeden Sensor in dem Modell verfügbar sind. Wenn die Daten nicht für alle Sensoren verfügbar sind, können Modellersteller: 1) eine verschiedene Zeitperiode wählen, den Sensor aus dem Modell löschen oder fortsetzen (eine Vorverarbeitung kann die fehlenden Daten einsetzen, obwohl dies nicht empfohlen wird).

[0216] Modellersteller vorverarbeiten Modelldaten auch. Trainingsdaten können automatisch vorverarbeitet werden, um die Qualität der Eingangsdaten zu verbessern. Vorverarbeitungsverfahren sind in Tabelle 7 gezeigt. Verfügbare Verfahren werden gewählt werden. Ein Modellersteller muss in Abhängigkeit von der Wahl des Algorithmus ein oder mehrere der oben stehenden Verfahren wählen. Bei Beendigung der Wahl sollten die Trainingsdaten die gewählten Vorverarbeitungsverfahren durchlaufen.

[0217] Modellersteller besitzen auch die Fähigkeit, Zustände zu definieren, die Alarmer auslösen. Die nachfolgend bereitgestellten detaillierten Beschreibungen der Algorithmen zeigen, dass die Werte verwendet werden können, um Alarmzustände zu erzeugen. Schritte zum Erzeugen eines Alarmzustandes lauten wie folgt.

1. Zeige auf Grundlage des verwendeten Algorithmus die Liste von Variablen an, die bewertet werden können, um einen Alarmzustand zu bestimmen (z. B. Hauptkomponente # 1, etc.).
2. Der Modellersteller muss Zustände erstellen, die aus einer oder mehreren Variablen bestehen (z. B. kann jeder Alarm bis zu fünf Variable enthalten. Die zu bewertende Variable sollte aus einer Liste gewählt werden. Der zu verwendende Operator sollte aus einer Liste gewählt werden, die folgendes enthält: größer als, weniger als, größer als oder gleich, weniger als oder gleich, gleich, nicht gleich). Der Benutzer muss den zu testenden tatsächlichen Wert eingeben (d. h., nicht wählen):
z. B. $((x > 5 \text{ und } y < 3))$ oder $(z > 7)$
3. Bis zu zehn verschiedene Alarmer können je Modell definiert werden.
z. B. Alarm 1 = $x > 5$, Alarm 2 = $(x > 5 \text{ und } y < 3)$, Alarm n = etc.
4. Der Modellersteller kann einem Alarmzustand eine Priorität zuordnen. Es sollte fünf verschiedene Prioritätsebenen geben. Die Prioritätsebenen sollten lauten: 1, 2, 3, 4 und 5, wobei fünf die dringlichste ist.
5. Der Modellersteller kann spezifizieren, welcher der Alarmer standardmäßig „an“ sind (d. h., wenn das Modell einer Systemdarstellung zugeführt wäre, welche Alarmbenachrichtigungen automatisch aktiviert würden). Der Modellersteller kann auch spezifizieren, ob eine Benachrichtigung für diesen Alarm von einem Überwacher deaktiviert werden kann.
6. Der Modellersteller kann eine Textbeschreibung mit 25 Zeichen einem Alarmsignal zuordnen.

[0218] Das System muss automatisch Alarmsignale erzeugen, die mit den oberen und unteren Alarmschwellenwerten für den Algorithmus in Beziehung stehen. Diese Alarmer sollten nur durch den Modellersteller editiert werden können.

[0219] Ein Modellersteller sollte in der Lage sein, ein Modell zu validieren, indem er das Modell gegen einen weiteren Satz von Daten (entweder historisch oder Echtzeit) laufen lässt, um sicherzustellen, dass das Modell „funktioniert“. Nachfolgend sind die Schritte zum Validieren eines Modells angeführt:

1. Wähle die in die Validierungsdaten einzuschließende Zeitspanne. Der Benutzer sollte in der Lage sein, ein/e Start- und Enddatum/Zeit bis zu Sekunden hinunter zu wählen (z. B. von MM/DD/YYYY HH:MM:SS bis MM/DD/YYYY HH:MM:SS).
2. Validiere, dass die Daten aus der gewählten Zeitspanne für jeden gewählten Sensor verfügbar sind. Bearbeite jegliche Fehler.
3. Lass das Modell gegen die Validierungsdaten laufen.
4. Präsentiere die Ergebnisse in den für das Modell definierten Standardeinstellungen.

[0220] Ein Modellersteller muss in der Lage sein, ein Modell für eine persönliche Verwendung oder für eine Verwendung durch andere, die vielleicht das Modell verwenden möchten, zu speichern. Tabelle 1 zeigt einige zu speichernde Punkte, wenn ein Modell gespeichert wird.

TABELLE 1: Mit einem Modell gespeicherte Begriffe

Datenname	Beschreibung	Kommentare	Ändern ohne erneutes Training?
Modellerzeuger	Eine Zuweisung des Modellerzeugers.	Wird verwendet, um zu wissen, welche nicht veröffentlichten Modelle zu einem bestimmten Benutzer gehören.	Ja
Modellname	Ein beschreibender Name für das Modell.	Ein Modellname kann bis zu 25 Zeichen inklusive Leerzeichen enthalten. Er kann nicht die folgenden Zeichen enthalten: /, \, :, *, ?, ", <, >, . Der gleiche Name sollte nicht zwei Mal erlaubt sein.	Ja
Modellbeschreibung	Eine Beschreibung, was das Modell tut.	Eine Modellbeschreibung kann bis zu 500 Zeichen enthalten. Jedes gültige Zeichen kann eingeschlossen sein. Diese Beschreibung wird zur Unterstützung bei Vorselektionierungen und zum Beschreiben des Modells, wenn es den Systemdarstellungen zugefügt oder aus diesen gelöscht wird, verwendet.	Ja
Sensoren / verwendeter Modelleingang	Die Sensoren und Modelle, die als Eingang in dieses Modell verwendet werden.		Nein
Laden Sensor / Modell	Das jeweilige Laden, das für jeden/s in diesem Modell verwendeten Sensor / Modell angewendet wird. Das jeweilige Laden wird während der Modellerstellung entwickelt.	Für einige Modell anwendbar.	Nein
Vorverarbeitungsverfahren	Die zu verwendenden Vorverarbeitungsverfahren, wenn dieses Modell läuft.	Dies können von 0 bis 10 verschiedene Verfahren sein.	Nein
Vorverarbeitungsdaten	Für jedes verwendete Vorverarbeitungsverfahren, speichere den resultierenden Ausgang, der erzeugt wurde, als das Verfahren gegen die Trainingsdaten laufen gelassen wurde. Diese Werte werden benötigt, wenn das Modell läuft.	Es ist zu beachten, dass die Daten in Abhängigkeit von den Verfahren variieren.	Nein

Datenname	Beschreibung	Kommentare	Ändern ohne erneutes Training?
Standardzeitrahmen	Der zu verwendende Standardzeitrahmen, wenn dieses Modell läuft (z. B. wenn das Modell läuft, verwende die letzten fünf Minuten der Daten).	In Minuten angegeben.	Ja
Algorithmus	Der zu verwendende Algorithmus, wenn dieses Modell läuft.		Nein
Standarddarstellung	Die Standarddarstellung für dieses Modell (z. B. Punktdiagramm).		Ja
Standardzeitskala zur Darstellung	Standardzeitskala für die Standarddarstellung.		Ja
Datenerfassungsgeschwindigkeit	Geschwindigkeit, mit der Daten aus der Datenquelle abgetastet werden.	Z. B. Nimm alle 2,5 Sekunden Daten von allen Sensoren, die benötigt werden, um dieses Modell laufen zu lassen.	siehe Fußnote ¹
Datenanzeige-geschwindigkeit	Geschwindigkeit, mit der die Daten zurück zu der Benutzeranzeige geliefert werden.	Z. B. liefere alle 5 Sekunden Daten zurück zu der Benutzeranzeige.	Ja
Trainingsdaten-Startdatum & -zeit	Startdatum & -zeit der zum Erzeugen dieses Modells verwendeten Trainingsdaten		Nein
Trainingsdaten-Enddatum & -zeit	Enddatum & -zeit der zum Erzeugen dieses Modells verwendeten Trainingsdaten		Nein
Trainingsdaten	Tatsächliche Trainingsdaten	Format kann variieren, aber am wahrscheinlichsten in einer Liste mit Zeitstempel, Sensornamen und Sensorablesungen.	Nein

Datenname	Beschreibung	Kommentare	Ändern ohne erneutes Training?
Alarmbezogene Daten - Zustand - Schweregrad Beschreibung - Standardeinstellung - Alarmtyp - Deaktivieren?	Zustand: Zustand, der den Alarm auslöst (z. B. $X > 5$) Schweregrad: Der Schweregrad des Fehlers. Von 1 bis 5, wobei 5 am dringlichsten ist. Beschreibung: Kurzbeschreibung des Alarms (z. B. TC - 125 Temperatur hoch) Standardeinstellung: Zeigt an, ob dieser Alarm standardmäßig deaktiviert oder aktiviert ist. Alarmtyp: Zeigt an, ob dieser Alarm automatisch durch das Modell erzeugt wird oder manuell durch den Modellersteller konfiguriert wurde. Deaktivieren?: Zeigt an, ob eine Benachrichtigung für diesen Alarm deaktiviert werden kann.	Für jeden Alarmzustand müssen alle gezeigten Felder gespeichert werden.	Ja
Veröffentlichungsstatus	Zeigt an, ob das Modell öffentlich oder privat ist.	Private Modelle können nur durch den Erzeuger gesehen oder laufen gelassen werden. Öffentliche Modelle werden zur Benutzung durch jedermann verfügbar sein.	Ja

¹ Variiert mit Algorithmus. Im Allgemeinen ist für zustandsbasierte Modelle (z. B. PLS, PCA) die Antwort Ja. Für dynamikbasierte Modelle (z. B. SCREAM und Multiway-PCA-Modelle) ist die Antwort Nein.

[0221] Prozesse verändern sich mit der Zeit. Manches Mal offenbaren Langzeitänderungen in Messzuständen die begrenzte Robustheit des anfänglichen Modells. Dies gilt besonders für multivariate Modelle, die sehr empfindlich gegenüber kleinen Änderungen in Stichprobenzuständen sind. Als ein Ergebnis können Modellersteller Modelle ersetzen oder aktualisieren.

[0222] Einem Modellersteller kann eine Liste aller gespeicherten Prozessmodelle präsentiert werden. Modelle müssen in alphabetischer Reihenfolge durch „Modellname“ angezeigt werden. Bei einer Wahl müssen die gespeicherten Begriffe in dem Modell angezeigt werden. Wenn ein Modellerzeuger einen Wechsel zu einem veröffentlichten (d. h. öffentlichen) Modell initiiert, wird eine Kopie des Modells zuerst mit einem „nicht veröffentlichten“ (d. h., privaten) Status gespeichert. Während der Modellersteller das Modell ändert, ist das ursprüngliche Modell noch immer veröffentlicht und verfügbar. Wenn der Modellersteller das geänderte Modell veröffentlicht, sollte das aktualisierte Modell unmittelbar bei Veröffentlichung verwendet werden (d. h., wenn jemand das Modell gerade laufen lässt, sollte sofort das neue Modell verwendet werden).

[0223] Einige Eigenschaften eines Modells können einfach geändert werden. Andere erfordern, wenn sie geändert werden, dass das Modell erneut trainiert und erneut validiert werden muss. Die soeben präsentierte Tabelle 1 gibt auch Modelldaten an, die geändert werden können, ohne das Modell erneut trainieren zu müssen.

[0224] Die Software lässt ferner zu, dass der Modellersteller eine Eigenschaft des Modells zum Ändern wählt. Wenn eine der Eigenschaften geändert wird, die bewirkt, dass das Modell erneut trainiert werden muss, sollte bestätigt werden, wenn das Modell gespeichert wird, dass das Modell vor dem Speichern erneut trainiert und erneut validiert wurde. Wenn das Modell nicht erneut trainiert und erneut validiert wurde, muss dies der Benutzer tun, bevor das Modell gespeichert werden kann.

[0225] Modellersteller müssen in der Lage sein, Simulationsergebnisse aus einem physikalischen Modell zu importieren. Die folgenden Schritte geben Modellergebnisse ein:

1. Exportiere die Modellergebnisse unter Verwendung des physikalischen Modellpakets in eine Tabelle. Diese Anforderungen sind hier nicht definiert. Es wird vorausgesetzt, dass die Software mit dem physikalischen Modell in eine Tabelle exportierbar ist.
2. Importiere Tabellendaten.
3. Ordne Prozesssensoren Spalten in der Tabelle zu.

[0226] Modelle können veraltet sein oder nicht mehr benötigt werden. Die Software sollte zulassen, dass Benutzer Modelle löschen. Der Modellersteller muss in der Lage sein, ein Modell zu löschen. Dem Benutzer muss eine Liste aller Prozessmodelle präsentiert werden. Eines oder mehrere der Modelle werden zum Löschen gewählt. Der Wahlprozess sollte dem Standardbrowserverfahren zum Wählen einer oder mehrerer Elemente aus einer Liste folgen (z. B. „Control Key gedrückt halten, um mehrere Elemente zu wählen“). Wenn das Modell öffentlich ist und das Modell in eine Systemdarstellung eingeschlossen wurde, kann dem Modellersteller eine Warnmeldung angezeigt werden, die die Anzahl der Darstellungen, die das Modell umfassen, und einen Reminder, dass ein Löschen des Modells das Modell aus allen Systemdarstellungen löschen wird, zeigt. Dem Benutzer sollte die Option geboten werden, fortzufahren oder abzubrechen.

[0227] Wenn ein Modell gelöscht wird, sollte es auch aus allen Systemdarstellungen aller Benutzer, die es in einer Darstellung enthalten haben, gelöscht werden. Wenn jedoch das Modell läuft, wenn es gelöscht wird, sollte das Modell weiter laufen, bis die Systemdarstellung, die das Modell verwendet hat, geschlossen wird. Zu diesem Zeitpunkt sollte das Modell aus der Darstellung gelöscht werden. Wenn ein Modell gelöscht wird, sollten aus allen Benutzerdarstellungen alle Verweise auf das Modell gelöscht werden, das gesamte Modell sollte aber nicht aus dem System gelöscht werden. Dies geschieht als eine zusätzliche Sicherheitsebene, um sicherzustellen, dass ein Modell nicht versehentlich gelöscht wird. Diese Fähigkeit würde zulassen, dass das Modell wiederhergestellt wird. Einzelne Benutzer, die dieses Modell in ihren Systemdarstellungen enthalten haben, würden dieses jedoch wieder zu ihren Darstellungen hinzufügen müssen.

[0228] Sobald Modelle erzeugt wurden, werden sie laufen gelassen und die Ergebnisse werden typischerweise einem Überwacher präsentiert, der den Zustand des Systems beobachtet. Modellersteller können ebenfalls alle Funktionen ausführen, die für Überwacher verfügbar sind.

[0229] Konfigurationsfunktionen ermöglichen es Überwachern, die ein System beobachten, das, was sie sehen, zu definieren und zu handhaben. Überwacher müssen in der Lage sein, eine „Standardsystemdarstellung“ zu wählen. Eine Systemdarstellung ist eine Ein-Bildschirm-Darstellung, die Sensoren, Modelle und möglicherweise weitere Elemente enthält. Eine „Standardsystemdarstellung“ stellt einen von einem Modellersteller empfohlenen Satz von Modellen und Sensoren dar, die für einen gegebenen Prozess überwacht werden müssen. Zum Beispiel stellt eine Zerealienanlage Fruit Loops, Cheerios und Corn Flakes her. Verschiedene Verfahrenstechniken werden verwendet, wenn jeder Typ von Zerealien hergestellt wird. Fruit Loops erfordern die Färbemaschine, die anderen Zerealien nicht. Corn Flakes benötigen den Röster, die anderen Zerealien nicht. Ein Modellersteller kann eine „Fruit Loops“-Darstellung vordefinieren, die nur die während einer Herstellung von Fruit Loops verwendeten Verfahrenstechniken überwacht. Diese Darstellung umfasst die Färbemaschine, weitere Verfahrenstechniken und die einzelnen Sensoren für die Rohre der Nahrungsmittelfärbungsversorgung, die dazu neigen, oft zu verstopfen.

[0230] Überwacher müssen auch in der Lage sein, „Maßgeschneiderte Systemdarstellungen“ zu erzeugen. Standardmäßig werden alle Benutzer zumindest eine Darstellung haben, die zu Beginn als die Standarddarstellung festgelegt wird. Die Standarddarstellung enthält zu Beginn keinen Inhalt. Die Standarddarstellung wird automatisch angezeigt, wenn der Benutzer einloggt. Wenn z. B. Ihre Arbeit darin besteht, die Geräte in einem Haus zu überwachen, könnten drei verschiedene Darstellungen des Hauses eingestellt werden. Eine Darstel-

lung könnte das gesamte Haus sein, wobei einzelne Modelle jeden Raum überwachen. Eine zweite Darstellung könnte nur die Küche sein, mit einzelnen Monitoren für den Geschirrspüler, den Kühlschrank und den Herd etc. Eine dritte Darstellung könnte nur die Klimaanlage über das gesamte Haus sein. Die folgenden Schritte erzeugen eine neue Systemdarstellung:

1. Wähle aus einer bestehenden Systemdarstellung eine Option zum „Hinzufügen einer Systemdarstellung“ (oder etwas ähnlichem); und
2. Von diesem Punkt aus wird der Benutzer angeleitet, einen Inhalt aus einer Systemdarstellungsfunktion hinzuzufügen bzw. zu löschen.

[0231] Überwacher müssen in der Lage sein, einen Inhalt aus einer Liste verfügbarer Komponenten (Sensoren, Prozessmodellen, Alarmmonitore und möglichen weiteren Komponenten) zu wählen, die Systemdarstellung zu benennen und die Systemdarstellung als deren Standard festsetzen. Fährt man mit dem Hausbeispiel fort, nehmen wir an, Sie haben gerade einen Mikrowellenherd gekauft. Wenn es ein Modell gibt, das Ihren Mikrowellenherd überwacht, könnten Sie die Auswahl treffen, dieses Ihrer Küchendarstellung hinzuzufügen. Oder wenn Sie einen Rauchmelder in der Garage installieren, könnte dieser Sensor der Garagendarstellung hinzugefügt werden. Ein Benutzer muss in der Lage sein, eine Anzahl von Komponenten hinzuzufügen, die in einer Systemdarstellung enthalten sein sollen.

[0232] Überwacher müssen in der Lage sein, einen Sensor einer Maßgeschneiderten Systemdarstellung hinzuzufügen oder daraus zu löschen. Monitore sind auch in der Lage, die Sensoren anzuzeigen, die der Maßgeschneiderten Systemdarstellung hinzugefügt werden können, und die Sensornamen auf logische Weise zu organisieren. Wenn es technisch machbar ist, die Sensoren um ihre physikalische Hierarchie herum organisiert anzeigen, mit der Fähigkeit, die Hierarchie zu erweitern oder zu verkleinern. Eine grafische oder ikonografische Darstellung ist hoch erwünscht. Sensoren, die bereits in der Systemdarstellung enthalten sind, sollten als solche angezeigt werden. Ein Benutzer kann die Wahl eines Sensors rückgängig machen (löschen). Ein Überwacher kann auch einen oder mehrere Sensor/en wählen, der/die enthalten sein sollen.

[0233] Überwacher müssen in der Lage sein, ein Modell einer Maßgeschneiderten Systemdarstellung hinzuzufügen oder daraus zu löschen. Die Software kann eine Liste aller öffentlichen Modelle in alphabetischer Reihenfolge durch „Modellname“ anzeigen. Es wird ein Zugriff auf die „Modellbeschreibung“ bereitgestellt, um den Benutzer dabei zu unterstützen, das richtige Modell zu wählen. Eine grafische oder ikonografische Darstellung ist sehr erwünscht. Modelle, die bereits in der Maßgeschneiderten Systemdarstellung enthalten sind, sollten als solche angezeigt werden. Ein Benutzer kann die Wahl eines Modells rückgängig machen (löschen). Die Software erlaubt es einem Überwacher, ein oder mehrere Modelle einzuschließen. Sobald ein Modell einer Maßgeschneiderten Systemdarstellung hinzugefügt ist, beginnt es sofort mit der in dem Modell gespeicherten Standardkonfiguration zu laufen.

[0234] Überwacher müssen in der Lage sein, die Alarmüberwachung einer Maßgeschneiderten Systemdarstellung hinzuzufügen oder aus dieser zu löschen. Wenn die Alarmüberwachung in der Maßgeschneiderten Systemdarstellung bereits enthalten ist, ist es dem Benutzer möglich, die Wahl der Überwachung rückgängig zu machen (löschen). Sobald eine Überwachung einer Maßgeschneiderten Systemdarstellung hinzugefügt ist, beginnt sie sofort mit der Standardkonfiguration zu laufen.

[0235] Überwacher sind in der Lage, einer Maßgeschneiderten Systemdarstellung einen Namen zuzuordnen und den Namen zu ändern. Standardmäßig wird jeder neuen Maßgeschneiderten Systemdarstellung der Name „Neue Darstellung“ gegeben. Dem Benutzer wird erlaubt, einen Namen für die Darstellung einzugeben. Wenn die Darstellung bereits einen Namen hat, darf der Benutzer diesen ändern. Namen können jedes beliebige Zeichen enthalten, das ein Standard-Windowsdateiname enthalten kann.

[0236] Benutzer müssen in der Lage sein, eine Systemdarstellung als ihre Standard-Darstellung zu bestimmen. Die Standarddarstellung wird automatisch angezeigt werden, nachdem der Benutzer erfolgreich in das System eingeloggt hat. Wenn die Wahl der bestimmten Standarddarstellung rückgängig gemacht wird, wird die erste Systemdarstellung der Standard.

[0237] Modellersteller müssen in der Lage sein, eine Systemdarstellung als eine Standardsystemdarstellung zu bestimmen. Standardsystemdarstellungen werden allen Benutzern zugänglich gemacht, um einen empfohlenen für einen gegebenen Prozess zu überwachenden Satz von Modellen/Sensoren einfach zu wählen.

[0238] Das Layout einer Systemdarstellung kann modifiziert werden, um die Position des Inhalts zu ändern. Überwacher müssen in der Lage sein, einzelne Komponenten innerhalb einer Maßgeschneiderten Systemdar-

stellung neu zu positionieren. Obwohl dieser spezielle Aufbau dieser Funktion von der GUI abhängig sein wird, ist vorgesehen, dass jede Modellüberwachung, Sensorüberwachung und die Alarmüberwachung in etwa die gleiche Größe aufweisen wird. Es sollte möglich sein, Komponenten von links nach rechts oder von oben nach unten zu bewegen (z. B. Bewege Alarmüberwachung über Sensor 1 oder Bewege Modell 1 in Spalte 2).

[0239] Die Farben/Hintergründe einer Systemdarstellung können modifiziert werden. Überwacher müssen in der Lage sein, aus bis zu fünf vordefinierten austauschbaren Benutzeroberflächen zu wählen, um das Erscheinungsbild ihrer Systemdarstellungen zu ändern. Austauschbare Benutzeroberflächen sind Templates, die die Attribute der Anzeige definieren.

[0240] Überwacher müssen in der Lage sein, die Druckfunktion ihres Browsers zu verwenden, um die Systemdarstellung auszudrucken.

