



(19)  
Bundesrepublik Deutschland  
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 600 07 750 T2 2005.01.27**

(12) **Übersetzung der europäischen Patentschrift**

(97) **EP 1 198 738 B1**

(21) Deutsches Aktenzeichen: **600 07 750.0**

(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/US00/18282**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **00 945 119.6**

(87) PCT-Veröffentlichungs-Nr.: **WO 01/02917**

(86) PCT-Anmeldetag: **30.06.2000**

(87) Veröffentlichungstag  
der PCT-Anmeldung: **11.01.2001**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **24.04.2002**

(97) Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung beim EPA: **14.01.2004**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **27.01.2005**

(51) Int Cl.<sup>7</sup>: **G05B 19/409**  
**G05B 23/02**

(30) Unionspriorität:  
**345335 01.07.1999 US**

(73) Patentinhaber:  
**Honeywell Inc., Morristown, N.J., US**

(74) Vertreter:  
**derzeit kein Vertreter bestellt**

(84) Benannte Vertragsstaaten:  
**AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT,  
LI, LU, MC, NL, PT, SE**

(72) Erfinder:  
**GUERLAIN, A., Stephanie, Charlottesville, US;  
JAMIESON, A., Gregory, Toronto, CA; BULLEMER,  
T., Peter, Independence, US**

(54) Bezeichnung: **ALLGEMEINES GRAPHISCHES ANZEIGEGERÄT FÜR PROZESSVARIABLEN UND VERFAHREN  
FÜR DASSELBE**

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**

## Technisches Gebiet

**[0001]** Die vorliegende Erfindung betrifft allgemein die Prozeßsteuerung und insbesondere graphische Benutzeroberflächen und -anzeigen für die Prozeßsteuerung.

## Allgemeiner Stand der Technik

**[0002]** Es entstehen Anzeigetechnologien, die für vielfältige Anwendungen von Wichtigkeit sind. Zum Beispiel wurden für die persönliche Datenverarbeitung, für Finanzdienstleistungen usw. verschiedene graphische Benutzeroberflächen und -anzeigen entwickelt. Die jüngsten Fortschritte in der Hardware- und in der Softwaretechnologie ermöglichen die Entwicklung leistungsstarker graphischer Benutzeroberflächen.

**[0003]** Verschiedene Arten von Prozeßsteuersystemen werden zur Zeit benutzt, zum Beispiel zur Steuerung von Prozessen, die unter der Kontrolle einer einzigen Variablen betreibbar sind, bis hin zu Prozessen, die durch Steuerungen gesteuert werden, die mehrere Variablen steuern können. Bei der Implementierung der Steuerung eines Prozesses werden häufig auf Mikroprozessoren basierende Steuerungen, Computer oder Workstations benutzt, die den Prozeß überwachen, indem sie Befehle und Daten für Hardwareeinrichtungen senden und empfangen, um entweder einen bestimmten Aspekt des Prozesses oder den gesamten Prozeß als Ganzes zu steuern. Zum Beispiel verwenden viele Prozesssteuersysteme Instrumente, Steuereinrichtungen und Kommunikationssysteme zur Überwachung und Manipulation von Stueurelementen, wie zum Beispiel Ventilen und Schaltern, um einen oder mehrere Prozeßvariablenwerte (z.B. Temperatur, Druck, Strömung und dergleichen) auf gewählten Zielwerten zu halten. Die Prozeßvariablen werden ausgewählt und gesteuert, um ein gewünschtes Prozeßziel zu erreichen, wie zum Beispiel die Erreichung eines sicheren und effizienten Betriebs von in dem Prozeß verwendeten Maschinen und Geräten. Prozeßsteuersysteme werden vielfach bei der Automatisierung industrieller Prozesse eingesetzt, wie zum Beispiel den Prozessen, die in der chemischen, der Öl- und der Produktionsindustrie verwendet werden.