[0241] Tabelle 2 beschreibt eine Teilliste möglicher Sensortypen, die die Software überwachen kann, zusammen mit den Attributen dieser Sensortypen.

Tabelle 2: Sensortypen

Sensortyp	Beschreibung	Messoptionen	
Temperatur	Temperatur „Temperatur“ ist ein Maß für den Grad einer Hitze oder Kälte, gemessen auf einer festgelegten Skala.	Fahrenheit [°F] (Standardeinst.) Celsius [°C]	Kelvin [K] Rankine (Rk)
Druck	Druck ist ein Maß für eine Kraft pro Flächeneinheit.	Millibar Bar Atmosphären Zoll Quecksilber Zoll Wasser Fuß Wasser Pfund/Zoll ² [psi] Pfund/Fuß ²	Pascal (Standardeinst.) Kilopascal Megapascal mm Wasser mm Quecksilbers. kg/cm ² Tonnen/m ²
Durchfluss (Volumen)	Durchfluss ist ein Maß für die Menge einer Flüssigkeit oder eines Gases, die einen festen Punkt in einer gegebenen Zeit durchströmt.	Gallonen/Sekunde Gallonen/Stunde Gallonen/Minute Fuß ³ /Sekunde Fuß ³ /Stunde Fuß ³ /Minute	Zentimeter ³ Sekunde Meter ³ /Sekunde Meter³/Minute (Standardeinst.) Meter ³ /Stunde Liter/Sekunde
Geschwindigkeit	Geschwindigkeit ist ein Maß für die in einer Zeiteinheit zurückgelegte Strecke.	Zoll/s Zoll/Min Zoll/Stunde Fuß/s Fuß/Min Fuß/Stunde Meilen/Stunde Millimeter/s	Zentimeter/s (Standardeinst.) Zentimeter/Min Meter/s Meter/Min Meter/Stunde km/Stunde
Drehmoment	Drehmoment ist ein Maß für die „Kraft“ die beim Drehen (oder beim Versuch des Drehens) einer Sache verwendet wird.	lbf/Fuß lbf/Zoll ozf/Zoll Tonnen(UK)f Fuß Tonnen(US)f Fuß Newtonmeter [Nm] (Standardeinst.)	Kilonewtonmeter [knM] kgf Meter kgf cm Grammf cm Tonnenf Meter
Beschleunigung	Beschleunigung ist ein Maß für die Rate einer Geschwindigkeitsänderung. Sie kann positiv (für eine ansteigende Geschwindigkeit) oder negativ (für eine abnehmende Geschwindigkeit sein)	Zoll/s ² Fuß/s² (Standardeinst.) Meilen/Stunde.Min	Meilen/ Stunde.s. Meter/s ²

Sensortyp	Beschreibung	Messoptionen
Leistung	Leistung ist ein Maß für die Rate von verrichteter Arbeit (oder eines Energieverbrauchs) in Bezug auf die Zeit. Die Standardeinheit der Leistung ist ein Watt [Symbol W], was einer Rate von 1 Joule pro Sekunde entspricht.	Milliwatt [mW] Watt [W] btu/Stunde (Standardeinst.) Therms/Stunde Kilowatt [KW] Kalorien/s Megawatt [MW] Kalorien/Min Terawatt [TW] Kilokalorien/s Joule/s Kilokalorien/Min Kilojoule/Min Kilokalorien/Std Megajoule/Stunde
Abstand	Der Abstand ist ein Maß für den Raum zwischen zwei Punkten.	Zoll ["] Zentimeter [cm] Fuß ['] Meter [m] Yards (Standardeinst.) Meilen Kilometer Millimeter [mm]
Diskret Typ 1	Diskrete Sensoren können sich in jedem von mehreren Zuständen befinden. Dieser Sensortyp beschreibt offen oder geschlossen.	Offen Geschlossen
Diskret Typ 2	Diskrete Sensoren können sich in jedem von mehreren Zuständen befinden. Dieser Sensortyp beschreibt ein- oder ausgeschaltet.	Ein Aus
Diskret Typ 3	Diskrete Sensoren können sich in jedem von mehreren Zuständen befinden. Dieser Sensortyp beschreibt nur einen Wert (z. B. Sensor befindet sich in Zustand 2).	1, 2, 3 etc.

[0242] Alle Sensoren können unter Verwendung einer Regel-, Shewhart-EWMA-, oder CUSUM-Karte angezeigt werden. Standardmäßig werden Daten unter Verwendung einer Regelkarte angezeigt. Verschiedene Funktionen werden benutzt, um Sensoren zu überwachen. Wenn eine einen Sensor enthaltende Systemdarstellung geöffnet wird, werden alle Sensoren in dieser Darstellung mit der in dieser Systemdarstellung gespeicherten Konfiguration oder mit den Standardwerten der Sensoren angezeigt.

[0243] Ein Überwacher muss in der Lage sein, einen Sensor zu wählen und das Erscheinungsbild der Sensoranzeige zu ändern. Die folgenden Elemente können geändert werden:

1. Zeitskala: Ändert die x-Achsen-Zeitskala. Lass Benutzer wählen aus: 90 Tage, 30 d, 7 d, 1 d, 12 Stunden, 3 h, 1 h, 30 Minuten, 10 m, 5 m, 1 m, 30 Sekunden, 10 s, 5 s, 2 s, 1 s, 500 Millisekunden, 200 ms, 100 ms, 50 ms, 20 ms, 10 ms, 5 ms, 2 ms, 1 ms. Es ist zu beachten, dass dies nicht die Datenerfassungsgeschwindigkeit oder die Anzeigegeschwindigkeit ändern sollte. Es ändert lediglich die Skala, auf der die verfügbaren Daten aufgetragen werden.
2. Minimal-/Maximalwerte: Ändert sich, wenn die Minimal- und Maximalwerte (da keine Sensorüberwachung gestartet wurde) angezeigt werden.
3. Zeige Stichproben: Ändert sich unabhängig davon, ob die Karte Teilstriche umfasst, um anzuzeigen, wann Stichproben entnommen wurden (z. B. wenn die Anzeigenskala alle 500 ms ist, Daten aber nur jede Sekunde erhalten werden können, würde in jeder anderen Zeitskaleneinheit ein Teilstrich angezeigt werden).

4. Zeige Alarmschwellenwerte: Ändert sich, unabhängig davon, ob Alarmschwellenwerte angezeigt werden (wenn sie verfügbar sind) oder nicht.
5. AutoScale: Ändert eine Achsenskalierung, so dass sich die niedrigsten und größten Werte unten bzw. oben (oder links bzw. rechts) im Plot befinden.

[0244] Überwacher müssen die Fähigkeit besitzen, die Zeit zu spezifizieren, von wann an der Sensor eine Überwachung beginnen sollte. Der Benutzer muss angeben, ob die Änderung nur für diese Überwachungssitzung erfolgt, oder ob diese Änderung für die Zukunft gespeichert werden soll. Wenn ein Sensor „geöffnet“ (z. B. in einer Systemdarstellung angezeigt) wird, werden die Daten von einem Zeitpunkt auf Grundlage entweder der definierten Präferenz dieses Benutzers oder des „Standardzeitrahmens“, der mit dem Sensor gespeichert ist, wenn der Benutzer keine Präferenz definiert, angezeigt. Der Benutzer sollte die Startzeit in Bezug auf die aktuelle Zeit wählen und die Zeit in Stunden und Minuten angeben. Wenn die gewählte Zeitperiode früher ist, als die Zeit, als der aktuelle Sensor geöffnet wurde, müssen die Sensordaten unter Verwendung der Aktualisierungsgeschwindigkeit (die Geschwindigkeit, mit der sich das Modell normalerweise aktualisiert) von dem Ausgangspunkt bis in die Gegenwart berechnet werden.

[0245] Die Druckdarstellung lässt zu, dass Überwacher die Druckfunktion ihrer Browser verwenden, um die Systemdarstellung auszudrucken. Keine speziellen Erfordernisse.

[0246] Überwacher müssen in der Lage sein, die Systemdarstellung (d. h., die grafische Darstellung) in einer Datei zu speichern. Die Systemdarstellung sollte in einer Standardgrafikform für eine einfache Eingabe in ein MS-Office-Dokument (z. B. Word, Power Point etc.) gespeichert werden.

[0247] Wenn eine Systemdarstellung, die ein Modell enthält, geöffnet wird, werden alle Modelle in der Darstellung mit der in dieser Systemdarstellung oder in den Standardeinstellungen des Modells gespeicherten Konfiguration angezeigt. Die Software ermöglicht eine Überprüfung einzelner Analysen, die das Modell umfassen.

[0248] Überwacher müssen in der Lage sein, einen beliebigen einzelnen Punkt in einem Modell anzuklicken, um zusätzliche Details zu erhalten. Wenn ein einzelner Punkt gewählt ist, sollte ein geeigneter Graph/Plot für diesen Punkt in einem separaten Browserfenster geöffnet werden. Die nächste anzuzeigende Karte wird in Abhängigkeit von der gerade dargestellten Analyse und der Ebene der gerade dargestellten Karte variieren sein. Um einen aktuellen & Standardzeitrahmen zu ändern, sind die Erfordernisse für Modelle die gleichen wie für Sensoren.

[0249] Überwacher müssen in der Lage sein, eine Benachrichtigung für Alarme eines Modells zu aktivieren/deaktivieren. Der Prozess zur Aktivierung/Deaktivierung einer Alarmbenachrichtigung lautet wie folgt:

1. Zeige eine Liste der verfügbaren „Alarmzustände“ aus den gespeicherten Modelldaten an.
2. Benutzer dürfen keinen der „automatischen“ Alarmzustände, die durch den Modellersteller definiert wurden, oder Alarme, die durch den Modellersteller als „nicht deaktivierbar“ definiert wurden, deaktivieren.
3. Alarme, die bereits aktiviert sind, sollten als solche angezeigt werden. Erlaube dem Benutzer, einen Alarm zu deaktivieren. Erlaube dem Benutzer, einen oder mehrere Alarm/e zu aktivieren.
4. Die Software sollte bestätigen, dass die Alarme erfolgreich aktiviert oder deaktiviert wurden. Eine Deaktivierung einer Alarmbenachrichtigung deaktiviert nicht den Alarm. Der Alarm wird weiter protokolliert, aber der Überwacher wird einfach nicht benachrichtigt, dass der Alarm aufgetreten ist.

[0250] Alarme können auf zwei Arten dargestellt werden. In jeder Modelldarstellung wird es eine Art von Alarmstatusüberwachung geben, die anzeigt, ob das bestimmte Modell sich in einem Alarmzustand befindet. Die Software wird auch die Fähigkeit bereitstellen, alle Alarme aus einem beliebigen laufenden Modell in einer einzigen Alarmüberwachungsdarstellung zu überwachen. Alarme werden in der Modelldarstellung aktiviert oder deaktiviert, nicht in der Alarmüberwachungsdarstellung.

[0251] Wenn ein Modell läuft, können Alarme durch dieses Modell oder durch ein beliebiges von diesem Modell verwendetes Modell erzeugt werden. Derselbe Alarm sollte nur ein Mal durch ein Modell berichtet werden. Wenn das Modell sich z. B. jede Sekunde aktualisiert und derselbe Alarmzustand jede Sekunde besteht, sollte der Alarm nur einmal berichtet werden. Sobald jedoch der Alarm gelöscht wurde, sollte, wenn der Alarmzustand noch immer vorhanden ist, der Alarm neuerlich berichtet werden.

[0252] Überwacher müssen in der Lage sein, den Alarmstatus eines einzelnen Modells zu sehen. Eine Art von Grafik oder Icon sollte den Modellalarmstatus kommunizieren. Wenn aktuell keine Alarme ausgelöst sind,

sollte auch das kommuniziert werden. Wenn ein Alarm ausgelöst ist, sollte die Anzeige die Dringlichkeit eines Alarms (Alarmstufe) angeben und die „Alarmbeschreibung“ sollte angezeigt werden. Zum Beispiel: Ein Ampelsignal ist gewählt, um einen Alarmstatus darzustellen. Wenn keine Alarme ausgelöst sind, ist das Licht grün. Wenn eine Alarmstufe 4 oder 5 ausgelöst ist, wird ein rotes Licht angezeigt. Wenn eine Alarmstufe 1, 2 oder 3 ausgelöst ist, wird ein gelbes Licht angezeigt. In den meisten Fällen würde die Alarmbeschreibung über die Unterseite des Lichtsignals scrollen.

[0253] Überwacher müssen auch in der Lage sein, Alarme, die durch alle Modelle erzeugt werden, in der Systemdarstellung in einer einzigen Liste zu sehen. Für jeden Alarm sollte das/die Alarmdatum, -zeit, -stufe und die „Alarmbeschreibung“ angezeigt werden. Alarme sollte in chronologischer Reihenfolge angezeigt werden, wobei die zuletzt aufgetretenen Alarme oben auf der Liste angezeigt werden. Wenn mehrere Alarme mit dem gleichen Datum und der gleichen Zeit aufgetreten sind, sollten die Alarme weiter hinsichtlich der Stufe sortiert werden. Zum Beispiel:

<u>Datum</u>	<u>Zeit</u>	<u>Stufe</u>	<u>Beschreibung</u>
01/22/2001	05:36:20	Stufe #5	TC-125 Puffer Verstopft
01/22/2001	05:30:22	Stufe #3	TA-300 Temperatur Hoch
01/22/2001	04:22:01	Stufe #2	DM-125 Roter Farbstoff #2 Niedrig

[0254] Ein Überwacher muss in der Lage sein, die Details eines Alarms zu bekommen. Alarme, die entweder auf dem Alarmmonitor oder der Modelldarstellung angezeigt werden, sollten „anklickbar“ sein, um zusätzliche Information über den Alarm zu erhalten. Bei einem Anklicken sollte das Fenster des Modells, das den Alarm erzeugt hat, geöffnet werden. Eine Textbeschreibung des Alarms wird angezeigt und in Zukunft werden mögliche Korrekturaktionen ebenfalls angezeigt.

[0255] Überwacher müssen in der Lage sein, Alarme aus der Alarmmonitoranzeige zu „löschen“. Benutzer sollten angeben, welche Alarme gelöscht werden sollten. Eine „Alles Löschen“-Funktion sollte ebenfalls bereitgestellt sein, um alle Alarme in einem einzigen Vorgang zu löschen. Ein Löschen eines Alarms auf dem Alarmmonitor sollte auch den Alarm in der Modelldarstellung löschen. Das System sollte den Zeitpunkt, zu dem ein Alarm gelöscht wurde, und den Benutzernamen des Benutzers, der den Alarm gelöscht hat, protokollieren. Alarme sollten eine Art von eindeutiger Kennzeichnung aufweisen. Ein Benutzer sollte in der Lage sein, aus einer Protokollanalyse eindeutig jedes einzelne Auftreten eines Fehlers und zu welcher Zeit jeder Benutzer den Alarm gelöscht hat, zu bestimmen.

[0256] Benutzer müssen in der Lage sein, historische Information über die aufgetretenen Alarme nachzuprüfen. Alarme, die durch irgendeines der Modelle in der aktiven Systemdarstellung erzeugt werden, sollten protokolliert werden. Alarme sollten protokolliert werden, unabhängig davon, ob eine Alarmbenachrichtigung aktiviert oder deaktiviert ist (d. h., alle Alarme sollten selbst dann protokolliert werden, wenn der Benutzer die Wahl getroffen hat, dass er nur über Fehler der Alarmstufe 5 benachrichtigt wird). Alle Daten, die angezeigt werden, sollten auch protokolliert werden. Darüber hinaus sollte auch das Modell und/oder der Sensor, das/der den Alarm erzeugt hat, protokolliert werden. Protokolldateien sollten lokal auf der Maschine des Benutzers gespeichert werden. Jedes Mal, wenn ein Benutzer eine Systemdarstellung öffnet, sollte eine neue Protokolldatei erzeugt werden. Protokolle sollten 30 Tage lang auf der Maschine des Benutzers aufbewahrt werden. Protokolldateien, die älter als 30 Tage sind, können automatisch gelöscht werden.

[0257] Die Dateinamensgebungskonvention sollte bezeichnend für den Namen, den Zeitpunkt und das Datum der Systemdarstellung sein (z. B. 01-15-01 09:35:02 Mein Hausprotokoll), so dass die Protokolldateien einfach identifiziert werden können. Protokolldateien sollten in einem Standarddateiformat (z. B. CSV-Comma Separated Value) für eine einfache Importierung in eine Datenbank oder Tabellenkalkulationsprogramme gespeichert werden. Alarme sollten auch an einem zentralen Ort protokolliert werden. Die gleichen Protokollanforderungen treffen auf die Protokolle zu, die an einem zentralen Ort aufbewahrt werden. Alarme sollten jedoch von dem Modell gespeichert werden, das den Alarm erzeugt hat, und nicht von der Systemdarstellung.

[0258] Benutzer müssen in der Lage sein, das Windows Notepad-Programm zu benutzen, um die lokal gespeicherten Protokolldateien zu öffnen, darzustellen und auszudrucken.

[0259] Eine Vielfalt von Funktionen wird verwendet, um die Benutzer und Daten der Software zu verwalten. Benutzereinstellfunktionen ermöglichen es, einem Administrator, Benutzer einzustellen und zu konfigurieren.

[0260] Administratoren müssen in der Lage sein, dem System einen neuen Benutzer hinzuzufügen. Jedem Benutzer wird ein Benutzername, ein Passwort und ein Benutzertyp zugeordnet werden. Wenn ein Administrator dem System einen Benutzer hinzufügt, werden der gewünschte Benutzername und ein anfängliches Passwort eingegeben. Der Benutzer muss dann während des ersten Einloggens das anfängliche Passwort ändern.

[0261] Zumindest drei verschiedene Benutzertypen sind derzeit vorgesehen: Administratoren, Modellersteller und Überwacher. [Fig. 5](#) beschreibt die für jeden Benutzertyp verfügbaren Funktionen.

[0262] Administratoren müssen in der Lage sein, eine Benutzeranmeldung zu deaktivieren. Dies wird die Darstellungen oder Modelle, die der Benutzer gespeichert hat, nicht beeinflussen, sollte aber den Benutzer daran hindern, sich einzuloggen.

[0263] Administratoren müssen in der Lage sein, einen Benutzer zu löschen. Ein Löschen eines Benutzers löscht keine Modelle, die ein Benutzer erzeugt haben mag. Maßgeschneiderte Systemdarstellungen, die diesem Benutzer zugeordnet sind, sollten gelöscht werden, wenn der Benutzer gelöscht wird.

[0264] Administratoren müssen auch in der Lage sein, Passwörter zu verwalten. Benutzer vergessen Passwörter. Administratoren müssen in der Lage sein, ein Passwort für einen Benutzernamen auf ein beliebiges anfängliches Passwort zurückzusetzen. Der Benutzer muss das anfängliche Passwort während des ersten Einloggens ändern.

[0265] Verschiedene Funktionen erlauben es dem Benutzer, auf sichere Art in das System und aus dem System zu gelangen. Um sich einzuloggen, müssen Benutzer einen Benutzernamen und ein Passwort eingeben, um Zugang zu dem System zu erlangen. Der Benutzer muss das anfängliche Passwort während des ersten Einloggens ändern. Bei erfolgreicher Eingabe und Validierung eines Passworts werden Benutzer zu einer Standardseite geführt. Sobald ein Benutzer einloggt, wird die angemeldete Sitzung gültig sein bis: 1) der Benutzer aussteigt, 2) das Browserfenster geschlossen wird oder 3) eine Zeitspanne von einer Stunde ohne Aktivität verstreicht.

[0266] Benutzer müssen in der Lage sein, von jedem beliebigen Bildschirm aus auszuloggen. Bei einem Ausstieg sollten alle Modelle, Sensoren und Alarmer, die in irgendeiner aktiven Darstellung für diesen Benutzer laufen, gestoppt werden.

[0267] Benutzer müssen in der Lage sein, das ihrem Benutzernamen zugehörige Passwort zu ändern. Um ein Passwort zu ändern, muss ein Benutzer sich zuerst unter Verwendung des oben dargelegten Verfahrens in das System einloggen. Um ein Passwort zu ändern, muss der Benutzer das aktuelle Passwort und zwei Mal das neue Passwort eingeben (um sicherzustellen, dass es korrekt eingegeben wurde). Das neue Passwort wird hinsichtlich Gültigkeit validiert (nur eine Überprüfung auf gültige Zeichen) und wird, wenn es gültig ist, aktualisiert. Wenn das Passwort ungültige Zeichen enthält, wird eine Fehlermeldung angezeigt und der Benutzer erhält die Option, ein anderes neues Passwort zu versuchen.

[0268] In Abhängigkeit von dem Aufbau der zugrunde liegenden Datenstrukturen können Sensordatenfunktionen erforderlich sein, um die Sensorrohdaten Modellerstellern verfügbar zu machen. Ein Administrator muss in der Lage sein, der Software einen Sensor hinzuzufügen. Ein Hinzufügen eines Sensors wird die Daten dieses Sensors Modellerstellern und Systemüberwachern verfügbar machen. Tabelle 2A zeigt die Daten, die erforderlich sind, um einen Sensor hinzuzufügen. Administratoren müssen in der Lage sein, die Liste von Sensoren aus einer Tabelle zu importieren. Dies wird die anfängliche Einstellung der Software erleichtern.

Tabelle 2A: Sensordaten

Datenname	Beschreibung	Kommentare
Sensorname	Ein beschreibender Name für den Sensor.	Ein Sensorname kann bis zu 25 Zeichen inklusive Leerzeichen enthalten. Sie kann nicht die folgenden Zeichen enthalten: /, \, :, *, ?, ", <, >, . Gleiche Namen sollten nicht erlaubt sein.
Ort der Sensordaten	Woher das Modell die Rohdaten erhalten sollte, wenn es diesen Sensor verwendet.	
Sensorbeschreibung	Eine Beschreibung der Tätigkeit des Sensors.	Eine Sensorbeschreibung kann bis zu 500 Zeichen enthalten. Jedes gültige Zeichen kann eingeschlossen sein. Diese Beschreibung wird zur Unterstützung bei Vorselektionierungen und zum Beschreiben des Sensors, wenn er Systemdarstellungen zugefügt oder aus diesen gelöscht wird, verwendet.
Sensortyp	Der Sensortyp.	Siehe Tabelle 2 für eine Liste der Sensortypen.
Messeinheit	Die in den Sensorrohdaten verwendete Messeinheit.	Eine der in Tabelle 2 definierten Messeinheiten.
Standardanzeigeeinheit	Die Standardeinheiten, in denen der Sensorwert dem Benutzer angezeigt werden sollte. Wenn die Standardanzeigeeinheit sich von der Messeinheit unterscheidet, muss eine Umwandlung durchgeführt werden.	Eine der in Tabelle 2 definierten Messeinheiten.
Standardzeitrahmen	Der Standardzeitrahmen, der verwendet werden muss, wenn dieser Sensor angezeigt wird (z. B. zeige bei einer anfänglichen Anzeige die letzten fünf Minuten der Daten an).	In Minuten angegeben.
Standarddarstellung	Die Standarddarstellung für diesen Sensor (z. B. Registrierstreifen).	Eine der in Tabelle 2 definierten Gültigen Darstellungen.

Datenname	Beschreibung	Kommentare
Datenerfassungsgeschwindigkeit	Die Geschwindigkeit, mit der Daten aus der Datenquelle abgefragt werden.	Z. B. nimm alle 2,5 Sekunden Daten für diesen Sensor.
Datenanzeigegeschwindigkeit	Die Geschwindigkeit, mit der Daten an die Benutzeranzeige geliefert werden.	Z. B. liefere alle 5 Sekunden Daten an Anzeige des Benutzers.

[0269] Administratoren müssen in der Lage sein, einen Sensor aus der Software zu löschen. Ein „Löschen“ eines Sensors im Affekt stoppt das Erfassen von Daten dieses Sensors und führt dazu, dass der Sensor für eine Verwendung in Überwachungsdarstellungen und -modellen nicht verfügbar ist. Die Schritte zum Löschen eines Sensors lauten wie folgt:

1. Zeige eine Liste der Sensoren an, die konfiguriert wurden. Wähle die Sensoren, die gelöscht werden sollen.
2. Die Software muss kontrollieren, ob der Sensor in irgendwelchen Modellen verwendet wird. Wenn ein Sensor in einem Modell verwendet wird, sollte der Administrator den Sensor nicht löschen können. Die Software sollte eine Liste der Modelle, die den Sensor verwenden, sowie die Erzeuger dieser Modelle anzeigen. Alle Modelle, die den Sensor verwenden, müssen gelöscht werden, bevor der Sensor gelöscht wird. Sensoren können auch dann gelöscht werden, wenn sie in Systemdarstellungen enthalten sind.
3. Die Software sollte die erfolgreiche Löschung von Sensoren bestätigen.

[0270] Ähnlich wie die Addierfunktion sollten Administratoren in der Lage sein, die Information über einen Sensor zu ändern. Ein Ändern von Standardeinstellungen wird alle Benutzer betreffen außer jene Benutzer, die Standardeinstellungswerte explizit aufgehoben haben.

[0271] Eine Anzahl von Anforderungen an das Gesamtsystem wurde identifiziert. Die Software sollte von einem Windows-PC, der mit einem geeigneten Browser wie z. B. Microsoft Internet Explorer und der Netscape 4.5+-Browserfamilie ausgerüstet ist, zugänglich sein.

[0272] Die Minimalanforderungen an die Hardware sind die gleichen wie die Minimalanforderungen zum Laufen lassen des I.E. 5.0. Dies sind 486DX/66 MHz oder leistungsfähigere Computerprozessoren. Ein Windows 95-, Windows 98- oder Windows NT 4.0 (SP 3 oder höher)-Betriebssystem. 16 MB (Megabyte) RAM für Windows 95 und Windows 98; für Windows NT: 32 MB RAM. 70 MB Festplattenspeicher zur Installation, 55 MB erforderlich zum Laufen nach Neustart.

[0273] Als Hilfeanforderungen wurde das Nachfolgende identifiziert: Die Software sollte Screen Tips verwenden. Dies sind Textbeschreibungen, die erscheinen, wenn der Cursor über einer Auswahl schwebt. Links sollten für kurze Beschreibungen bis zu langen Beschreibungen verfügbar sein (z. B. wenn kurze Modellnamen für eine Auswahl angezeigt werden, sollte eine erweiterte Beschreibung über Hyperlink (z. B. in einem Pop-up-Fenster) verfügbar sein)). Hilfe sollte für die meisten Software-Bildschirmanzeigen verfügbar sein. Im Allgemeinen sollten Hilfe-Bildschirme die verfügbaren Funktionen auf dem Bildschirm erklären und die Ausgänge/Anzeigen beschreiben. Ein Benutzerhandbuch muss mit Abschnitten für Modell-ersteller-, Überwacher- und Systemadministrator-Funktionen bereitgestellt werden.

[0274] Als Sicherheitsanforderungen wurde das Nachfolgende identifiziert. Passwörter werden nicht angezeigt oder ausgedruckt. Bei Eingabe sollten Passwortzeichen mit Sternchen maskiert werden. Passwörter sollten verschlüsselt gespeichert werden. Wenn ein Benutzer ein Passwort vergisst, sollte ein Administrator das Passwort zurücksetzen und der Benutzer muss beim nächsten Anmelden eine Passwortänderung vornehmen. Es muss die Fähigkeit vorhanden sein, Daten für bestimmte Sitzungen zu verschlüsseln. Wenn ein Benutzer von außerhalb eines vordefinierten Netzwerkraums in das System einloggt, sollten alle zu und von dem Benutzer übertragenen Daten verschlüsselt werden. Der gesamte Zugriff auf das System sollte aufgezeichnet werden. Zeit, Datum und Benutzername sowie Benutzerstelle (IP-Adresse) sollten für jedes Ein- und Ausloggen des Systems aufgezeichnet werden. Erfolgreiche wie auch erfolglose Log-in-Versuche sollten aufgezeichnet werden.

BETRIEBSUMGEBUNG

[0275] Folgende Anforderungen an die Betriebsumgebung wurden identifiziert.

[0276] Eingaben für die Software werden auf Grundlage davon, wo die Software installiert wird, verschieden sein. Auf einem hohen Niveau kann man die Eingabe des Systems als Sensordaten oder Modelldaten beschreiben. Die Software ist vordringlich mit dem Strom und der Analyse von Echtzeitdaten befasst. Die Überwachungstools werden wichtig für das Produkt sein. Es gibt keine speziellen Anforderungen dafür, wie die zu entwickelnden Bildschirmanzeigen genau aussehen sollen. Diese werden während der detaillierten Designphase entwickelt.

[0277] Es wird empfohlen, dass ein Prototyp des Systems konzertiert mit Benutzern entwickelt wird, die sowohl mit den Anforderungen von Modellerstellern als auch von Überwachern vertraut sind. Dies könnte entwe-

der über qualitative Tests mit einem reellen Prototyp oder durch Fokusgruppen mit ausgewählten Gruppen von Benutzern (z. B. Überwacher) unter Verwendung von Mock-Ups von Bildschirmen erfolgen.

[0278] Als MIS-Anforderungen wurde das Nachfolgende identifiziert. Die Software muss einen Bericht der Alarme bereitstellen, die für einen gegebenen Datums-/Zeitbereich erzeugt wurden. Alle Daten, die für die Alarme protokolliert wurden, einschließlich der Information darüber, wer die Alarme gelöscht hat, sollten enthalten sein. Die Software muss für jeden einen Bericht bereitstellen, der für einen gegebenen Bereich von Daten/Zeiten auf das System zugegriffen hat. Auch erfolglose Log-in-Versuche sollten enthalten sein. Die Software muss einen Bericht der Sensoren, die konfiguriert wurden, bereitstellen. Der Bericht kann die gesamte Information der Tabelle 2A umfassen. Die Software muss einen Bericht der Modelle, die erzeugt wurden, bereitstellen. Der Bericht kann die Information in Tabelle 1 umfassen.

[0279] Berechnungen werden für die in Tabelle 7 (Vorverarbeitungsverfahren), Tabelle 8 (Univariate Verfahren), Tabelle 10 (Multivariate Verfahren) und Tabelle 11 (SCREAM-Verfahren) beschriebenen Verfahren erforderlich sein.

[0280] Interaktionen mit OPC-Servern werden die Hauptsysteme sein, an die die Software anschließen wird. OPC-Server werden praktisch die gesamten Sensorrohdaten an die Software bereitstellen. Wenn es bei einem Kunden keinen OPC gibt, wird das Softwaredeployment die Installation und Konfiguration eines solchen Servers umfassen müssen. Die Software wird an die ERP-Systeme und Prozesssteuerungen anschließen.

[0281] Bestimmte Verarbeitungs- und Service-Standards sowie Standards werden benötigt, um die in dem Abschnitt Projektziele und in der Leistungsbeschreibung erklärten geeigneten Ziele zu erreichen. Im Hinblick auf Kostenüberlegungen wurden einige Standards als „nett zu besitzen“ und nicht als kritisch eingeschätzt.

[0282] Berechnungen können unter Verwendung einer einfachen Genauigkeit auf bis zu sechs oder weniger Dezimalstellen genau sein. Standardmäßig können alle Zahlen auf vier signifikante Stellen gerundet angezeigt werden. Da nicht die gesamte Software zur gleichen Zeit entwickelt werden wird, muss die Implementierung es erlauben, zusätzliche Systemkomponenten auf einfache Weise modular hinzuzufügen. Idealerweise sollte es möglich sein, neue Systemkomponenten ohne Neukompilierung oder Änderung der GUI hinzuzufügen. Es ist zu erwarten, dass das Nachfolgende der Gegenstand von Modulen sein wird:

1. Vorverarbeitungsverfahren;
2. Univariate Algorithmen;
3. Multivariate Algorithmen;
4. SCREAM-Algorithmen;
5. Diagramme/Plots;
6. Ein Expertensystem; und
7. Schnittstellen an ERP- und Prozesssteuerungen.

[0283] Man schätzt, dass ca. oder weniger Überwacher das System zu jeder bestimmten Zeit benutzen werden und dass die Überwacher ein Subset der gleichen Prozessdaten überwachen werden. In einem Beispiel besteht ein Subset aus ca. vierundvierzig einzelnen Sensoren und zwanzig Modellen, wobei jedes Modell ca. fünfundsiebzig einzelne Sensoren enthält. Daher sollte die Software in diesem Beispiel in der Lage sein, Prozessrohdaten von ca. 1.500 Sensoren unter Verwendung der Daten aus diesen Sensoren zu verarbeiten, um zwanzig Modelle zu versorgen. Diese Berechnungen können jede Sekunde ein Mal ausgeführt werden.

[0284] Da Herstellungsanlagen oft in kontinuierlichem Betrieb sind, sollte angestrebt werden, dass die Software zu 100% verfügbar ist. Das System sollte derart strukturiert sein, dass es wochenlang in einem unbeaufsichtigten Modus laufen kann. Da die Software zu Beginn wahrscheinlich nicht dazu verwendet werden wird, um tatsächlich Herstellungsprozesse zu überwachen, kann die anfängliche Systemverfügbarkeit 99,35% (nicht mehr als 10 Minuten Stillstandszeit innerhalb von 24 Stunden) überschreiten, wobei Verfügbarkeit der Datenquellen mit 100% angenommen wird.

[0285] Sobald die Software tatsächlich implementiert ist, um Prozesse zu steuern, wird die Software an die aktuellen Prozesssteuerungen anschließen. In diesem Szenario ist eine stringenter Systemverfügbarkeit erforderlich. Für diese letzte Implementierungsphase kann die Systemverfügbarkeit 99,998% (nicht mehr als 1 Stunde Stillstandszeit innerhalb von 30 Tagen) überschreiten. Eine Systemdarstellung, die vier Sensoren und vier Modelle enthält, kann nicht mehr als eine Sekunde zum Aktualisieren benötigen.

[0286] Tabelle 3 beschreibt verschiedene Plottypen, die durch die Software unterstützt werden können.

Tabelle 3: Plottypen

Name	Beschreibung
Linienplot	Ein/e Zeitserie oder Trenddiagramm überprüft das zeitabhängige Verhalten eines Sensors durch Auftragen des Werts des Sensors als eine Funktion der Zeit.
Scatter-Plot (2D)	Ein 2D-Scatter-Diagramm überprüft die Beziehungen zwischen Daten, die für zwei verschiedene Eigenschaften erfasst wurden. Obwohl das Scatter-Diagramm nicht den Grund für eine solche Beziehung bestimmen kann, kann es zeigen, ob solch eine Beziehung besteht oder nicht, und wenn ja, wie stark sie ist. Die durch das Scatter-Diagramm erzeugte Analyse wird als Regressionsanalyse bezeichnet.
Scatter-Plot (3D)	Ein 3D-Scatter-Diagramm überprüft die Beziehungen zwischen Daten, die für drei verschiedene Eigenschaften erfasst wurden.
Dichteplot	Ein Dichteplot ist ein zweidimensionales Gitter mit einer definierten Anzahl von Inkrementen für jede der zwei Achsen - die unteren und linken Seiten des Gitters. Die Anzahl an Inkrementen für jede Achse kann im Allgemeinen ungleich sein, wird aber für diese Arbeit typischerweise die gleiche sein. Die Gitterlinien könnten dargestellt werden, werden hier aber nicht dargestellt. Um einen Dichteplot zu erzeugen, sind drei Zahlen erforderlich: (1) die Gitterposition auf der unteren Achse, (2) die Gitterposition auf der linken Achse und (3) der dem Gitterpunkt zugeordnete Wert. Der Wert des Gitterpunkts bestimmt die in dem Gitter über eine Verweistabellen- oder Abbildungsfunktion darzustellende Farbe.
Balkendiagramm	Ein Balkendiagramm wird typischerweise verwendet, um die numerischen Werte, die einer Reihe qualitativer Variablen zugehörig sind, darzustellen. Anstatt die Werte als Punkte oder Linien zwischen Punkten darzustellen, wird eine rechteckige Zelle zwischen einem Punkt und einem Wert von null für jeden der Werte gezogen. In dieser Arbeit werden zweidimensionale Balkendiagramme verwendet und beschrieben. Typischerweise ist die untere Achse für die qualitativen Variablen (z. B. Sensorname, Jahr) reserviert und die linke Achse ist für den quantitativen Wert (z. B. Contribution) verwendet.
Dendogramm	Ein Baumdiagramm wird verwendet, um die Hierarchie und Beziehungen zwischen Objekten / Stichproben grafisch anzuzeigen. Die Distanz von dem Beginn (wo alle Stichproben getrennt sind) bis zu der Verbindung zwischen zwei oder mehreren Stichprobengruppen ist ein Maß für die Ungleichartigkeit zwischen Stichproben oder Gruppen von Stichproben.

Tabelle 4 trägt Attribute der Plots von Tabelle 3 auf. Attribute beziehen sich auf die Art, wie ein Plot dem Benutzer angezeigt wird, und auf die Dinge, die der Benutzer in dem Plot ändern kann. Der Benutzer sollte in der Lage sein, den 3-D-Scatter-Plot zu drehen.

Tabelle 4: Plotattribute

Plotname	Variable	Linien zwischen Punkten ziehen?	Symbole für jeden Punkt zeichnen?	Markierungen für jeden Punkt anzeigen?	Achsen setzen / autoskalieren?	Gitter ein- / ausschalten (Hauptachsen)?	Zeige Alarmgrenzen	Aspekt-Ratio?	Plotgröße?	Farben (Vorder- / Hintergrund, etc.)?
Linienplot	x, y	Ja	Benutzerdefiniert Standard-einst.: Nein	Nein	Benutzerdefiniert Standard-einst.: Au- toscale	Benutzerdefiniert Standard-einst.: Aus	Benutzerdefiniert Standard-einst.: Ja	Benutzerdefiniert Standard-einst.: 1,6	Benutzerdefiniert	Benutzerdefiniert
Scatter-Plot (2D)	x, y	Nein	Ja	Benutzerdefiniert Standard-einst.: Ja	Benutzerdefiniert Standard-einst.: Au- toscale	Benutzerdefiniert Standard-einst.: Aus	Nein	Benutzerdefiniert Standard-einst.: 1,6	Benutzerdefiniert	Benutzerdefiniert
Scatter-Plot (3D)	x, y, z	Nein	Ja	Benutzerdefiniert Standard-einst.: Ja	Benutzerdefiniert Standard-einst.: Au- toscale	Aus	Nein	Benutzerdefiniert Standard-einst.: 1,6	Benutzerdefiniert	Benutzerdefiniert
Dichteplot	x, y	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	Benutzerdefiniert Standard-einst.: 1,0	Benutzerdefiniert	Benutzerdefiniert
Balkendiagramm	x, y	Nein	Nein	Nein	Benutzerdefiniert Standard-einst.: Au- toscale	Benutzerdefiniert Standard-einst.: Aus	Benutzerdefiniert Standard-einst.: Ja	Benutzerdefiniert Standard-einst.: 1,6	Benutzerdefiniert	Benutzerdefiniert
Denndiagramm	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	Nein	Benutzerdefiniert	Benutzerdefiniert

[0287] Tabelle 5 beschreibt einige Diagrammtypen, die in der Software unterstützt werden.

Tabelle 5: Diagrammtypen

Name	Beschreibung
Regelkarte	Eine Regelkarte wird verwendet, um visuell zu verifizieren, ob ein gegebener Sensor innerhalb vorbestimmter Regelgrenzen liegt. Es ist ein Trenddiagramm mit horizontalen Linien für den Mittelwert (oder Sollwert), einer oberen Regelgrenze und einer unteren Regelgrenze für den speziellen Sensor.
Shewhart-Plot	Regelkarten.
EWMA (Exponentiell Gewichteter Gleitender Durchschnitt)	Ein EWMA (Exponentiell Gewichteter Gleitender Durchschnitt)-Diagramm ist eine Regelkarte für Variablendaten (Daten, die sowohl quantitativ sind als auch kontinuierlich gemessen werden, wie z. B. eine gemessene Dimension oder Zeit). Sie trägt gewichtete gleitende Durchschnittswerte auf. Ein Gewichtungsfaktor wird von dem Benutzer gewählt, um zu bestimmen, wie ältere Datenpunkte den Mittelwert im Vergleich mit aktuelleren beeinflusst. Da das EWMA-Diagramm Information aus allen Stichproben verwendet, erkennt es viel kleinere Prozessverschiebungen als eine normale Regelkarte es tun würde.
CUSUM (Kumulative Summe)	Ein CUSUM-Diagramm ist eine Regelkarte für Variablendaten, die die kumulative Summe der Abweichungen von einem Ziel aufrägt. Da jeder aufgetragene Punkt auf dem CUSUM-Diagramm Information aus allen vorhergehenden Stichproben verwendet, erkennt es viel kleinere Prozessverschiebungen als eine normale Regelkarte es tun würde.
Hotelling T^2	Die Hotelling T^2 -Statistik misst eine unübliche Streuung innerhalb des Kalibriermodellraumes.
Q-Residuum	Begleitplot zu Hotelling T^2 versus Zeit. Die Q-Residuum-Statistik ist die Summe der Fehlerquadrate zwischen den Daten und deren Abschätzungen und ist ein Maß für den Model Mismatch.
SPE (Quadrat des Vorhersagefehlers)	Das Quadrat des Vorhersagefehlers (SPE)-Diagramm kann ebenfalls verwendet werden, um Verschiebungen zu erkennen. Der SPE ist typischerweise eher mit der PLS verknüpft als mit der PCA.
Kohärenz-Differenzmatrixnorm	Die Kohärenz-Differenzmatrixnorm wird von dem Kohärenzbasierten Fehlererkennungsabschnitt von SCREAM zur Identifizierung von Fehlern und Prozesszuständen verwendet.
Pareto-Diagramm	Ein Pareto-Diagramm ist ein vertikaler Balkengraph, der Probleme in einer priorisierten Reihenfolge zeigt, so dass bestimmt werden kann, welche Probleme zuerst in Angriff genommen werden sollten.
Histogramm	Eine einzige Antwort (Messung, Variable) wird in eine Reihe von Intervallen, üblicherweise von gleicher Länge, aufgeteilt. Die Daten werden als eine Reihe vertikaler Balken angezeigt, deren Höhe die Anzahl von Datenwerten in jedem Intervall angeben.

Name	Beschreibung
Contribution-Plot (Scores)	Der Wert der Ladung für jeden der Sensoren für eine Komponente in einem Modell. Die aufzutragende Komponente wird durch den Benutzer gewählt. Wenn die erste Haupt- bzw. Prinzipalkomponente in einem PCA-Modell gewählt wird, wird der Contribution-Plot ein Balkendiagramm sein, das die Ladungen (die positive und negative Werte haben) für PC#1 für jede der in dem Modell verwendeten Variablen zeigt.
Contribution-Plot (Fehler)	Wenn der Wert des / der T^2 , Q-Residuums oder SPE für neue Daten für ein Modell, das zuvor erstellt wurde, berechnet wird, weist jeder Sensor eine nicht negative Contribution auf. Der Contribution-Plot zeigt den Wert der Contribution für jeden der Sensoren in dieser Berechnung.
Scores-Plot	Der Scores-Plot zeigt die Verteilung der Stichproben in dem Modell.
Ladungsplot	Ladungsdiagramme stellen eine Angabe der relativen Contribution einer jeden Prozessvariablen gegen eine gegebene Haupt- bzw. Prinzipalkomponente für alle Gruppen in der Analyse bereit.
Parallelkoordinaten-Plot	Durch Darstellen jeder Beobachtung nicht als ein Punkt in einem Scatter-Plot sondern als eine Reihe nicht unterbrochener Linien-segmente, die parallele Achsen verbinden. Jede Achse stellt eine unterschiedliche Variable dar.
Kohärenzdiagramm	Ein quadratischer Schachbrett-Plot (oder Dichteplot). Die Anzahl der Quadrate entlang einer Seite entspricht der Anzahl von Sensoren. Die Farbe der Zelle steht mit dem Grad der Kovarianz zwischen zwei Sensoren in Beziehung. Die diagonalen Elemente besitzen immer die Farbe, die einem Einheitswert zugeordnet ist, da ein Sensor mit sich selbst vollkommen korreliert. Das Kohärenzdiagramm wird von dem Kohärenzbasierten Fehlererkennungsabschnitt von SCREAM verwendet, um Beziehungen zwischen Sensoren zu identifizieren.
Kohärenz-Differenzdiagramm	Das Kohärenz-Differenzdiagramm wird verwendet, um eine Änderung aus einem erwarteten Prozesszustand zu visualisieren. Wenn der aktuelle Zustand gleich dem erwarteten Prozesszustand ist, wird das gesamte Diagramm schwarz sein (z. B. keine Differenz). Farben erscheinen, wenn Differenzen erkannt werden. Wenn nur eine einzige Zelle eine verschiedene Farbe besitzt, gibt dies eine Änderung in der Kohärenz zwischen zwei Sensoren an (die Identität dieser Sensoren kann durch Betrachten der Achsen bestimmt werden). Wenn eine ganze Linie eine verschiedene Farbe aufweist und ein Raster sichtbar ist, zeigt dies eine Änderung in der Kohärenz zwischen einem Sensor und allen anderen Sensoren in dem Subsystem an.