**[0004]** In den letzten Jahren wurden fortschrittliche Prozeßsteuersysteme zur Steuerung von Mehrvariablenprozessen entwickelt. Zum Beispiel basiert eine Art von Prozeßsteuerung auf einem Konfigurieren oder Programmieren fortschrittlicher Steuerungen auf der Basis von Ingenieurwissen (z.B. Aufnahme von Vorwärtskopplungs-, Signalauswahl- und Kalkulationsblöcken), um eine Prozeßanlage kontinuierlich in Richtung eines bestimmten bekannten Betriebszu-

stands zu bewegen. Eine andere Art von fortschrittlicher Prozeßsteuerung ist die auf Modellen basierende prädiktive Steuerung. Techniken der auf Modellen basierenden prädiktiven Steuerung haben in der Prozeßindustrie aufgrund ihrer Fähigkeit, bei Anwesenheit von Totzeiten, Prozeßeinschränkungen und Modellierungsunbestimmtheiten Mehrvariablen-Steuerziele zu erreichen, Akzeptanz gefunden.

**[0005]** Im allgemeinen verwenden auf Modellen basierende prädiktive Steuertechniken Algorithmen, die Steuerbewegungen als Lösung eines Optimierungsproblems berechnen, um Fehler unter Berücksichtigung von Einschränkungen, die entweder vom Benutzer oder vom System auferlegt werden, zu minimieren. Ein Algorithmus der auf Modellen basierenden prädiktiven Steuerung kann allgemein mit Bezug auf einen Mehrvariablenprozeß beschrieben werden. Im allgemeinen umfaßt die auf Modellen basierende prädiktive Steuerung zwei Hauptteile: erstens wird mit einem Optimierungsprogramm der beste Ort zum Betreiben des Prozesses im stationären Zustand definiert und zweitens definiert ein dynamischer Steueralgorithmus, wie der Prozeß auf glatte Weise ohne Verletzung etwaiger Einschränkungen zu dem stationären Optimum bewegt wird. Zum Beispiel betrachtet der Optimierer mit einer spezifizierten Frequenz (z.B. jede Minute) den aktuellen Zustand des Prozesses und berechnet ein neues Optimum. Aus dem Optimierer weiß die Steuerung, wo sich Prozeßvariablen in dem stationären Endzustand befinden sollten. Der Steueralgorithmus berechnet dann eine dynamische Menge von Änderungen für die Prozeßvariablen, um den Prozeß auf glatte Weise ohne dynamische Verletzungen von Einschränkungen in den stationären Zustand zu überführen. Zum Beispiel können für eine Prozeßvariable 60–120 Steuerbewegungen in die Zukunft hinein berechnet werden. Im allgemeinen wird eine der berechneten Steuerbewegungen implementiert, und der Rest wird weggeworfen. Diese Schritte werden dann neu iteriert. Das Steuerziel für die auf Modellen basierende prädiktive Steuerung besteht im allgemeinen darin, durch Berechnung unter Verwendung eines auf ökonomischen Werten basierenden Modells optimal gesteuerte Variablen bereitzustellen.

**[0006]** Die auf Modellen basierende prädiktive Steuerung wird unter Verwendung von Produkten durchgeführt, die von mehreren Firmen erhältlich sind. Zum Beispiel wird die auf Modellen basierende prädiktive Steuerung durch ein DMC-Produkt (Dynamic Matrix Control) durchgeführt, das von Aspen Tech (Cambridge, MA) erhältlich ist, und durch ein RMPCT-Produkt (Robust Multivariable Predictive Control Technology), das von Honeywell Inc. (Minneapolis, MN) erhältlich ist, wobei es sich um ein Steueranwendungsprodukt mit mehreren Eingängen und mehreren Ausgängen handelt, das stark interaktive industrielle Prozesse steuert und optimiert, zum Bei-

spiel bei Verwendung in geeigneten automatisierten Steuersystemen.