Tabelle 6 beschreibt den Inhalt der Diagrammtypen von Tabelle 5.
Tabelle 6: Diagramminhalt

Name	Plottyp	Variable					Alarm Zeigen?
		X	Y	z, p	Benutzergewählte Optionen	Alarm Zeigen?	
Regelkarte	Linienplot	Zeit	Sensorwert	N/A	y	Wenn definiert	
Shewhart-Plot	Linienplot	Zeit	Sensorwert	N/A	y	Wenn definiert	
EWMA (Exponentiell Gew. Gleitender Durchschnitt)	Linienplot	Zeit	Sensorwert	N/A	y	Wenn definiert	
CUSUM (Kumulat. Summe)	Linienplot	Zeit	Sensorwert	N/A	y	Wenn definiert	
Hotelling T ²	Linienplot	Zeit	Hotelling T ²	N/A	Modell	Ja	
Q-Residuum	Linienplot	Zeit	Q-Residuum	N/A	Modell	Ja	
SPE (Quadrat des Vorhergesagtefehlers)	Linienplot	Zeit	SPE	N/A	Modell	Ja	
Kohärenz-Differenzmatrixnorm	Linienplot	Zeit	Matrixnorm	N/A	Modell	Ja	
Pareto-Diagramm	Balkendiagramm	Variablenname	Anzahl d. Vorkommen	N/A	Zustand	Keinen	
Histogramm	Balkendiagramm	Wert	Anzahl d. Vorkommen	N/A	Variable	Keinen	
Contribution-Plot (Scores)	Balkendiagramm	Variablenname /Anzahl	Wert (PC #)	N/A	Punkt in Scores-Plot; PC-Anzahl	Ja	
Contribution-Plot (Fehler)	Balkendiagramm	Variablenname /Anzahl	Wert (T ² , Q, SPE)	N/A	Punkt in T ² -, Q-, SPE-Plot	Ja	
Scores-Plot	Scatter-Plot (2D, 3D)	PC ² , Zeit	PC	PC	x, y, z	Keinen	
Ladungsplot	Scatter-Plot (2D, 3D)	PC, Zeit	PC	PC	x, y, z	Keinen	
Parallelkoordinatenplot	Linienplot	PC-Anzahl	Wert d. entsprech. PC	N/A	Modell	Keinen	
Kohärenzdiagramm	Dichteplot	Variablenname /Anzahl	Sensorname/Anzahl	Kohärenz	Modell; Subsystem	Keinen	
Kohärenz-Differenzdiagramm	Dichteplot	Variablenname /Anzahl	Sensorname/Anzahl	Kohärenz	Modell; Subsystem	Keinen	

² PC = Haupt- bzw. Prinzipalkomponente

[0288] Tabelle 7 zeigt einige Datenvorverarbeitungsverfahren. Für jedes Verfahren werden die erforderlichen Eingänge, die erwarteten Ausgänge und die mit dem Modell gespeicherte Information definiert.

Tabelle 7: Vorverarbeitungsverfahren

Name des Vorverarbeitungsverfahrens	Beschreibung des Vorverarbeitungsverfahrens
Datenzentrierung und -Skalierung (Autoscaling)	Eliminiert die verschiedenen Messungen zugeordneten Einheiten (z. B. Temperatur, Druck) und skaliert die Daten durch die Varianz, so dass alle Sensorantworten annähernd die gleiche Skalierung aufweisen (z. B. typischerweise zwischen -3 und 3). Notwendig für PCA und PLS, nicht notwendig für SCREAM-Elemente.
Datensynchronisierung	Dieses Merkmal zielt im Speziellen auf Zeitverzögerungen zwischen verschiedenen Sensoren während einer Datenerfassung ab und verwendet einen Puffer, um Zeitstempel für verschiedene Sensoren / Systeme (so eng wie möglich) anzupassen.
Datentransformation / -Linearisierung	Es wird eine Transformation auf die Daten angewendet, um Effekte wie z. B. saisonale Trends zu eliminieren und / oder die Daten in eine lineare Form zu transformieren.
Eliminierung v. redundanten Variablen	Ein nützliches Verfahren zum Verringern der Rechenzeit, wenn die Rechenzeit während der Designphase des Projekts ein Thema wird.
Abschätzen Fehlender Daten	Daten für einen Sensor können aus vielerlei Gründen fehlen (z. B. Sensor wurde entfernt, Sensor wurde nicht abgerufen, Ablesung wurde nicht korrekt übertragen). Es muss ein Schema entwickelt werden, um den Wert dieses Sensors abzuschätzen, um PCA- oder PLS-Modelle zu verwenden.
Rauschfilterung	Verfahren (z. B. Savitzky-Golay, gleitender exponentieller Durchschnitt), um die Rauscheffekte zu verringern. Wenn sich die Rauscheigenschaften des Sensors ändern, werden die meisten Rauschfilterungsverfahren diese Eigenschaften nicht entfernen. Somit ist das Rauschmodell in SCREAM für eine Anomalieerkennung auch nach einer Rauschfilterung noch immer gültig.
Ausreißererkennung	Dieser Schritt wird während einer Modellerstellung verwendet, nicht aber während einer Überwachung. Ein „Ausreißer“ ist ein Punkt, der sich statistisch von allen anderen Punkten stark unterscheidet. Ausreißer müssen während einer Modellerstellung beseitigt werden, um eine gute Abschätzung von Normalbetrieben zu erhalten.
Wahl d. Variablen	Bezieht sich auf die Eliminierung von redundanten Variablen. Der Zweck dieses Verfahrens besteht in einer schnellen Vorselektierung der Sensoren und um zu bestimmen, welche dieser Sensoren die bedeutendsten sind, ohne ein komplexes Modell erstellen und Ladungen berechnen zu müssen.

[0289] Eine Datenzentrierung und -skalierung wird verwendet, wenn PCA- oder PLS-Modelle erstellt werden. Ein Autoscaling für eine Multiway-PCA ist nicht so direkt wie typische zweidimensionale PCA-Modelle. Eingänge Während Einer Modellerstellung sind Sensorablesungen über die Zeit. Erwartete Ausgänge Während Einer Modellerstellung sind autoskalierte Sensorablesungen über die Zeit. Mit Einem Modell Gespeicherte Information sind Mittelwert und Standardabweichung für jeden Sensor für alle Daten, die verwendet werden, um das Modell zu erstellen. Eingänge Während Einer Modellüberwachung sind Sensorablesungen über die Zeit und Mittelwert und Standardabweichung für jeden Sensor für alle Daten, die verwendet werden, um das Modell zu erstellen (aus gespeicherter Information). Erwartete Ausgänge Während Einer Modellüberwachung sind autoskalierte Sensorablesungen über die Zeit auf Grundlage der Autoscalingparameter, die verwendet werden, um das Modell zu erstellen.

[0290] Eine Datensynchronisierung ist wichtig, wenn Daten aus vielen Systemen an vielen Orten erfasst werden. Bei einer direkten Verbindung zu einem einzigen OPC-Server mag Datensynchronisierung kein Thema

sein. Typischerweise wird ein Puffer verwendet, um Daten zu erfassen. Eingänge während einer Modellerstellung sind Sensorablesungen über die Zeit. Erwartete Ausgänge während einer Modellerstellung sind Sensorablesungen über die Zeit, so dass Zeitstempel für alle Sensortypen annähernd gleich sind. Eingänge während einer Modellüberwachung sind Sensorablesungen über die Zeit. Erwartete Ausgänge während einer Modellüberwachung sind Sensorablesungen über die Zeit, so dass Zeitstempel für alle Sensortypen annähernd gleich sind.

[0291] Fehlende Daten haben einen starken Einfluss auf die Analyse für bestimmte Modelle. Wenn Daten entweder für ein PCA- oder PLS-Modell fehlen und die Ladung groß genug ist, dann wird das Modell sinnlose Ergebnisse erzeugen. Die Auswirkung fehlender Daten ist nicht annähernd so entscheidend für die Algorithmen von SCREAM und fehlende Daten können für SCREAM-Modelle weder abgeschätzt noch ersetzt werden.

[0292] Bei einem fehlenden Wert für ein PCA- oder PLS-Modell gibt es drei Möglichkeiten, das Problem zu behandeln:

1. Schließe Daten nicht für eine Analyse ein, wenn Werte fehlen. Wenn das Problem weiter besteht, berichte einen Fehler.
2. Wenn das Problem weiter besteht und nicht fixiert werden kann, erstelle ein neues Modell, das den/die Sensor/en mit fehlenden Werten nicht umfasst.
3. Schätze den Wert ab (z. B. verwende einen Mittelwert, verwende den vorhergehenden Wert, verwende ein PLS-Modell und inhärente Redundanz in Subsystem etc.). Wenn der Fehler weiter besteht, berichte einen Fehler.

[0293] Wenn fehlende Werte ersetzt werden müssen, umfassen Eingänge während einer Modellerstellung Sensorablesungen über die Zeit. Erwartete Ausgänge während einer Modellerstellung sind Sensorablesungen über die Zeit, wobei fehlende Werte ersetzt sind. Erforderliche Eingänge während einer Modellüberwachung umfassen Sensorablesungen über die Zeit. Erwartete Ausgänge während einer Modellüberwachung umfassen Sensorablesungen über die Zeit, wobei fehlende Werte ersetzt sind.

[0294] Der Zweck einer Rauschfilterung besteht darin, Spitzen zu eliminieren, und nicht die Struktur des zugrunde liegenden Rauschens zu ändern. Eingänge während einer Modellerstellung umfassen Sensorablesungen über die Zeit. Erwartete Ausgänge während einer Modellerstellung umfassen Sensorablesungen über die Zeit nach einer Rauschfilterung. Parameter, die mit einem Modell gespeichert werden, sind nicht für ein Modell spezifisch sondern universell. Eingänge während einer Modellüberwachung umfassen Sensorablesungen über die Zeit. Erwartete Ausgänge während einer Modellüberwachung umfassen Sensorablesungen über die Zeit nach einer Rauschfilterung.

[0295] Tabelle 8 zeigt verschiedene univariate Verfahren.

Tabelle 8: Univariate Verfahren

Name des Univariaten Verfahrens	Beschreibung d. Univariaten Verfahrens
Durchschnitt	Das arithmetische Mittel, das erhalten wird durch Addition von zwei oder mehreren Quantitäten und nachfolgendes Dividieren durch die Gesamtzahl an Quantitäten.
Standardabweichung	Ein statistisches Maß dafür, wie weit sich einzelne Elemente in einer Frequenzverteilung von dem Mittelwert unterscheiden.
Capability-Index (Cp)	Ein Maß für die Fähigkeit des Prozesses, ein Produkt innerhalb einer Spezifikation zu bilden. Definiert als: $(\text{high-spec} - \text{low spec}) / (6 \cdot \text{Sigma})$, wobei Sigma die gemessene Standardabweichung ist.
Oberer Capability-Index (Cp, u)	Definiert als: $(\text{Durchschnittswert} - \text{lower spec}) / (3 \cdot \text{Sigma})$
Unterer Capability-Index (Cp, l)	Definiert als: $(\text{high-spec} - \text{Durchschnittswert}) / (3 \cdot \text{Sigma})$
Capability-Index 2 (Cp, m)	Berücksichtigt die Abweichung von einem Zielwert. Definiert als: $Cp / \text{Quadratwurzel}(1 + (\text{Durchschnitt-Ziel})^2 / \text{Sigma}^2)$.
Instabilitätsindex (St)	Wird verwendet, um die Stabilität oder Instabilität eines Prozesses im Verlauf der Zeit zu überprüfen. Definiert als: $(\text{Anzahl von Datenpunkten außer Kontrolle} \div \text{Gesamtzahl von Datenpunkten}) \times 100$.

[0296] Für die in Tabelle 8 gezeigten univariaten Verfahren beschreibt Tabelle 9 die erforderlichen Eingänge und erwarteten Ausgänge.

Tabelle 9: Eingänge und Ausgänge für Univariate Verfahren

Name des univariaten Verfahrens	Eingänge	Erwartete Ausgänge
Durchschnitt	Sensorablesung über die Zeit	Durchschnitt
Standardabweichung	Sensorablesung über die Zeit	Standardabweichung
Capability-Index (Cp)	Detaillierte Spezifikation Grobe Spezifikation Standardabweichung	Cp Capability-Index
Oberer Capability-Index (Cp, u)	Durchschnittswert Grobe Spezifikation Standardabweichung	Cp, u (Oberer Capability-Index)
Unterer Capability-Index (Cp, l)	Durchschnittswert Detaillierte Spezifikation Standardabweichung	Cp, l (Unterer Capability-Index)
Capability-Index 2 (Cp, m)	Cp (Capability-Index) Durchschnittswert Zielwert Standardabweichung	Cp, m (Capability-Index 2)
Instabilitätsindex (St)	# Punkte außer Kontrolle Gesamt # von Kontrollpunkten	St (Instabilitätsindex)

[0297] Tabelle 10 zeigt einige der multivariaten Verfahren, von denen zu erwarten ist, dass sie in Verbindung mit der Software verwendet werden.

Tabelle 10: Multivariate Verfahren

Name des multivariaten Verfahrens	Beschreibung des multivariaten Verfahrens
ACE (Alternating Conditional Expectations)	Ein multivariates nicht-parametrisches Regressionsverfahren, bei dem das Ziel identisch mit dem Additiven Modell (AM) ist, das aber die Fähigkeiten des AM erweitert, indem es eine funktionelle Transformation der abhängigen Variablen wie auch der unabhängigen Variablen erlaubt.
AM (Additives Modell)	Ein multivariates nicht-parametrisches Regressionsverfahren, das Sätze von Funktionen findet, um die unabhängigen Variablen zu transformieren und die Korrelation zwischen den transformierten unabhängigen Variablen und den abhängigen Variablen zu maximieren.
AVAS (Additivität und Varianzstabilisierung)	Ein multivariates nicht-parametrisches Regressionsverfahren, das eine Erweiterung der Alternating Conditional Expectations (ACE) ist und varianzstabilisierende Transformationen einführt.
CDA (Analyse der Kanonischen Diskriminante)	CDA ist einer der Algorithmen in der größeren Klasse der Diskriminantalgorithmen, die ein Subset der Faktoranalyse ist. Ein Diskriminantalalgorithmus erfordert ein beaufsichtigtes Lernen und jede Klasse ist bekannt und entsprechend markiert. Diskriminantalgorithmen berechnen die Ladungen, um die Varianz zwischen Klassen zu maximieren.
CLS (Classical Least Square)	Ein Verfahren zur multivariaten Kalibrierung. Ein CLS-Modell setzt die Form $X = CS + E$ voraus, wobei X die Antwortdaten sind, S eine Matrix reiner Komponentenantworten ist, C eine Matrix von Gewichten (Konzentrationen) ist und E ein/e Rauschen oder Fehlermatrix ist. Eine Abschätzung von S wird berechnet durch $(C^T C)^{-1} C^T X$.
Genetischer Algorithmus	Suchverfahren, die die Mechanik einer natürlichen Auslese und der natürlichen Vererbung verwenden. Die zugrunde liegende Operation eines genetischen Algorithmus ist einfach. Zuerst wird eine Population möglicher Lösungen für ein Problem entwickelt. Danach werden die besseren Lösungen miteinander rekombiniert, um einige neue Lösungen zu bilden. Zuletzt werden die neuen Lösungen verwendet, um die schlechteren der ursprünglichen Lösungen zu ersetzen, und der Prozess wird wiederholt.
HCA (Analyse hierarchischer Cluster)	HCA ist einer der Algorithmen in der größeren Klasse der Clusteranalyse. Eine Klassifizierung erfolgt in einem nicht beaufsichtigten Modus (auf Grundlage von Distanzen/Ähnlichkeiten) und die Ergebnisse werden in einem Dendrogramm dargestellt.

Name des multivariaten Verfahrens	Beschreibung des multivariaten Verfahrens
ILS (Inverse Least Squares)	Ein Verfahren zur multivariaten Kalibrierung. ILS-Modelle setzen die Form $y = Xb + e$ voraus, wobei y eine vorherzusagende Eigenschaft ist, X die gemessene Antwort ist, b der Vektor der Gewichte ist und e das Rauschen oder der Fehlervektor ist.
K-Means	K-Means ist einer der Algorithmen in der größeren Klasse der Clusteranalyse. Für K-Means gibt der Benutzer die Anzahl erwarteter Klassen ein und Ladungen werden berechnet, um die Scores in diese vielen Cluster zu gruppieren.
k-Nearest-Neighbors (kNN)	kNN ist einer der Algorithmen in der größeren Klasse der Clusteranalyse. Ein beaufsichtigtes Lernen ist erforderlich, da jede Klasse markiert werden muss. Eine neue Stichprobe wird als die Klasse identifiziert, die k Nachbarn am nächsten zu den unbekanntem oder die größte Anzahl von Nachbarn innerhalb der k nächsten Nachbarn aufweist.
LOESS (Locally Weighted Regression)	Das LOESS-Modell führt eine lineare Regression an Punkten in dem Datensatz aus, gewichtet um einen an x zentrierten Kern. Die funktionelle Form des Kerns ändert sich in Abhängigkeit von der für das bestimmte Problem erforderlichen Empfindlichkeit und Spanne.
MARS (Multivariate Adaptive Regression Splines)	Ein multivariates, nicht-parametrisches Regressionsverfahren. Das MARS-Verfahren erstellt flexible Regressionsmodelle durch Anpassen getrennter Splines (oder Basisfunktionen), um Intervalle der Prädiktorvariablen zu unterscheiden.
MLR (Multiple Linear Regression)	Ein Verfahren inverser Least Squares. Die Gewichte können durch $b = X^+ y$ berechnet werden, wobei X^+ ein Pseudoinvers ist. Das Pseudoinvers ist definiert als $(X^t X)^{-1} X^t$.
Multiblock-PCA	PCA-Modelle werden für jedes Subsystem oder Grundverfahren entwickelt. Die Ausgänge der Modelle für Subsysteme werden als Eingänge für ein einziges Prozessmodell verwendet.
Multiway-PCA	Multiway-PCA ist nützlich für Chargenprozesse oder andere transiente Daten (ein Fenster von Daten für einen kontinuierlichen Prozess). Anstelle der typischen 2-dimensionalen Matrix für die PCA ist die Multiway-PCA eine 3-dimensionale Matrix, die noch immer die PCA zur Analyse verwendet. Spezielle Algorithmen umfassen PARAFAC und Tucker3.

Name des multivariaten Verfahrens	Beschreibung des multivariaten Verfahrens
Neuronale Netzwerke, Neuronale Netze (NN)	Neuronale Netze berechnen Beziehungen zwischen einer oder mehreren Eingangsvariablen, die als unabhängige Variablen oder Descriptoren bezeichnet werden (z. B. Extinktion bei verschiedenen Wellenlängen) und einer oder mehreren Ausgangsvariablen, die als abhängige Variable oder Antworten bezeichnet werden (z. B. Konzentration eines Zielanalyten) ohne irgendeine spezielle Modellform a priori vorauszusetzen. Information in einem NN wird auf mehrere Zellen (Knoten) und Verbindungen zwischen den Zellen (Gewichten) verteilt.
PCA (Haupt- bzw. Prinzipalkomponentenanalyse), PA	PCA ist einer der Algorithmen in der größeren Klasse der Faktoranalyse. In der PCA werden Faktoren durch Bilden einer linearen Kombination der Sensor-Antworten berechnet. Die PCA kann in einem nicht beaufsichtigten Modus verwendet werden. Die Koeffizienten (Ladungen) werden auf Grundlage des Erfassens des größten Betrags an Varianz, der orthogonalen Zwangsbedingungen unterworfen ist, berechnet.
PCR (Haupt- bzw. Prinzipalkomponentenregression)	Ein Verfahren inverser Least Squares, das üblicherweise verwendet wird, um mit schlecht konditionierten Regressionsproblemen umzugehen, indem die interessierende Eigenschaft (y) auf PCA-Scores regressiert wird. Das Pseudoinvers ist definiert als $P_k (T_k^t T_k)^{-1} T_k^t$, wobei P_k und T_k die üblichen Definitionen für PCA-Ladungen bzw. -Scores aufweisen.
PLS (Partial Least Squares)	Ein Inverse Least Squares (ILS)-Verfahren, das auf eine der Unzulänglichkeiten der Haupt- bzw. Prinzipalkomponentenregression (PCR) gerichtet ist. In der PCR werden die Ladungen ohne die in der interessierenden Eigenschaft enthaltene Information berechnet, auch wenn diese Daten verfügbar sind. Die PCR erfasst die maximale Varianz von X (gleich wie die PCA), MLR erzielt eine maximale Korrelation von X zu y (auf Kosten der Varianz innerhalb von x) und PLS maximiert die Kovarianz zwischen X und y. Das Pseudoinvers wird berechnet durch $W_k (P_k^t W_k)^{-1} (T_k^t T_k)^{-1} T_k^t$, wobei W ein zusätzlicher Satz von Gewichten ist, um die Orthogonalität zu erhalten.
PPR (Projection Pursuit Regression)	Ein multivariates nicht-parametrisches Regressionsverfahren. Projiziert die Daten auf eine kleinere Anzahl von Dimensionen und erlaubt dann eine Drehung, um interessierenden Merkmalen zu folgen.

Name des multivariaten Verfahrens	Beschreibung des multivariaten Verfahrens
RPR (Rekursive Partitionierungsregression)	Ein multivariates nicht-parametrisches Regressionsverfahren, das entworfen wurde, um eine lokale niedrigdimensionale Struktur in Funktionen zu finden, die eine globale hochdimensionale Abhängigkeit zeigt. Der Ausgang ist ein Entscheidungsbaum oder Dendogramm.
SIMCA (Soft Independent Modeling of Class Analogy)	SIMCA betrachtet jede Klasse getrennt. Für jede Klasse wird separat eine Haupt- bzw. Prinzipalkomponentenanalyse ausgeführt, die zu einem PC-Modell für jede Klasse (so genannte disjunkte Klassenmodelle) führt. Für eine Klassifizierung ist ein beaufsichtigtes Training erforderlich.

[0298] Ein in der Tabelle 10 aufgelistetes multivariates Verfahren ist die Haupt- bzw. Prinzipalkomponentenanalyse (PCA). PCA enthält ein Verfahren, das eine Anzahl (möglicherweise) korrelierter Variablen zu einer (kleineren) Anzahl von nicht korrelierten Variablen, genannt Haupt- bzw. Prinzipalkomponenten, transformiert. Die PCA ist enthalten, so dass Modellersteller eine multivariate statistische Prozesssteuerung mit einem einfachen Verfahren ausführen können, das sich auf den Prozesszustand konzentriert. Die PCA ist ein in der Literatur gut dokumentiertes Verfahren zur Prozesssteuerung und die Verfahren zum Erkennen von Anomalien sind gut ausgetestet.

[0299] Für eine Modellerstellung umfassen Eingänge für die PCA Sensorablesungen über die Zeit für mehrere Sensoren, angeordnet in einer zweidimensionalen Matrix. Die Anzahl der Spalten entspricht der Anzahl der Sensoren und die Anzahl der Zeilen entspricht der Anzahl der Zeitstempel. Erwartete Ausgänge für eine PCA umfassen:

1. Die Anzahl an PCs (Haupt- bzw. Prinzipalkomponenten)
2. Für jeden PC einen Ladungswert für jeden Sensor. Die Ladungen werden in einer zweidimensionalen Matrix gespeichert. Die Anzahl an Spalten entspricht der Anzahl an Haupt- bzw. Prinzipalkomponenten und die Anzahl an Zeilen entspricht der Anzahl an Sensoren.
3. Hotelling T^2 -Regelgrenze
4. Q-Residuum-Regelgrenze

[0300] In Abhängigkeit von der Anzahl an PCs wird eines der folgenden Diagramme die Standardeinstellung sein. Für einen PC ist der Scores-Plot mit PC1 (Haupt- bzw. Prinzipalkomponente 1) auf der y-Achse und der Zeit auf der x-Achse die Standardeinstellung. Ein Ladungsplot mit PC1 auf der y-Achse und der Zeit auf der x-Achse kann ebenfalls verwendet werden. Für zwei PCs ist ein Scores-Plot mit PC2 auf der y-Achse und PC1 auf der x-Achse die Standardeinstellung. Ein Ladungsplot mit denselben Achsen kann ebenfalls verwendet werden. Für drei oder mehr PCs ist ein Scores-Plot mit PC3 auf der z-Achse, PC2 auf der y-Achse und PC1 auf der x-Achse die Standardeinstellung. Es kann auch ein Ladungsplot mit denselben Achsen verwendet werden. Wenn mehr als drei PCs vorhanden sind, sollte dem Benutzer die Option geboten werden, zu wählen, welche PCs angezeigt werden sollen und welche der drei Darstellungen verwendet werden sollen.

[0301] Automatische Alarme können bei zwei Zuständen ausgelöst werden. Ein Alarm der Stufe 3 wird ausgelöst und ein Text zeigt an „Regelgrenze überschritten – T^2 “, wenn der Zustand lautet: Hotelling T^2 (wenn das Modell läuft) > Hotelling T^2 -Regelgrenze. Ein Alarm der Stufe 4 wird ausgelöst und ein Text zeigt an „Regelgrenze überschritten – Q“, wenn der Zustand lautet: Q-Residuum (wenn das Modell läuft) > Q-Residuum-Regelgrenze.

[0302] Für eine Modellüberwachung unter Verwendung der PCA umfassen Eingänge Daten für alle „Sensoren in Verwendung“ in dem Modell zu einem gegebenen Zeitpunkt und einen Ladungswert für jeden Sensor für jede Haupt- bzw. Prinzipalkomponente (auf Grundlage von Modellergebnissen). Erwartete Ausgänge umfassen Scores für jede Haupt- bzw. Prinzipalkomponente, Hotelling T^2 zu einem gegebenen Zeitpunkt und Q-Residuum zu einem gegebenen Zeitpunkt. Verwendete Diagramme/Plots der höchsten Ebene umfassen eine Standardanzeige eines Hotelling T^2 -Werts als eine Funktion der Zeit, angezeigt unter Verwendung von Hotelling T^2 vs. Zeitdiagramm. Jeder Punkt stellt ein Maß für eine Abweichung (Hotelling T^2) von dem Modell zu einem Zeitpunkt dar. Punkte, die außerhalb der erwarteten Regelgrenze liegen, sollten hervorgehoben werden. Für einen Q-Residuumwert ist die Standardanzeige ein Q-Residuumwert als eine Funktion der Zeit, angezeigt unter Verwendung eines Q-Residuums vs. Zeitdiagramm. Jeder Punkt stellt ein Maß für eine Abweichung

(Q-Residuum) von dem Modell zu einem Zeitpunkt dar. Punkte, die außerhalb der erwarteten Regelgrenze liegen, sollten hervorgehoben werden.

[0303] Diagramme/Plots, die auf der zweiten Ebene verwendet werden, umfassen:

1. Von einem Punkt auf dem Hotelling T^2 als eine Funktion des Zeitdiagramms, eine Standardanzeige der oberen 10 Sensoren, die zu dem Hotelling T^2 -Wert beitragen, unter Verwendung eines Contribution-Plots. Die Sensorwerte werden vom höchsten bis zum niedrigsten sortiert.
2. Von einem Punkt auf dem Q-Residuum als eine Funktion des Zeitdiagramms, eine Standardanzeige der oberen 10 Sensoren, die zu dem Q-Residuumwert beitragen, unter Verwendung eines Contribution-Plots. Die Sensorwerte werden von dem höchsten bis zu dem niedrigsten sortiert.

[0304] Diagramme/Plots, die auf der dritten Ebene verwendet werden, umfassen von einem Sensor, der auf einem der Contribution-Plots in Ebene 2 gewählt wird, eine Standardanzeigeregelnkarte für den gewählten Sensor. Beginne mit dem Plot [n Zeiteinheiten] vor dem in Ebene 2 gewählten Zeitpunkt und beende Plot [n Zeiteinheiten] nach dem in Ebene 2 gewählten Zeitpunkt. Nimm n aus dem „Standardzeitrahmen“ des Sensors in Tabelle 2A.

[0305] Ein weiteres in Tabelle 10 aufgelistetes multivariates Verfahren ist das Partial-Least-Squares-Verfahren (PLS). PLS ist enthalten, so dass Modellersteller virtuelle, inferenzielle Softsensoren für Prozesse entwickeln können. Es gibt zwei Hauptgründe für die Verwendung virtueller Sensoren. Virtuelle Sensoren können verwendet werden, um auf übliche Weise gemessene Prozessvariablen (z. B. Druck, Temperatur, Durchfluss) mit selten gemessenen Laborergebnissen (z. B. Dichte, Stockpunkt) zu korrelieren, so dass das Laborergebnis online in Echtzeit mit der gleichen Erfassungsgeschwindigkeit wie die Prozessvariablen approximiert werden kann. Virtuelle Sensoren können auch verwendet werden, um einen virtuellen redundanten Sensor durch Korrelieren der Messungen vieler Prozessvariablen mit einer anderen Prozessvariablen zu erzeugen. Zum Beispiel ist an dem Ende eines Abgasschornsteins ein Detektor, der die Konzentration eines speziellen Gases misst, das in die Umwelt freigesetzt wird. Die EPA benötigt für solche Fälle einen redundanten Sensor und hat kürzlich die Ergebnisse eines virtuellen redundanten Sensors anstelle eines redundanten Hardsensors akzeptiert.

[0306] Zur Modellerstellung unter Verwendung von PLS umfassen Eingänge Sensorablesungen über die Zeit für mehrere Sensoren, angeordnet in einer zweidimensionalen Matrix. Die Anzahl an Spalten entspricht der Anzahl an Sensoren und die Anzahl an Zeilen entspricht der Anzahl an Zeitstempeln. Ein weiterer Eingang ist eine Zieleigenschaftsmessung über die Zeit. Erwartete Ausgänge aus einer PLS-Modellerstellung umfassen die Anzahl latenter Variablen, den Satz von Ladungen (eine je Sensor pro latente Variable), einen Standardfehler der Vorhersage; eine Messung darüber, wie gut das Modell für die vorhandenen Eingangsdaten waren, und eine Residuum-Regelgrenze. Die verwendeten Diagramme/Plots der höchsten Ebene umfassen einen Ladungsplot von latenten Variablen. Ein Alarm der Stufe 4 kann ausgelöst werden, wenn das Residuum (wenn das Modell läuft) > Q-Residuum-Regelgrenze und ein Text, der anzeigt „Regelgrenze überschritten – PLS-Residuum“, wird angezeigt.

[0307] Für eine Modellüberwachung unter Verwendung von PLS umfassen Eingänge Daten für alle „Sensoren in Verwendung“ in dem Modell zu einem gegebenen Zeitpunkt und Ladungen je Sensor, mit einer Ladung je latente Variable. Erwartete Ausgänge umfassen einen vorhergesagten virtuellen Sensor (d. h., Zieleigenschafts)-Wert und einen Residuumwert (Maß für die Modellgültigkeit für die Eingangsdaten). Verwendete Diagramme/Plots der höchsten Ebene umfassen einen Residuumwert als Funktion der Zeit, angezeigt unter Verwendung eines x/y-Diagramms. Jeder Punkt stellt ein Maß für eine Abweichung (das Residuum) von dem Modell zu einem Zeitpunkt dar. Punkte, die außerhalb der erwarteten Regelgrenze liegen, sollten hervorgehoben werden. In einer virtuellen Sensorregelnkarte stellt jeder Punkt den vorhergesagten Wert des virtuellen Sensors zu einem Zeitpunkt dar. Punkte, die außerhalb der erwarteten Regelgrenze liegen, sollten hervorgehoben werden. Verwendete Diagramme/Plots der zweiten Ebene umfassen von jedem Plot einen Contribution-Plot, in dem jeder Balken einen einzelnen Sensor darstellt. Jeder Residuumwert oder vorhergesagte Wert eines virtuellen Sensors kann Alarme auslösen.

[0308] Ein weiteres in Tabelle 10 aufgelistetes multivariates Verfahren ist die Multiblock-PCA. Die Multiblock-PCA ist enthalten, so dass Modelle für individuelle Grundverfahren (oder Subsysteme) während der Bewertungsperiode erstellt werden können, und der Ausgang dieser Modelle kann dann als Eingänge in ein Modell für einen Gesamtprozess verwendet werden. Das Erstellen eines Modells für einen Gesamtprozess ist für den Modellersteller ein einfacherer Prozess, wenn es bestehende Modelle für Grundverfahren gibt. Es gibt zusätzliche Vorteile für dieses Verfahren. Zum Beispiel erfordert das Modell für den Gesamtprozess nicht, dass

jeder Sensor in der Anlage ein Eingang ist, da die Modelle für Grundverfahren die wichtigen Variablen bestimmen, die an das Gesamtmodell weitergeleitet werden sollen. Somit wird die Rechenzeit um einen Faktor reduziert, der annähernd gleich der Anzahl an Grundverfahren ist. Wenn in dem Modell des Gesamtprozesses eine Anomalie erkannt wird, kann das Modell zuerst bestimmen, welche/s Grundverfahren den Fehler verursacht hat/haben, und dann bestimmen, welche/r Sensor/en die Störung verursacht hat/haben.

[0309] Eingänge während einer Modellerstellung umfassen Sensorablesungen über die Zeit, Ablesungen virtueller Sensoren über die Zeit und Ausgänge aus anderen PCA-Modellen. Erwartete Ausgänge für eine PCA umfassen:

1. Die Anzahl an PCs (Haupt- bzw. Prinzipalkomponenten)
2. Für jeden PC einen Ladungswert für jeden Sensor. Die Ladungen werden in einer zweidimensionalen Matrix gespeichert. Die Anzahl an Spalten entspricht der Anzahl an Haupt- bzw. Prinzipalkomponenten und die Anzahl an Zeilen entspricht der Anzahl an Sensoren.
3. Hotelling T^2 -Regelgrenze
4. Q-Residuum-Regelgrenze

[0310] In Abhängigkeit von der Anzahl an PCs wird eines der folgenden Diagramme die Standardeinstellung sein. Für einen PC ist ein Scores-Plot mit PC1 (Haupt- bzw. Prinzipalkomponente 1) auf der y-Achse und der Zeit auf der x-Achse die Standardeinstellung. Ein Ladungsplot mit PC1 auf der y-Achse und der Zeit auf der x-Achse kann ebenfalls verwendet werden. Für zwei PCs ist ein Scores-Plot mit PC2 auf der y-Achse und PC1 auf der x-Achse die Standardeinstellung. Ein Ladungsplot mit denselben Achsen kann ebenfalls verwendet werden. Für drei oder mehr PCs ist ein Scores-Plot mit PC3 auf der z-Achse, PC2 auf der y-Achse und PC1 auf der x-Achse die Standardeinstellung. Es kann auch ein Ladungsplot mit denselben Achsen verwendet werden. Wenn mehr als drei PCs vorhanden sind, sollte dem Benutzer die Option geboten werden, zu wählen, welche PCs angezeigt werden sollen und welche der drei Darstellungen verwendet werden soll.

[0311] Automatische Alarmer können bei zwei Zuständen ausgelöst werden. Ein Alarm der Stufe 3 wird ausgelöst und ein Text zeigt an „Regelgrenze überschritten – T^2 “ wenn der Zustand Hotelling T^2 (wenn das Modell läuft) > Hotelling T^2 -Regelgrenze. Ein Alarm der Stufe 4 wird ausgelöst und ein Text zeigt an „Regelgrenze überschritten – Q“ wenn der Zustand lautet: Q-Residuum (wenn das Modell läuft) > Q-Residuum-Regelgrenze.

[0312] Eingänge für eine Modellüberwachung unter Verwendung einer Multiblock-PCA umfassen Daten für alle in dem Modell „Verwendeten Sensoren“ zu einem gegebenen Zeitpunkt, Daten für alle in dem Modell zu einem bestimmten Zeitpunkt verwendeten virtuellen Sensoren und Ausgänge aus anderen PCA-Modellen. Erwartete Ausgänge aus der Modellüberwachung umfassen Scores für jede Haupt- bzw. Prinzipalkomponente, Hotelling T^2 zu einem Zeitpunkt und Q-Residuum zu einem Zeitpunkt. Werte für Hotelling T^2 und Q-Residuum können Alarmer auslösen.

[0313] Die gleichen Diagramme/Plots werden auf der höchsten und der zweiten Ebene wie mit PCA verwendet. Diagramme/Plots der dritten Ebene sind ebenfalls die gleichen wie die PCA, außer wenn ein auf einem der Contribution-Plots in Ebene Zwei gewählter Sensor ist:

1. Ein Eingang aus einem anderen PCA-Modell, dann zeige Hotelling T^2 und Q-Residuum als eine Funktion der Zeit für dieses spezielle Modell. Verwende wie üblich die gleiche Hierarchie für PCA-Modelle.
2. Ein Ausgang aus einem virtuellen Sensor, dann zeige den Residuumwert als eine Funktion der Zeit, angezeigt unter Verwendung eines x/y-Diagramms. Jeder Punkt stellt ein Maß für eine Abweichung (das Residuum) von dem Modell zu einem Zeitpunkt dar. Punkte, die außerhalb der erwarteten Regelgrenze liegen, sollten hervorgehoben werden. Verwende wie üblich für alle PLS-Modelle die gleiche Hierarchie.

[0314] Ein weiteres in Tabelle 10 aufgelistetes multivariates Verfahren ist die Analyse der Kanonischen Diskriminante (CDA). Die CDA kann zwei Funktionen ausführen: Identifizieren von Anomalien und Data Mining. Es gibt zwei weitere Arten, Anomalien zu identifizieren, z. B. Expertensysteme. Die Software besitzt jedoch bereits eine in mehreren Formen codierte CDA und sollte leicht zu implementieren sein. Die CDA würde für eine Prozessüberwachung nicht mehr notwendig sein, sobald ein Expertensystem vorhanden ist.

[0315] Die CDA ist ein nützliches Verfahren zum Data Mining und stellt einen der Diskriminantalgorithmen zum Ausführen einer beaufsichtigten Analyse bereit. Die Ladungen einer CDA können sich stark von den Ladungen eines PCA-Modells für den gleichen Datensatz unterscheiden, da ein CDA-Modell versucht, die Varianz zwischen Klassen zu maximieren. Die PCA berechnet Ladungen durch Maximieren der erfassten Varianz, unabhängig von ihrer Quelle. Es ist zu beachten, dass eine Klasse einfach eine Sammlung von Daten ist, die eine Marke erhält und für ein beaufsichtigtes Training erforderlich ist. Beispielsweise können die Klassenna-

men ein Zustand (z. B. Normal, Start) oder eine Rezeptur (z. B. HA – 123, SBR – 542) oder eine beliebige andere Datensammlung sein, der eine gemeinsame Marke gegeben werden kann.

[0316] Eingänge für eine Modellerstellung unter Verwendung der CDA umfassen:

1. Sensorablesungen über die Zeit für mehrere Sensoren, angeordnet in einer zweidimensionalen Matrix. Die Anzahl der Spalten entspricht der Anzahl der Sensoren und die Anzahl der Zeilen entspricht der Anzahl der Zeitstempel.
2. Eine Marke, die jedem Zeitstempel (oder Reihe von Zeitstempeln) zugeordnet ist, und die den Zustand des Prozesses während der Zeitperiode (z. B. Normal, Start, Abschalten, Leerlauf) genau kennzeichnet.
3. Einer der Prozesszustände muss als „Standard“-Zustand für Alarme markiert sein. Typischerweise ist die Klasse, die normale Betriebszustände für ein/e gegebene/s Produkt/Rezeptur enthält, der Standardzustand.
4. Klassifizierungsgrenze. Die Wahrscheinlichkeitsgrenze, die verwendet wird, um zu bestimmen, ob ein gegebener Prozesszustand ein Element einer der Klassen in dem Modell ist oder nicht.

[0317] Erwartete Ausgänge aus der CDA umfassen die Anzahl der PCs (Haupt- bzw. Prinzipalkomponenten) und für jeden PC einen Ladungswert für jeden Sensor. Die Ladungen werden in einer zweidimensionalen Matrix gespeichert. Die Anzahl der Spalten entspricht der Anzahl der Haupt- bzw. Prinzipalkomponenten und die Anzahl der Zeilen entspricht der Anzahl der Sensoren.

[0318] Es werden dieselben Diagramme/Plots der höchsten Ebene verwendet, wie bei der PCA-Modellerstellung. Automatische Alarme werden durch die Wahrscheinlichkeit ausgelöst, dass der aktuelle Zustand Teil der „Standard“-Klasse ist. Wenn die Wahrscheinlichkeit unter eine bestimmte Grenze fällt, ertönt ein Alarm. Wenn außerdem die Wahrscheinlichkeit hoch ist, dass der aktuelle Zustand Teil einer anderen Klasse ist, dann berichte die identifizierte Klasse.

[0319] Die CDA kann auch für eine Modellüberwachung und ein Data Mining verwendet werden. Eingänge für eine Modellüberwachung umfassen Daten für alle in dem Modell zu einem gegebenen Zeitpunkt „Verwendeten Sensoren“ und umfassen auch einen Ladungswert für jeden Sensor für jede Haupt- bzw. Prinzipalkomponente (auf Grundlage von Modellresultaten).

[0320] Die Bibliothek umfasst eine Statistik bezüglich der Scores für jede Klasse in dem Modell.

[0321] Erwartete Ausgänge umfassen eine Kennzeichnung wie z. B. eine der Marken, die während der Erstellung des Modells verwendet wurden, und umfassen auch ein Maß für die Wahrscheinlichkeit, dass die Kennzeichnung richtig ist. Für ein Data Mining verwendete Diagramme/Plots der höchsten Ebene sind die gleichen wie für die CDA-Modellerstellung. Die CDA würde wahrscheinlich keine Plots für eine Echtzeit-Prozessüberwachung verwenden. Für eine Echtzeitüberwachung wird die CDA verwendet, um den Zustand des Prozesses oder des Grundverfahrens auf Grundlage der Ergebnisse von zugrunde liegenden Modellen zu identifizieren. Die Wahrscheinlichkeit, dass der aktuelle Zustand Teil der „Standard“-Klasse ist, kann einen Alarm auslösen. Wenn die Wahrscheinlichkeit unter eine bestimmte Grenze fällt, ertönt ein Alarm. Wenn außerdem die Wahrscheinlichkeit hoch ist, dass der aktuelle Zustand Teil einer anderen Klasse ist, dann berichte die identifizierte Klasse.

[0322] Ein weiterer multivariater Ansatz von Tabelle 10 ist eine Multiway-PCA. Die Multiway-PCA wird zusammen mit den Komponenten von SCREAM und mit handelsüblicher Software bewertet, wenn Fehlererkennungsfähigkeiten für eine Prozessdynamik bewertet werden.

[0323] Die Multiway-PCA ist eine natürliche Wahl, da die PCA bereits enthalten ist, Algorithmen zur Bewertung in Matlab-Toolboxes verfügbar sind, und das Verfahren bei der Erläuterung von Vorteilen anderer Algorithmen als guter Maßstab dient. Es besteht ein Hauptunterschied zwischen der PCA und der Multiway-PCA. Die PCA berücksichtigt nicht die Tatsache, dass die Daten sequentiell erfasst wurden. Die Multiway-PCA macht sich diese Information zunutze. Wenn eine Multiway-PCA während der Bewertungsperiode Merkmale zeigt, die die Komponenten von SCREAM nicht zeigen, dann würde die Multiway-PCA für eine Aufnahme in die anfängliche Entwicklungsphase bewertet. Für diese Berechnung gibt es bereits spezielle Algorithmen, die PARAFAC, Tucker3, trilineare Zerlegung etc. umfassen.

[0324] Eingänge für eine Multiway-PCA umfassen, dass Sensorablesungen über die Zeit für mehrere Sensoren für mehrere Chargen (oder Zeitfenster in einem kontinuierlichen Prozess) in einer dreidimensionalen Matrix angeordnet sind. Die Anzahl an Spalten entspricht der Anzahl an Sensoren, die Anzahl an Zeilen entspricht

der Anzahl an Chargen und die Tiefe der Matrix entspricht der Anzahl an Zeitstempeln. Die erwarteten Ausgänge, automatischen Alarme und Diagramme/Plots für die höchste, zweite und dritte Ebene würden die gleichen sein wie für die PCA-Modellerstellung.

[0325] Zum Überwachen eines Modells unter Verwendung von Multiway-PCA umfassen Eingänge, dass Sensorablesungen über die Zeit für mehrere Sensoren für mehrere Chargen (oder Zeitfenster in einem kontinuierlichen Prozess) in einer dreidimensionalen Matrix angeordnet sind. Die Anzahl der Spalten entspricht der Anzahl an Sensoren, die Anzahl der Zeilen entspricht der Anzahl der Chargen und die Tiefe der Matrix entspricht der Anzahl an Zeitstempeln. Ein weiterer Eingang für eine PCA-Modellüberwachung ist ein Ladungswert für jeden Sensor für jede Haupt- bzw. Prinzipalkomponente (auf Grundlage von Modellergebnissen). Die erwarteten Ausgänge, automatische Alarme und Diagramme/Plots für die höchste, zweite und dritte Ebene würden die gleichen sein wie für die PCA-Modellerstellung.

[0326] Tabelle 11 zeigt die durch die Software unterstützten SCREAM-Verfahren. Zu Beginn wird der Fokus auf dem Vorverarbeitungsabschnitt des Modellfilters, einer kohärenzbasierten Fehlererkennung und einer dynamischen Erkennung invarianter Anomalien liegen. Diese drei Zellen werden eine ausreichende Bewertung des SCREAM-Systems zulassen. Danach werden die verbleibenden SCREAM-Komponenten entwickelt. Diese Entwicklungsphase wird auch die anderen Abschnitte des Modellfilters umfassen, falls erforderlich – eine Integration mit Modellen würde ein Erfordernis sein, wenn die Beziehung mehr erfordert, als dass nur Simulationsdaten durch die Algorithmen laufen, bevor reelle Daten laufen.

Tabelle 11: SCREAM-Verfahren

Name des SCREAM-Verfahrens	Beschreibung
Modellfilter („Grey Box“)	Trennt zeitkorrelierte Sensordaten (bekanntes physikalisches Verhalten, feststehende Komponenten, lineare Komponenten, nicht-lineare Komponenten, Rauschen). Kombiniert Datenkomponenten mit physikalischen oder heuristischen Modellen von beliebiger Qualität.
Symbolisches Datenmodell	Berücksichtigt alle diskreten Signale aus dem System. Erkennt und spezifiziert Zustands-Mismatches und explizite Fehler. Identifiziert einen Betriebsmodus des Systems. Sagt einen Zustand von Systemkomponenten vorher.
Kohärenzbasierter Fehlerdetektor	Berechnet eine einzige komplexe Kreuzsignalinvariante („Kohärenzplot“) für jedes Subsystem. Passt die Invariante für eine modusindizierte Invariantenvorhersage an. Identifiziert und quantifiziert Abweichungen (Einzelsignalabweichungen, Mehrsignalabweichungen, bekannte oder neue Ereignisse). Identifiziert eine Rückkehr zu einem erwarteten Verhalten. Isoliert eine Abweichung auf Sensoren und Sensorpaare und erfasst Ereignisse in Absolutzeit.

Name des SCREAM-Verfahrens	Beschreibung
Dynamischer Detektor für invariante Anomalien	Überprüft einzelne Signale (entweder Signale mit geringer Redundanz oder durch den Kohärenzdetektor identifizierte Signale). Extrahiert invariante Merkmale aus korrigierten Sensordaten. Identifiziert und quantifiziert Abweichungen (bestätigt oder erhöht Ergebnisse von Ein- / Ausgangskanälen, klassifiziert als bekannte oder neue Ereignisse).
Informed Maintenance Grid (IMG)	Studiert die Entwicklung über ein Verhalten von Ein- / Ausgangskanälen über den mittelfristigen und Langzeitbetrieb des Systems.
Prognostische Bewertung	Merkmalbasierte und kohärenzbasierte Trendabschätzung für Fehler. Einschluss physikalischer Modelle. Bestimmung auf Grundlage von Leistungseigenschaften und verschmolzener Information. Fähigkeit, Fehlermodelle oder Fehlerdaten zu verwenden.
Vorhersagender Vergleich	Kombiniert numerische und symbolische Ergebnisse zu einem vereinigten Ergebnis. Korreliert erfasste Ereignisse mit vorhergesagten Zuständen, um vorhergesagte Fehler und nicht modellierte Ereignisse vorherzusagen. Verarbeitet explizite Anomalien und korreliert diese mit erfassten Ereignissen.