**[0007]** Eine auf Modellen basierende prädiktive Steuerung enthält im allgemeinen drei Arten von Variablen, nämlich gesteuerte Variablen (CVs), manipulierte Variablen (MVs) und Störungsvariablen (DVs) (die manchmal auch als Vorwärtskopplungsvariablen (FFs) bezeichnet werden). Gesteuerte Variablen sind diejenigen Variablen, die die Steuerung versucht, innerhalb von Einschränkungen zu halten. Ferner kann es auch erwünscht sein, bestimmte der gesteuerten Variablen zu minimieren oder zu maximieren (z.B. die Einspeisdurchsatzprozeßvariable zu maximieren). Manipulierte Variablen sind diejenigen Variablen, wie zum Beispiel Ventile, die die Steuerung öffnen und schließen kann, um zu versuchen, ein Ziel der Steuerung (z.B. Maximierung des Einspeisdurchsatzes) zu erzielen, während alle gesteuerten Variablen innerhalb ihrer Einschränkungen gehalten werden. Störungsvariablen sind diejenigen Variablen, die gemessen, aber nicht gesteuert werden können. Störungsvariablen unterstützen die Steuerung durch Bereitstellung benötigter Informationen, wie zum Beispiel Informationen bestimmter Faktoren, z.B. der Außenlufttemperatur. Die Steuerung kann dann erkennen, wie sich solche Faktoren auf andere Prozeßvariablen in der Steuerung auswirken werden, um so besser vorherzusagen, wie die Anlage auf gemessene Störungen reagieren wird.

**[0008]** Einem Benutzer der auf Modellen basierenden prädiktiven Steuerung (z.B. ein Ingenieur, ein Bediener usw.) wurden gewöhnlich verschiedene Arten von Informationen bezüglich der verschiedenen Prozeßvariablen bereitgestellt, darunter Informationen bezüglich der gesteuerten Variablen, manipulierten Variablen und Störungsvariablen. Zum Beispiel wurden in der Vergangenheit einem Benutzer Informationen wie zum Beispiel vorhergesagte Werte, aktuelle Werte und andere relationale Informationen von Variablen relativ zu anderen Variablen durch verschiedene Schnittstellen und Anzeigen bereitgestellt. Der Benutzer kann solche Informationen überwachen und auf verschiedene Weisen mit der Steuerung in Wechselwirkung treten. Zum Beispiel kann der Benutzer die Steuerung ein- und ausschalten, einzelne Prozeßvariablen in die Steuerung hinein und aus dieser herausnehmen, verschiedene Arten von Grenzen, die an in der Steuerung enthaltenen Variablen gesetzt sind, ändern (z.B. Unter- oder Obergrenzen für einzelne Prozeßvariablen ändern), das Modell der Steuerung ändern usw.

**[0009]** Damit der Benutzer die Gesamtintegrität der Steuerung jedoch effektiv überwachen und auf die erforderliche Weise mit der Steuerung in Wechselwirkung treten (z.B. Grenzen von Prozeßvariablen ändern) kann, müssen dem Benutzer geeignete Steuerungsinformationen präsentiert werden. Zum Beispiel

sollten einem die Steuerung überwachenden Bediener Informationen bezüglich der Beziehung zwischen manipulierten Variablen und gesteuerten Variablen, der Grenzen, auf die Prozeßvariablen eingeschränkt sind, der aktuellen Werte der verschiedenen Prozeßvariablen usw. präsentiert werden. Solche Informationen sollten so präsentiert werden, daß ein Benutzer effektiv verstehen kann, wie gut der Prozeß arbeitet, und zum Beispiel Probleme in dem Prozeß erkennen und lösen kann. Obwohl verschiedene Arten von Schirmanzeigen zur Präsentation von Informationen bezüglich der Steuerung für einen Benutzer verwendet wurden (z.B. die in der Honeywell-Produktpublikation mit dem Titel "Robust Multivariable Predictive Control Technology – RMPCT Users Guide for TPS" (6/97), hiermit durch Bezugnahme vollständig aufgenommen und im folgenden als "Honeywell-Benutzeranleitung" bezeichnet, beschrieben), so daß der Benutzer mit einer oder mehreren Prozeßvariablen in dem dadurch gesteuerten Prozeß zusammenhängende Parameter überwachen und manipulieren kann, war die Effektivität einer solchen Schnittstelle mangelhaft und die Benutzer haben Schwierigkeiten bei der Durchführung der erforderlichen Überwachungs- und Steuerfunktionen.