[0327] Das Modellfilter-SCREAM-Verfahren von Tabelle 11 wird verwendet, um die aktuellen Sensormessungen mit den Ergebnissen eines theoretischen (oder numerischen) Modells zu vergleichen. Für jeden Sensor in dem Modell wird eine Differenz berechnet und die Differenzen werden zusammen mit allen Sensorantworten an den Dynamischen Detektor für Invariante Anomalien weitergeleitet.

[0328] Eingänge während einer Modellerstellung umfassen Sensorablesungen über die Zeit. Erwartete Ausgänge während einer Modellerstellung umfassen Sensordifferenzen über die Zeit. Mit einem Modell gespeicherte Information umfasst die Ergebnisse für das theoretische Modell und die in dem theoretischen Modell verwendeten Sensoren. Es ist unwahrscheinlich, dass jeder Sensor in dem theoretischen Modell enthalten sein wird. Eingänge während einer Modellüberwachung umfassen Sensorablesungen über die Zeit. Erwartete Ausgänge während einer Modellüberwachung umfassen Sensordifferenzen über die Zeit.

[0329] Das Kohärenzbasierte Fehlerdetektor-SCREAM-Verfahren von Tabelle 11 identifiziert einzelne Sensorfehler (z. B. übermäßiges Rauschen, Sensordrift, ein Sensorausfall) und mehrere Sensoranomalien (z. B. unerwartete Rückkoppelung, komplexe Fehler) durch Bewerten der Korrelation zwischen verschiedenen Sensoren innerhalb eines Subsystems. Für jedes Grundverfahren oder Subsystem werden getrennte Modelle erstellt, um die nutzlose Komplexität und Größe eines einzigen Prozessmodells zu reduzieren.

[0330] Eingänge während einer Modellerstellung umfassen eine Liste von zu modellierenden Sensoren, Sensorablesungen über die Zeit, eine Marke für einen Betriebsmodus (oder Klasse) wie z. B. einen stationären Zustand, einen Start etc. und eine Definition davon, welcher der Betriebsmodi die Standardeinstellung ist. Erwartete Ausgänge während einer Modellerstellung umfassen ein in Berechnungen verwendetes Zeitfenster,

eine statistische Beschreibung für die Kohärenz für jedes Sensorpaar für einen Prozesszustand und eine Regelgrenze für eine Matrixnorm für einen Kohärenz-Differenzplot. Für die höchste Ebene verwendete Diagramme/Plots umfassen einen Kohärenzplot. Ein automatischer Alarm der Stufe 3 wird ausgelöst und ein Text wird angezeigt, der erklärt „Regelgrenze Überschritten – Kohärenzmatrixnorm“, wenn die Kohärenzmatrixnorm (wenn ein Modell läuft) > Kohärenzmatrixnorm-Regelgrenze.

[0331] Für eine Modellüberwachung mit Hilfe einer Kohärenzbasierten Fehlererkennung umfassen Eingänge Daten für alle in dem Modell „Verwendeten Sensoren“ zu einem gegebenen Zeitpunkt und alle vorherigen Zeiten innerhalb des in dem Modell angegebenen Zeitfensters, wie auch eine Liste aller zu modellierenden Sensoren. Die Bibliothek umfasst eine Statistik bezüglich der Kohärenzplots für jede/n Zustand/Klasse. Erwartete Ausgänge umfassen eine Kohärenz für jedes Sensorpaar, eine Matrixnorm für einen Kohärenz-Differenzplot, wenn die Standardeinstellung für die Berechnung verwendet wird, und eine Identifizierung des Prozesszustandes auf Grundlage eines Vergleichs mit der Bibliothek, wenn eine Matrixnorm für den Standardzustand zu groß ist. Wenn eine Matrixnorm zu groß für alle Zustände in der Bibliothek ist, dann würde der erwartete Ausgang „Unbekannter Prozesszustand“ lauten.

[0332] Auf der höchsten Ebene verwendete Diagramme/Plots umfassen eine Standardanzeige der Kohärenz-Differenzmatrixnorm als eine Funktion der Zeit, die unter Verwendung der Kohärenz-Differenzmatrixnorm vs. Zeitdiagramm angezeigt wird. Jeder Punkt stellt ein Maß für eine Abweichung (Matrixnorm) von dem Standardprozesszustand dar. Punkte, die außerhalb der erwarteten Regelgrenze liegen, sollten hervorgehoben werden. Diagramme/Plots, die auf der zweiten Ebene verwendet werden, umfassen eine Standardanzeige eines Kohärenz-Differenzplots für die aktuellen Prozesszustände und den Standardprozesszustand. Der Kohärenz-Differenzplot kann für aktuelle Prozesszustände und den identifizierten Prozesszustand gemacht werden, wenn ein anderer Prozesszustand als der Standardzustand identifiziert wurde. Werte der Kohärenz-Differenzmatrixnorm (unter Verwendung eines Standardprozesszustands zur Berechnung einer Differenz) können Alarme auslösen.

[0333] Das SCREAM-Verfahren mit einem Dynamischen Detektor für Invariante Anomalien von Tabelle 11 wird verwendet, um Fehler in Einfachkanälen zu erkennen, und wird verwendet, um die Resultate während einer kohärenzbasierten Fehlererkennung entweder zu bestätigen oder zu vergrößern. Die verwendeten Verfahren können eine Änderung in der zugrunde liegenden Struktur (z. B. eine Frequenzänderung) erkennen, können aber keine Änderung im Betrieb (z. B. eine Amplitudenänderung) erkennen.

[0334] Ein autoregressives Modell wird erstellt, um eine lineare Dynamik zu erfassen. Die Residuen aus diesem Modell werden dann getrennt modelliert durch (1) ein künstliches neuronales Netzwerk zum Erfassen des nicht-linearen Verhaltens der Dynamik und (2) die Momente der Wahrscheinlichkeitsverteilung zum Modellieren der Rauscheigenschaften. Ein Modell sollte nicht für jeden Sensor erstellt werden und sollte nur für kritische Sensoren verwendet werden. Wenn alle Sensoren modelliert werden, ist die Anzahl falscher Alarme nicht viel kleiner als aktuelle Werte. Darüber hinaus kann die Rechenzeit prohibitiv sein.

[0335] Eingänge für eine Modellerstellung umfassen Sensorablesungen über die Zeit während eines Normalbetriebs. Erwartete Ausgänge aus dem Modell umfassen:

1. ein in Berechnungen verwendetes Zeitfenster, Mittelwert und Standardabweichung für jeden der Koeffizienten in dem linearen autoregressiven (AR-)Modell für jeden Sensor;
2. Regelgrenzen für eine AR-Koeffizientendifferenz;
3. Mittelwert und Standardabweichung für jeden der Koeffizienten in dem neuronalen Netzwerk (NN-) Modell für jeden Sensor;
4. Regelgrenzen für eine NN-Koeffizientendifferenz;
5. Mittelwert und Standardabweichung für jede der Wahrscheinlichkeitsverteilungen (PD) für jeden Sensor; und
6. Regelgrenzen für eine PD-Differenz.

[0336] Ein Alarm der Stufe 3 kann unter einer Anzahl von Zuständen automatisch ausgelöst werden. Wenn zum Beispiel die AR-Koeffizientendifferenz (wenn ein Modell läuft) > AR-Koeffizientendifferenz Obere Regelgrenze, oder AR-Koeffizientendifferenz (wenn ein Modell läuft) < AR-Koeffizientendifferenz Untere Regelgrenze, eine Meldung angezeigt, die erklärt, dass „Regelgrenze Überschritten – Sensorname, lineare Dynamik“. In gleicher Weise wird, wenn die NN-Koeffizientendifferenz (wenn ein Modell läuft) > NN-Koeffizientendifferenz Obere Regelgrenze, oder NN-Koeffizientendifferenz (wenn ein Modell läuft) < NN-Koeffizientendifferenz Untere Regelgrenze, wird eine Meldung angezeigt, die erklärt, dass „Regelgrenze Überschritten – Sensorname, nicht-lineare Dynamik“. Schließlich wird, wenn die PD-Differenz (wenn ein Modell läuft) > PD-Differenz Obere

Regelgrenze, oder PD-Differenz (wenn ein Modell läuft) < PD-Koeffizientendifferenz Untere Regelgrenze, eine Meldung angezeigt, die erklärt, dass „Regelgrenze Überschritten – Sensorname, Rauscheigenschaften“.

[0337] Für eine Modellüberwachung unter Verwendung des Dynamischen Detektors für Invariante Anomalien umfassen Eingänge Sensorablesungen über die Zeit während eines Normalbetriebs, das in Berechnungen verwendete Zeitfenster und den erwarteten Prozesszustand (Standardeinstellung: Normal; Phase 2: auf Grundlage symbolischer Daten). Die Bibliothek umfasst Mittelwerte und Regelgrenzen für eine autoregressive (AR-) Koeffizientendifferenz für jeden Koeffizienten für alle definierten Prozesszustände, Mittelwerte und Regelgrenzen für eine neuronale Netzwerk (NN-) Koeffizientendifferenz für jeden Koeffizienten für alle definierten Prozesszustände und Mittelwerte und Regelgrenzen für eine Wahrscheinlichkeitsverteilungen (PD-) Differenz für jede Verteilung für alle definierten Prozesszustände.

[0338] Erwartete Ausgänge des Modells umfassen aktuelle Daten wie z. B. eine AR-Koeffizientendifferenz, NN-Koeffizienten und PD-Werte und auch die Differenz zwischen aktuellen und erwarteten Werten für AR, NN und PD. Werte für die AR-Koeffizientendifferenz, NN-Koeffizientendifferenz und PD-Differenz können Alarme auslösen. Verwendete Diagramme/Plots der höchsten Ebene sind benutzerwählbar, umfassen aber keine Standardeinstellung, da jeder Sensor die folgenden Karten haben wird:

1. Regelkarte für AR-Koeffizientendifferenz;
2. Regelkarte für NN-Koeffizientendifferenz; und
3. Regelkarte für PD-Differenz.

Glossar

[0339] Im Folgenden findet sich eine übersichtliche Erklärung verschiedener Begriffe, auf die in der oben stehenden Erläuterung verwiesen wurde. Diese Auflistung dient nur zur Information und soll die Begriffe nicht definieren oder sonst wie eingrenzen. Die aufgelisteten Begriffe können auch anders verstanden werden.

[0340] Bluetooth: Ein Satz von Funkwellenkommunikationsprotokollen und -standards, der kostengünstige Hochgeschwindigkeitskommunikation unter Vorrichtungen ermöglicht, die sich innerhalb von 10 Metern (ca. 33 Fuß) voneinander befinden (dieser Abstand kann mit Verstärkern oder einer Erhöhung der Übertragungsleistung auf 100 Meter vergrößert werden).

[0341] Foundation Feldbus: Ein bidirektionales Kommunikationsprotokoll, das für Kommunikationen zwischen Feldgeräten und Steuergeräten verwendet wird. Foundation Feldbus ist das einzige digitale Feldbusprotokoll, das entwickelt wurde, um die ISA SP 50-Anforderungen zu erfüllen, und ist das einzige Protokoll, das die stringenten einsatzkritischen Anforderungen für eine Eigensicherheit und Verwendung in gefährlichen Bereichen, unberechenbaren Prozessen und schwierigen gesetzlichen Bedingungen erfüllt.

[0342] GUI: Grafische Benutzer-Schnittstelle.

[0343] MMI (Mensch-Maschine-Schnittstelle): Auch als Man-Machine-Interface bekannt. Systeme zum Betreiben von Anlagen, Überwachen von Prozessen und Backup von Daten in industriellen Herstellungsprozessen. Kleinere Verpackungsmaschinen besitzen einfache Steuereinheiten, während leistungsstarke Visualisierungssysteme auf Grundlage von Industrie-PCs oft in komplexen Verpackungslinien verwendet werden. Solche Systeme zeigen die Betriebsprozesse in einer Maschine als Flussdiagramme an und erlauben mehr Transparenz in ihrer Überwachung. Wichtige Betriebsdaten werden aufgezeichnet und grafisch angezeigt. Wenn ein Ablauf nicht korrekt ist, wird sofort ein Alarm erzeugt.

[0344] JPL (Jet Propulsion Laboratory): Verwaltet für die NASA durch das California Institute of Technology ist das Jet Propulsion Laboratory das führende US-Zentrum für Roboterforschung des Sonnensystems. Zusätzlich zu seiner Arbeit für die NASA arbeitet das JPL für eine Vielzahl weiterer Bundesbehörden. JPL verwaltet auch das weltweite Deep Space Network, das mit Raumfahrzeugen kommuniziert, und führt wissenschaftliche Untersuchungen von ihren Komplexen in der Mojave-Wüste in der Nähe von Goldstone, Kalifornien; in der Nähe von Madrid, Spanien; und in der Nähe von Canberra, Australien, durch.

[0345] OPC (OLE für Prozesskontrolle): Ein Kommunikationsstandard auf Basis der OLE (Object Linking and Embedding)- und COM (Component Object Model)-Technologie, der das neue Mittel zum Austausch von Information zwischen MS Windows-Anwendungen bildet. Er bietet eine Interoperabilität zwischen Steuerung, Befehl, Supervisionsanwendungen, den industriellen Einrichtungen (PLCs, Sensoren, Aktuatoren) und den Büromanagementanwendungen. OPC definiert Standardziele, -Verfahren und -Eigenschaften, errichtet auf dem

COM-Konzept, um zu ermöglichen, dass Echtzeitdatenserver wie z. B. DCS, PLC und Feldeinrichtungen ihre Daten zu OPC-Clients kommunizieren.

[0346] PLC (Programmierbarer Logikcontroller): Eine Vorrichtung, die programmiert werden kann, um auf Eingangssignale zu reagieren. Heutige PLCs sind genügend hoch entwickelt, dass sie jede Steueraufgabe ausführen. PLCs sind robust, verlässlich und einfach zu programmieren. Sie sind wirtschaftlich wettbewerbsfähig mit anderen Steuerverfahren und haben herkömmliche fest verdrahtete Relais und Timerpanels in vielen Anwendungen ersetzt. PLCs können für sich allein stehen, in einem Netzwerk miteinander verbunden sein, oder in einem Netzwerk mit einer m Benutzer-Schnittstelle oder SCADA-System verbunden sein.

[0347] Q (Q-Residuum): Ein Maß für eine Abweichung von einem Modell wobei die Abweichung außerhalb des Modells liegt. Diese Messung wird in der PCA als IQ oder Q-Residuum bezeichnet. Für die PLS wird sie Residuum genannt.

[0348] SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition): Enthält Komponenten der Steuerung, Analyse, Überwachung, Speicherung und Verwaltung des Informationsflusses zwischen den Systemen auf der Feldebene und der Steuerebene eines Unternehmens. Dies stellt sicher, dass die dezentralisierten E/A-Module und die Maschinencontroller mit den Bürocomputern auf der Steuerebene verbunden sind.

[0349] SCREAM (System Coherence Rendering Exception Analysis for Maintenance): Eine Sammlung von Modellen auf Basis einer bei JPL entwickelten Technologie, die Intelligenz für Systemselbstanalysen bereitstellt. Wurde bei JPL ursprünglich BEAM (Beacon-Based Exception Analysis for Multimissions) genannt.

[0350] SPC: Statistische Prozesssteuerung.

[0351] T^2 (Hotelling T^2): Ein Maß für eine Abweichung von einem Modell, wobei die Abweichung innerhalb des Modells liegt.

[0352] Virtueller Sensor: Eine Sammlung von Sensoren, oft verwendet, um ein einziges Grundverfahren zu messen, die als eine einzige Einheit behandelt werden kann (z. B. die 32 Sensoren in dem Gerät Cyranose **320**). Einzelne Sensoren in dem virtuellen Sensor wird eine Gewichtung gegeben und ein resultierender Score wird berechnet. Ein virtueller Sensor kann in einem Modell wie ein regulärer Sensor behandelt werden.

Patentansprüche

1. Überwachungssystem mit:
 - einer Vielzahl von Vorrichtungen;
 - einem Empfangsmodul, das mit der Vielzahl von Vorrichtungen gekoppelt ist, um Eingänge von den Vorrichtungen zu empfangen;
 - einem Verarbeitungsmodul, das mit dem Empfangsmodul gekoppelt ist, um eine Analyse der Vorrichtungseingänge zu erzeugen;
 - dadurch gekennzeichnet**, dass
 - das Verarbeitungsmodul umfasst:
 - ein Speichermodul zum Speichern von Modellen eines Phänomens,
 - ein Anwendungsmodul zum Anwenden des Modells auf die Vorrichtungseingänge;
 - ein Diagnosemodul zur Erzeugung eines Descriptors eines Zustands des Phänomens unter Verwendung des Speichermoduls und des Anwendungsmoduls, wobei das Diagnosemodul einen ersten Descriptor unter Verwendung eines ersten Modells und einen zweiten Descriptor unter Verwendung eines zweiten Modells erzeugt, und wobei der Descriptor des Zustands des Phänomens auf Grundlage des ersten Descriptors und des zweiten Descriptors erzeugt wird;
 - ein Benachrichtigungsmodul, das mit dem Verarbeitungsmodul gekoppelt ist, um einen Ausgang unter Verwendung der Analyse zu erzeugen und eine Lieferung des Ausgangs zu managen;
 - ein Kommunikationsmodul, das mit dem Benachrichtigungsmodul gekoppelt ist, um den Ausgang zu liefern.
2. System nach Anspruch 1, wobei die Vielzahl von Vorrichtungen chemische Sensoren umfasst.
3. System nach Anspruch 1, wobei die Vielzahl von Vorrichtungen Wärmesensoren umfassen.
4. System nach Anspruch 1, wobei die Vielzahl von Vorrichtungen mechanische Sensoren umfasst.

5. System nach Anspruch 1, wobei die Vielzahl von Vorrichtungen Strahlungssensoren umfasst.
6. System nach Anspruch 1, wobei die Vielzahl von Vorrichtungen biologische Sensoren umfasst.
7. System nach Anspruch 1, wobei die Vielzahl von Vorrichtungen magnetische Sensoren umfasst.
8. System nach Anspruch 1, wobei die Vielzahl von Vorrichtungen elektrische Sensoren umfasst.
9. System nach Anspruch 1, wobei die Vielzahl von Vorrichtungen Sensoren umfasst, um visuelle Reize zu messen.
10. System nach Anspruch 1, wobei die Vielzahl von Vorrichtungen chemische und biologische Sensoren umfasst.
11. System nach Anspruch 1, wobei die Vielzahl von Vorrichtungen Datenspeichervorrichtungen umfasst.
12. System nach Anspruch 1, wobei die Vielzahl von Vorrichtungen Dateneingabevorrichtungen umfasst.
13. System nach Anspruch 1, wobei die Vielzahl von Vorrichtungen Systemsteuerungen umfasst.
14. System nach Anspruch 1, wobei jede der Vielzahl von Vorrichtungen mit dem Empfangsmodul über eine Drahtverbindung gekoppelt ist.
15. System nach Anspruch 1, wobei jede der Vielzahl von Vorrichtungen mit dem Empfangsmodul über eine drahtlose Verbindung gekoppelt ist.
16. System nach Anspruch 1, ferner mit einem Modellerzeugungsmodul zur Erzeugung des Modells eines Phänomens.
17. System nach Anspruch 16, wobei das Modellerzeugungsmodul ein Modul zur statistischen Analyse umfasst.
18. System nach Anspruch 17, wobei das Modul zur statistischen Analyse ein Modul zur Haupt- bzw. Prinzipalkomponentenanalyse umfasst.
19. System nach Anspruch 17, wobei das Modul zur statistischen Analyse ein Modul zur Analyse der kanonischen Diskriminante umfasst.
20. System nach Anspruch 17, wobei das Modul zur statistischen Analyse ein Modul zur Partial-Least-Squares-Analyse umfasst.
21. System nach Anspruch 17, wobei das Modul zur statistischen Analyse ein Modul für Soft-Independent-Modeling-of-Class-Analogy umfasst.
22. System nach Anspruch 17, wobei das Modul zur statistischen Analyse ein Modul zur Analyse der linearen Diskriminante nach Fisher umfasst.
23. System nach Anspruch 17, wobei das Modul zur statistischen Analyse ein Modul zur k-Nearest-Neighbors-Analyse umfasst.
24. System nach Anspruch 17, wobei das Modul zur statistischen Analyse ein Modul zur Analyse hierarchischer Cluster umfasst.
25. System nach Anspruch 1, wobei das Modellerzeugungsmodul ein aus physikalischen Gesetzen abgeleitetes Modell erzeugt.
26. System nach Anspruch 25, wobei die aus physikalischen Gesetzen abgeleiteten Modelle eine Erhaltung der Masse umfassen.
27. System nach Anspruch 25, wobei die aus physikalischen Gesetzen abgeleiteten Modelle eine Erhal-

tung der Energie umfassen.

28. System nach Anspruch 25, wobei die aus physikalischen Gesetzen abgeleiteten Modelle eine Erhaltung des linearen Moments umfassen.

29. System nach Anspruch 25, wobei die aus physikalischen Gesetzen abgeleiteten Modelle eine Erhaltung des Winkelmoments bzw. -impulses umfassen.

30. System nach Anspruch 25, wobei die aus physikalischen Gesetzen abgeleiteten Modelle eine Erhaltung chemischer Spezies umfassen.

31. System nach Anspruch 25, wobei die aus physikalischen Gesetzen abgeleiteten Modelle ein Entropiegleichgewicht umfassen.

32. System nach Anspruch 16, wobei das Modellerzeugungsmodul ein strukturelles Modell zur Datenanalyse umfasst.

33. System nach Anspruch 32, wobei das Modellerzeugungsmodell ein Modul zur Analyse neuronaler Netzwerke umfasst.

34. System nach Anspruch 1, wobei das Diagnosemodul ein Expertensystem umfasst.

35. System nach Anspruch 1, wobei der Ausgang eine hörbare oder sichtbare Benachrichtigung umfasst.

36. System nach Anspruch 1, wobei der Ausgang eine elektrische Übertragung umfasst.

37. System nach Anspruch 1, wobei das Kommunikationsmodul mit den Vorrichtungen gekoppelt ist.

38. System nach Anspruch 1, wobei das Kommunikationsmodul mit einem Stimmkommunikationsmodul gekoppelt ist.

39. System nach Anspruch 1, wobei das Kommunikationsmodul mit einer visuellen Anzeige gekoppelt ist.

40. System nach Anspruch 1, wobei das Kommunikationsmodul mit einer Audiovorrichtung gekoppelt ist.

41. System nach Anspruch 1, wobei das Kommunikationsmodul mit einem Steuersystem gekoppelt ist.

42. System nach Anspruch 1, wobei das Kommunikationsmodul mit externen Systemen gekoppelt ist.

43. Überwachungssystem mit:

einer Vielzahl von Vorrichtungen, wobei die Vielzahl von Vorrichtungen zumindest zwei Vorrichtungen umfasst, die aus der Gruppe gewählt sind, die umfasst: Sensoren, die chemische Reize messen, Sensoren, die biologische Reize messen, Sensoren, die thermische Reize messen, Sensoren, die Strahlungsreize messen, Sensoren, die mechanische Reize messen, Sensoren, die visuelle Reize messen, Sensoren, die magnetische Reize messen, Sensoren, die elektrische Reize messen, Datenspeichervorrichtungen, Steuersysteme und deren Kombinationen,

einem Empfangsmodul, das mit der Vielzahl von Vorrichtungen gekoppelt ist, um Eingänge von den Vorrichtungen zu empfangen, wobei das Empfangsmodul und die Vielzahl von Vorrichtungen über eine Verbindung gekoppelt sind, die aus der Gruppe gewählt ist, die umfasst: eine Drahtverbindung, eine drahtlose Verbindung und deren Kombinationen;

einem Verarbeitungsmodul, das mit dem Empfangsmodul gekoppelt ist, um eine Analyse der Eingänge für die Vorrichtungen zu erzeugen, dadurch gekennzeichnet, dass das Verarbeitungsmodul umfasst:

ein Speichermodul zum Speichern von Modellen eines Phänomens;

ein Anwendungsmodul zum Anwenden der Modelle auf die Vorrichtungseingänge;

ein Diagnosemodul zum Erzeugen eines Descriptors eines Zustands eines Phänomens unter Verwendung des Speichermoduls und des Anwendungsmoduls, wobei das Diagnosemodul einen ersten Descriptor unter Verwendung eines ersten Modells und einen zweiten Descriptor unter Verwendung eines zweiten Modells erzeugt, und wobei der Descriptor des Zustands des Phänomens auf Grundlage des ersten Descriptors und des zweiten Descriptors erzeugt wird;

ein Benachrichtigungsmodul, das mit dem Verarbeitungsmodul gekoppelt ist, um einen Ausgang unter Verwen-

derung der Analyse zu erzeugen und eine Lieferung des Ausgangs zu managen; und ein Kommunikationsmodul, das mit dem Benachrichtigungsmodul gekoppelt ist, um den Ausgang zu liefern.

44. System nach Anspruch 1, wobei das Überwachungssystem für ein System ausgebildet ist, das aus der Gruppe gewählt ist, die umfasst: Sicherheit, Feuer- und Raucherfassung, Benzin, Öl und Gas, Nahrungsmittelverarbeitung, chemische Verarbeitung, biologische Verarbeitung, Papierverarbeitung, elektronische Verarbeitung, Halbleiterverarbeitung, Kommunikationen, Montagevorgänge, Drogen- bzw. Arzneimittelherstellung, Gesundheitswesen, medizinische Diagnose, Spiele, Hotel, Wirtschaft, elektrische Gitter, elektronische Energieerzeugung, Wasserbehandlung und deren Kombinationen.

Es folgen 13 Blatt Zeichnungen

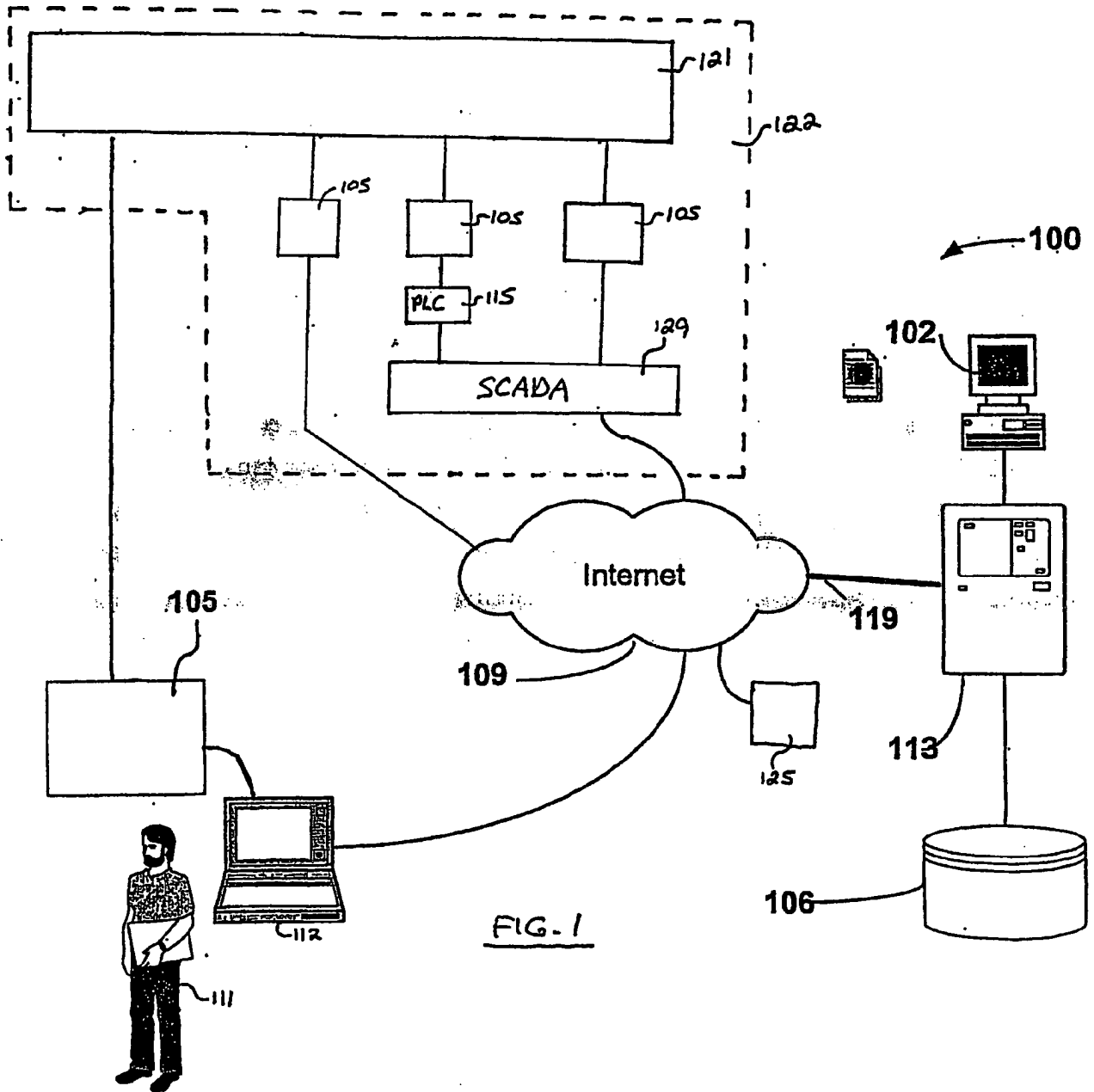


FIG. 1

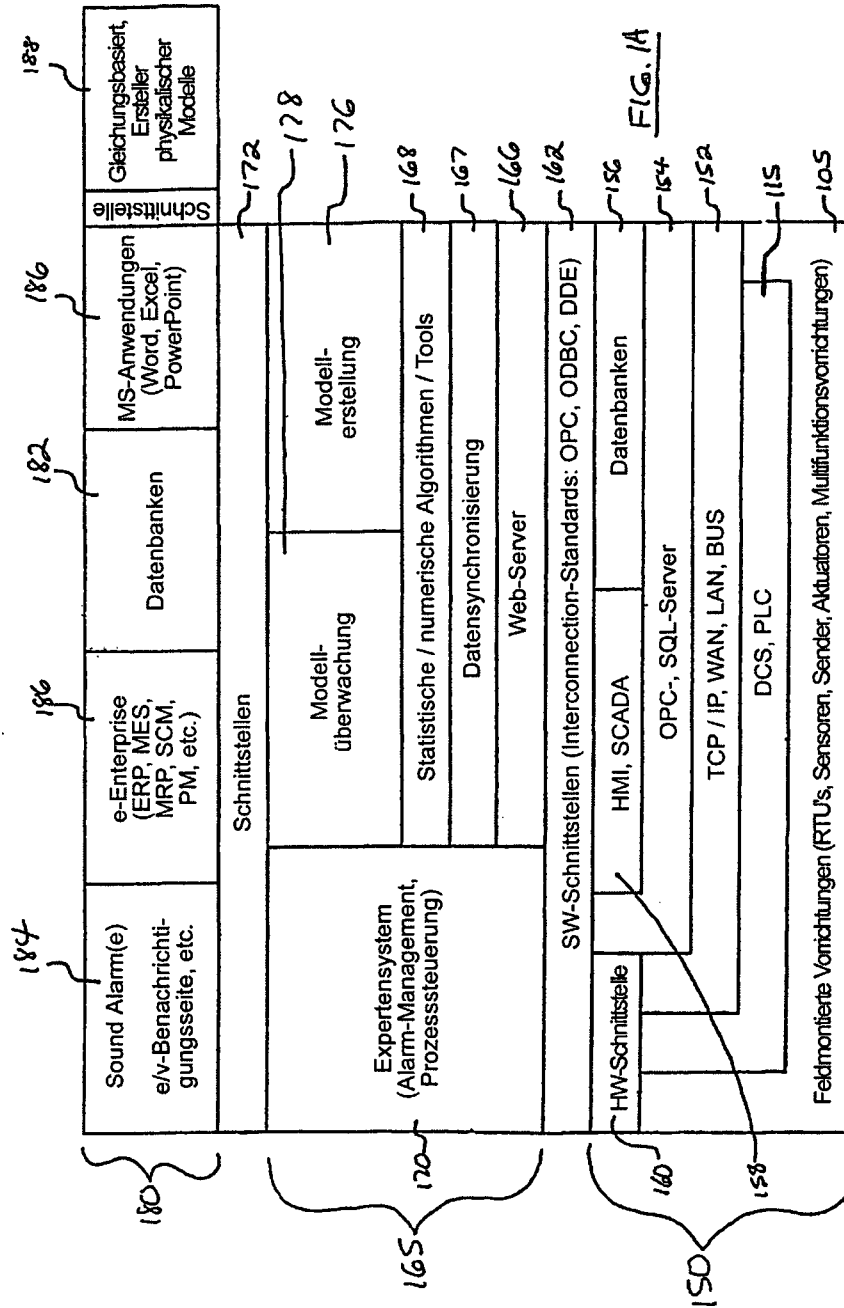


FIG. 1A

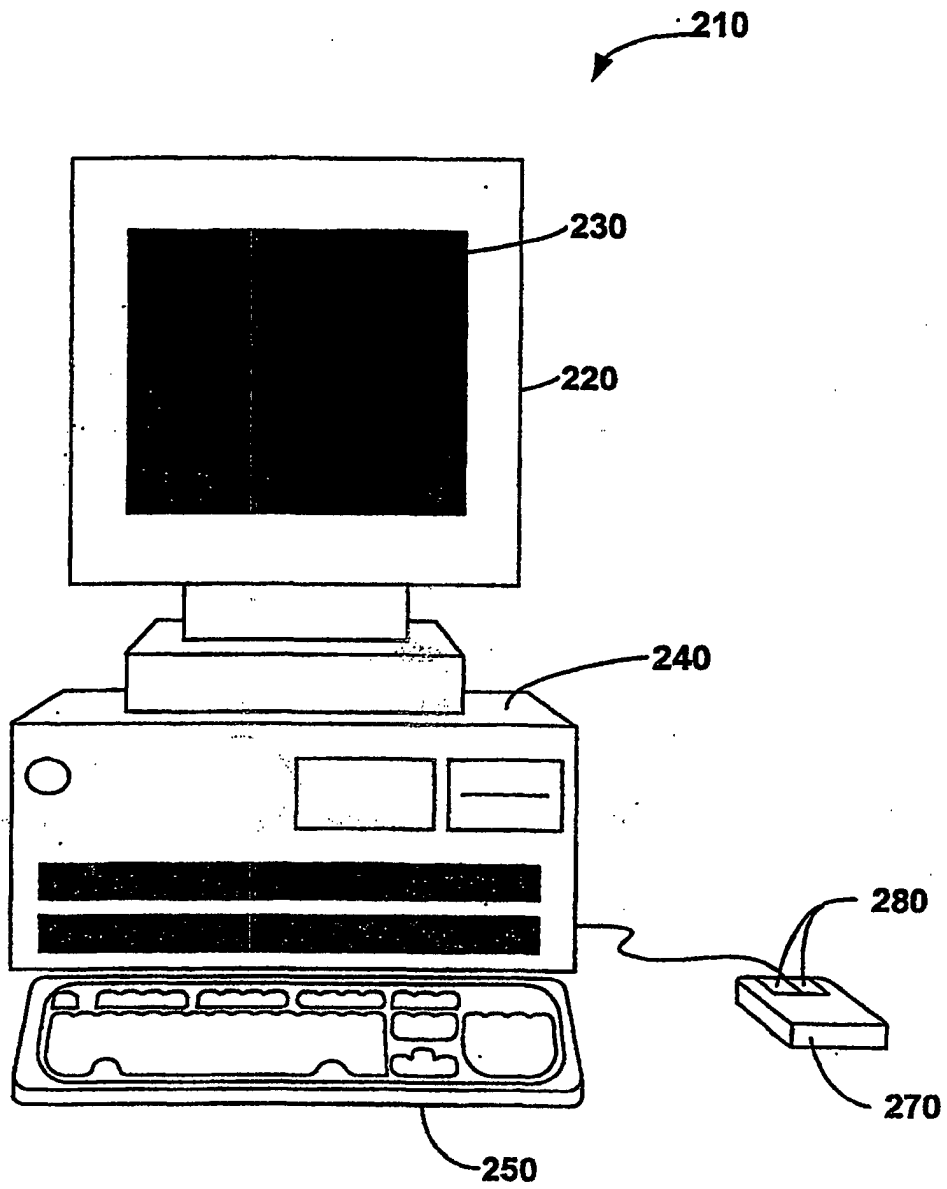


FIG. 2

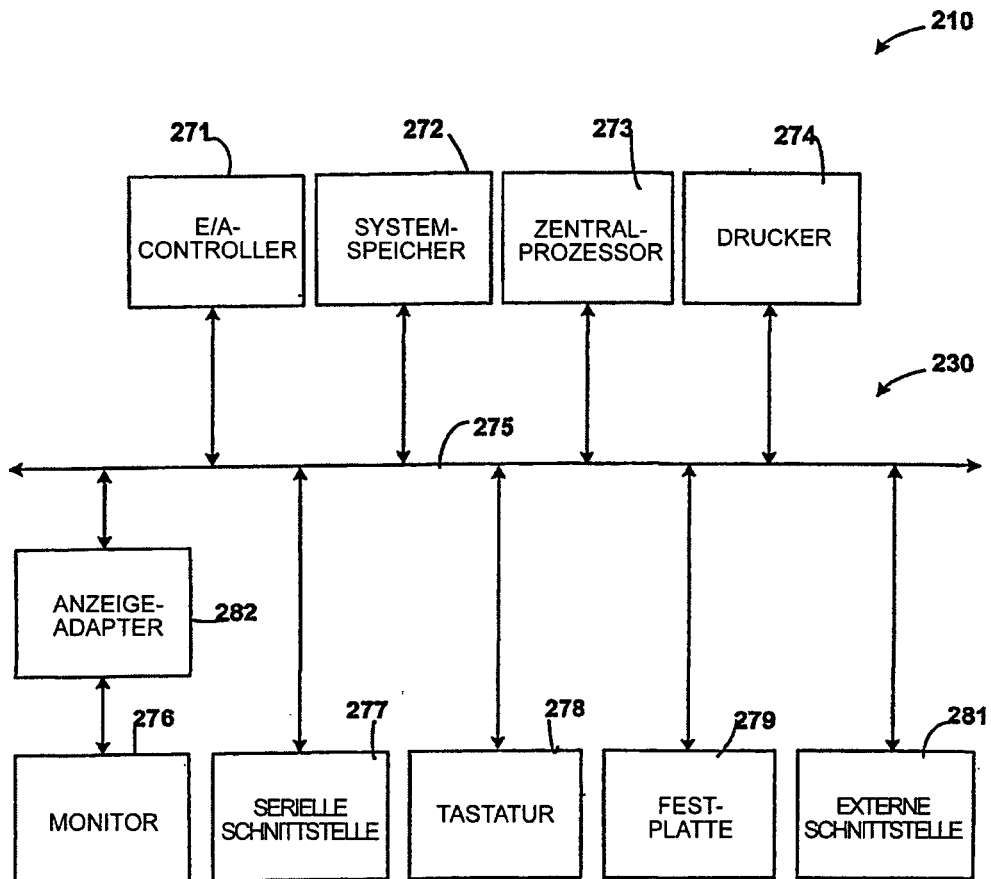


FIG. 2A

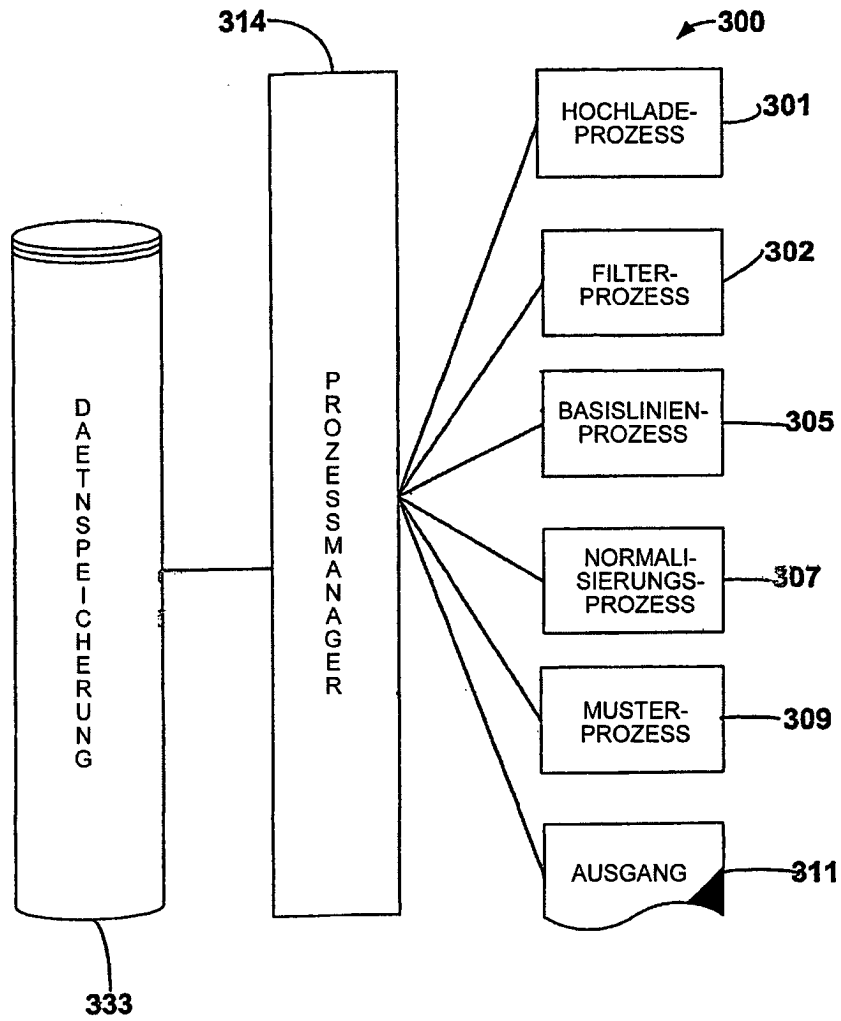


FIG. 3

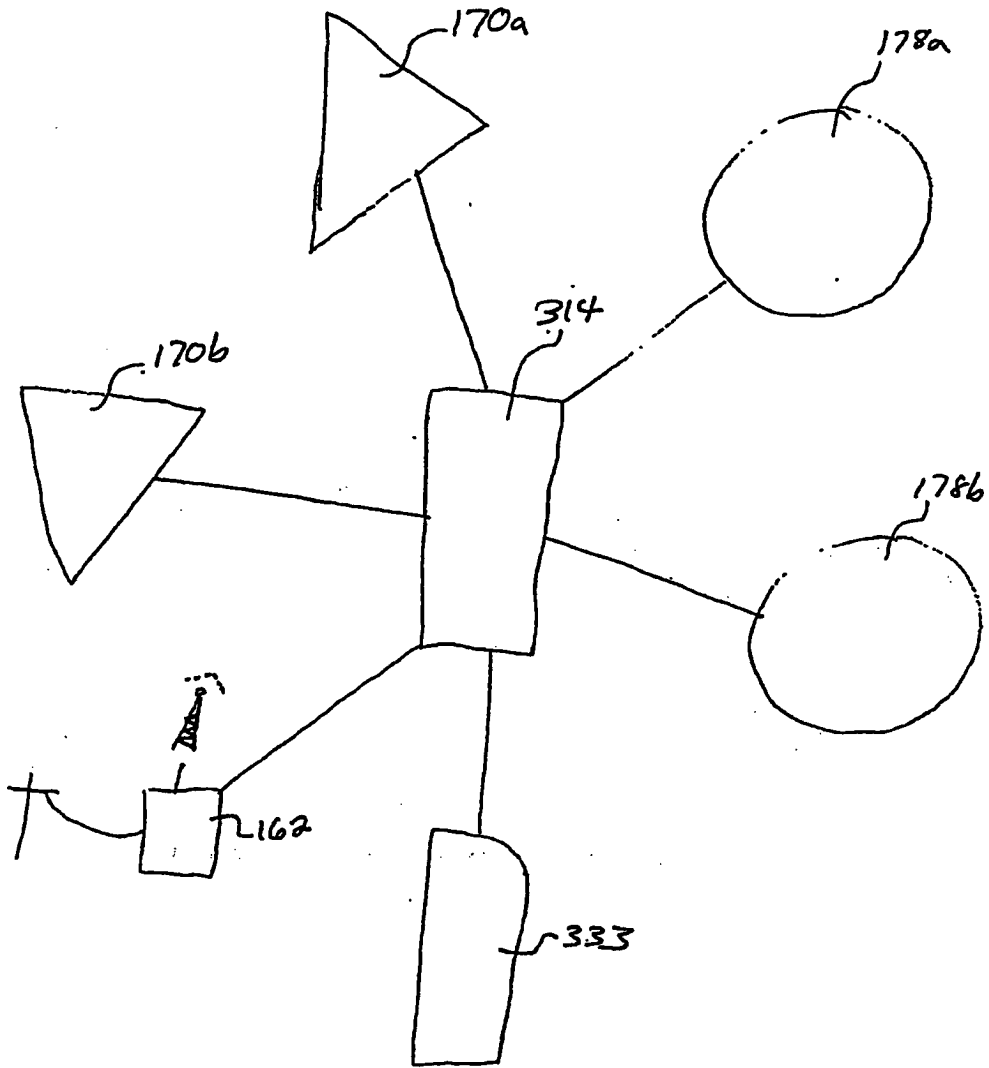


FIG. 3A

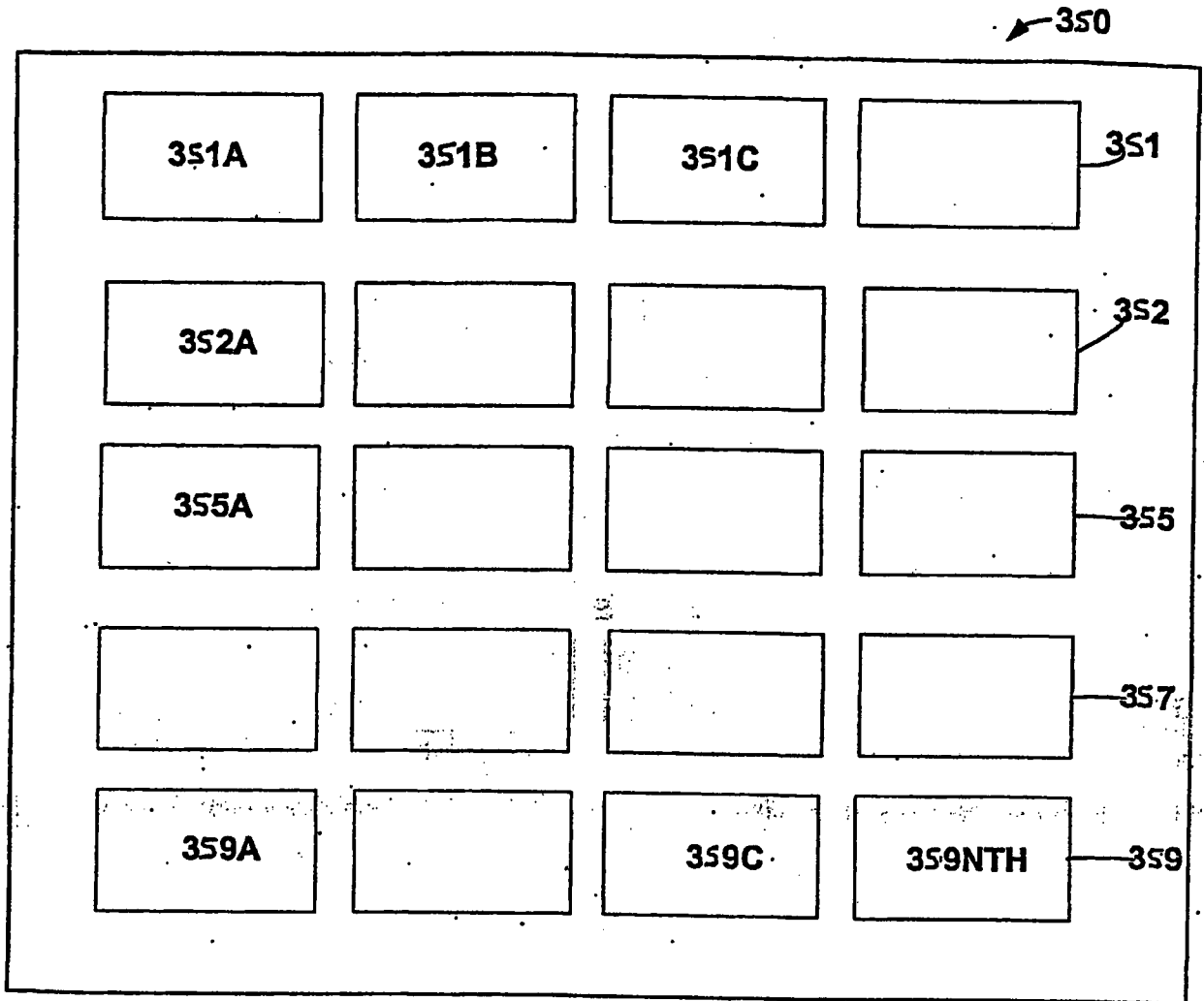


FIG. 3B

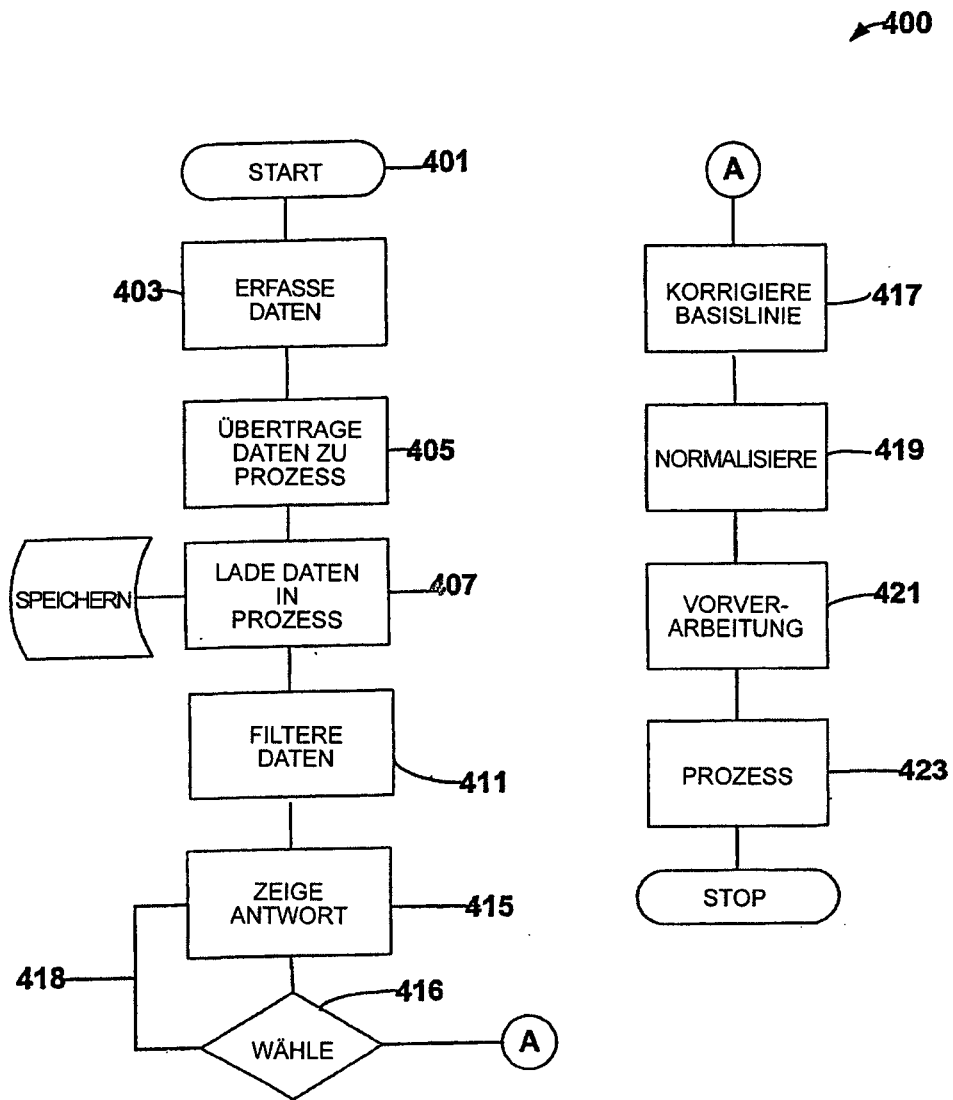


FIG. 4A

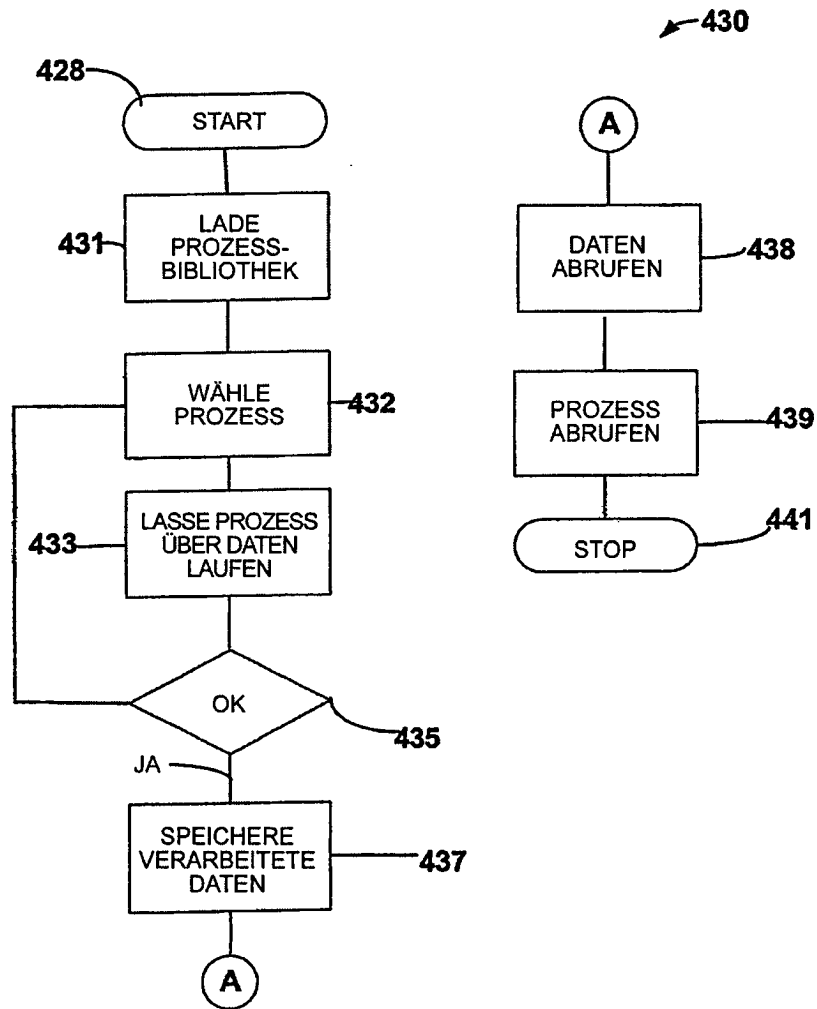


FIG. 4B

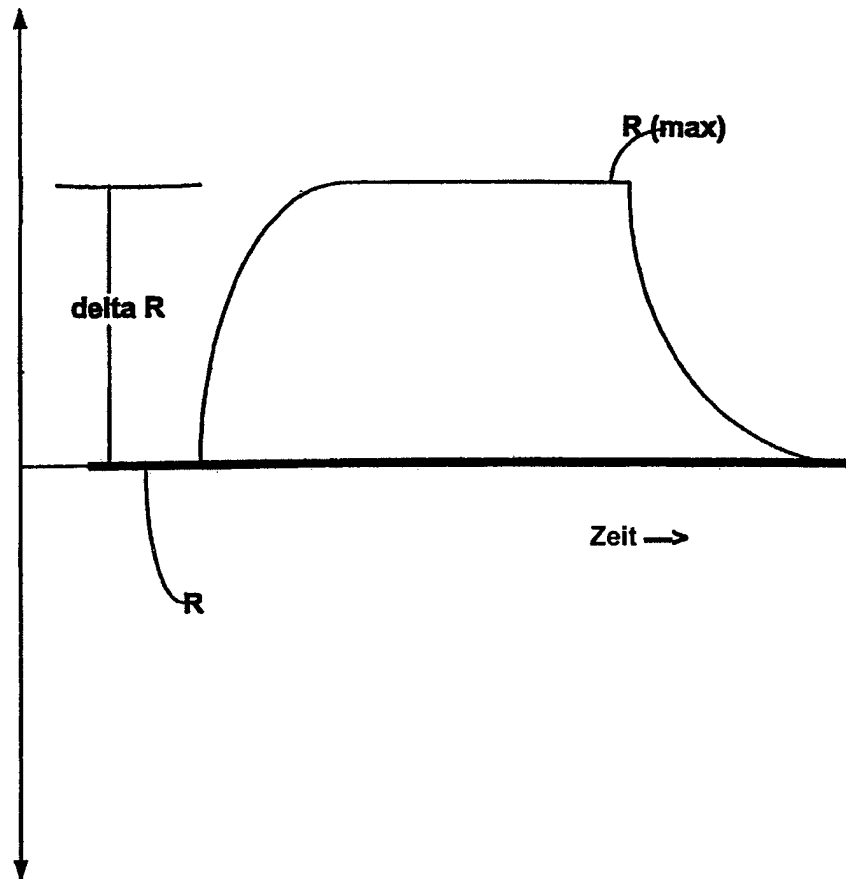


FIG. 4C

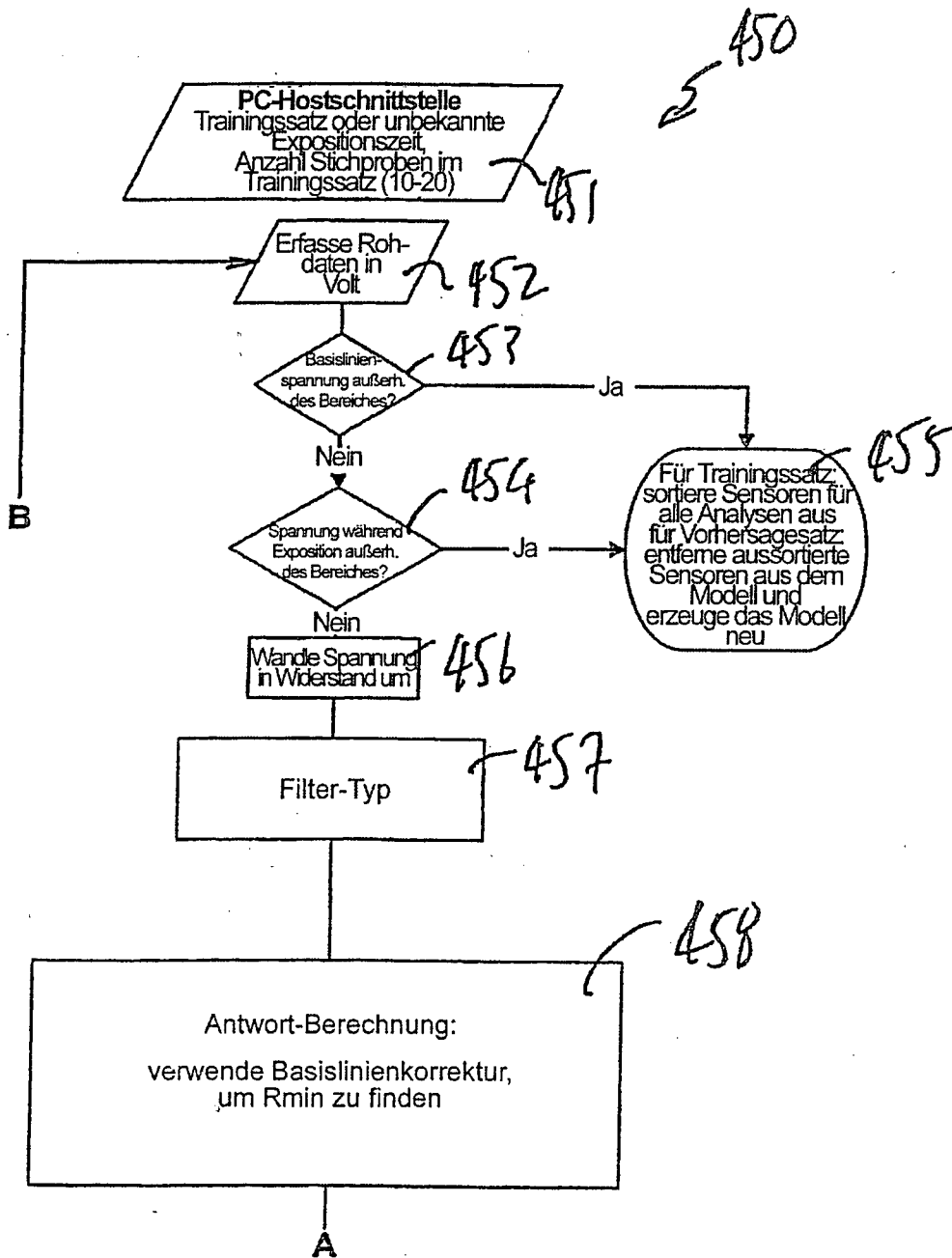


FIG. 4D

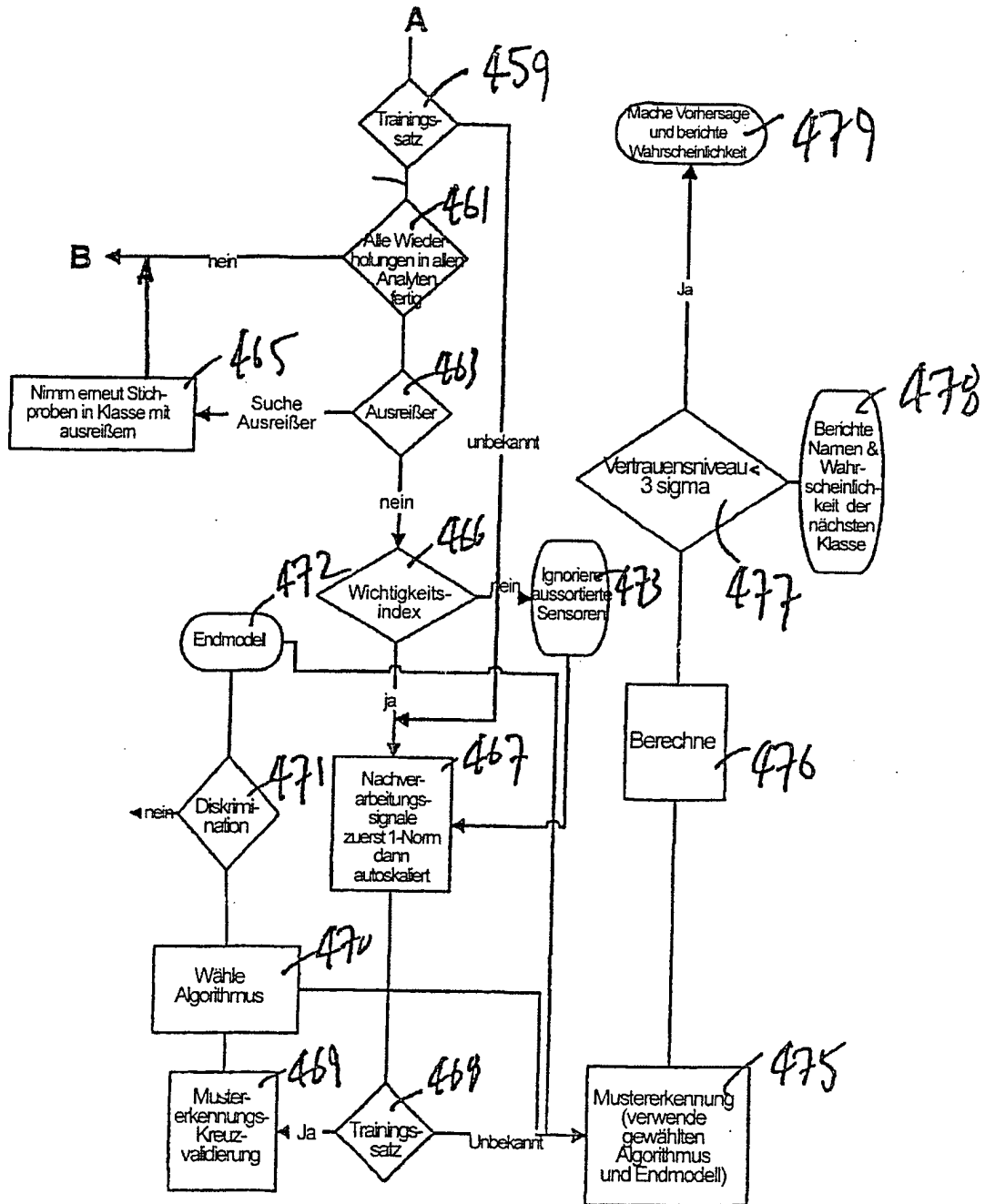


FIG. 4E

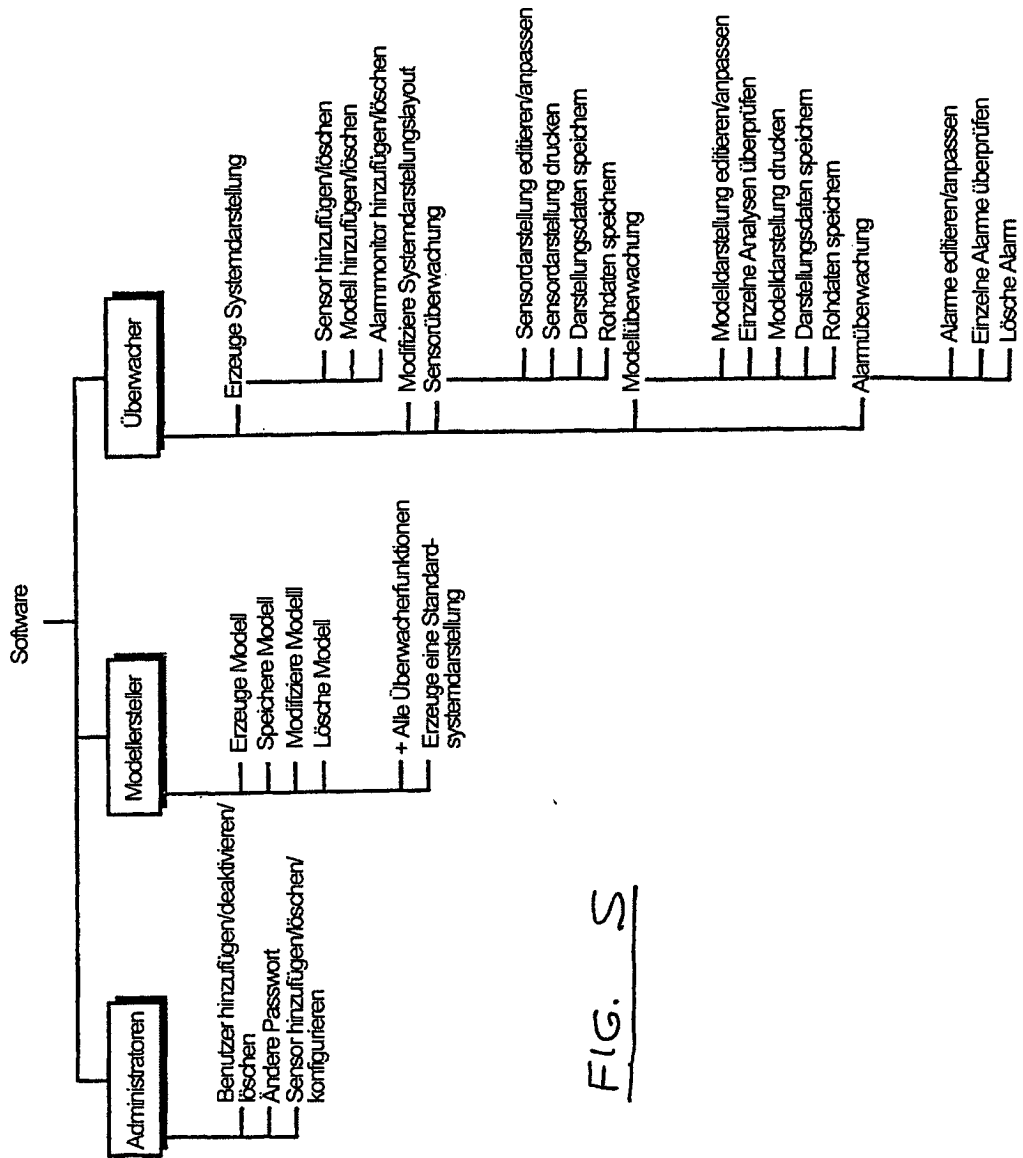


FIG. 5