**[0010]** Zum Beispiel besteht eine Schwierigkeit bei der parallelen Überwachung mehrerer dynamischer Prozeßvariablen darin, daß im allgemeinen ein großer Schirmflächeninhalt der Präsentation von Textdaten in bezug auf solche Prozeßvariablen gewidmet werden muß. Zum Beispiel ist dies insbesondere ein Problem für Bediener von nuklearen, chemischen und petrochemischen Anlagen, bei denen die Anzahl dynamischer Prozeßvariablen groß ist. Eine herkömmliche Lösung dieses Mehrvariablenüberwachungsproblems ist im allgemeinen die Verwendung von Trendvorgeschichtediagrammen, die das vorge-schichtliche Verhalten einer oder mehrerer Variablen anzeigen. Dieser Ansatz ist jedoch insofern immer noch zu flächeninhaltsintensiv, als er auch nur für einige wenige Prozeßvariablen viel Platz zur Anzeige mehrerer Trendvorgeschichtediagramme erfordert. Folglich sind Benutzer in der Regel gezwungen, auf mindestens einen Teil der Trendvorgeschichtediagramme für die Prozeßvariablen auf serielle Weise zuzugreifen.

**[0011]** Ferner muß zum Beispiel ein Benutzer in einem auf Modellen basierenden prädiktiven Steuerprozeß in der Lage sein, potentielle Ursachen beobachteter Änderungen gesteuerter Variablen zu deduzieren und die Benutzer bei der Vorhersage der Effekte etwaiger geplanter Manipulationen manipulierter Variablen, z.B. bei der Änderung von Einschränkungen oder Grenzen für eine manipulierte Variable, zu unterstützen. Eine besonders vorteilhafte Schirmanzeige, die zur Zeit für eine solche Analyse verwendet wird, ist eine Matrixtabelle, die eine Verstärkungsbeziehung zwischen gesteuerten Variablen und ma-

nipulierten Variablen anzeigt. Zum Beispiel ist zur Zeit ein Verstärkungsmatrixschirmbild, das Verstärkungswerte anzeigt, verfügbar, wie in der Honeywell-Benutzeranleitung gezeigt. Solche Anzeigen liefern jedoch keine adäquaten Informationen und Werkzeuge zur Verwendung des Matrixschirmbilds zur Unterstützung des Benutzers bei Aufgaben der Problemlösung. Tatsächlich nutzen im allgemeinen nur Prozeßingenieure und nicht Bediener der Steuerungen die Tabellen häufig.

**[0012]** Und weiter sind außerdem zum Beispiel auf Modellen basierende prädiktive Steuerungen im allgemeinen auf Einschränkungen basierende Werkzeuge, wie auch verschiedene andere Steuerungen, z.B. versuchen die Steuerungen, einen Prozeß innerhalb bestimmter Einschränkungen oder Grenzen, die für gesteuerte Prozeßvariablen definiert sind, zu steuern. Die Verwendung solcher auf Einschränkungen basierender Techniken zur Steuerung des Prozesses führt zu der problematischen Aufgabe, in der Lage zu sein, die Beziehungen zwischen den verschiedenen Einschränkungsgrenzen und den aktuellen Werten für eine Prozeßvariable oder eine Vielzahl von Prozeßvariablen zu überwachen oder zu verfolgen. Zum Beispiel können in einer auf Modellen basierenden prädiktiven Steuerung technische harte Grenzen, vom Bediener gesetzte Grenzen, technische physikalische Grenzen und/oder verschiedene andere Grenzen für eine Anzahl verschiedener Prozeßvariablen spezifiziert sein. Von einem Benutzer wird im allgemeinen gefordert, daß er die Beziehungen einer großen Anzahl von Prozeßvariablen überwacht. Traditionell liegen Informationen zur Ausführung einer solchen Überwachung durch Präsentation solcher Informationen in Textform vor. Zum Beispiel werden einem Benutzer tabulierte Werte, die technische harte Ober- und Untergrenzen darstellen, zusätzlich zu dem aktuellen Wert für eine Prozeßvariable präsentiert. Der Benutzer muß dann den Text lesen und die Beziehung zwischen den relevanten Grenzen und dem aktuellen Wert formulieren. Bei Überwachung einer großen Anzahl solcher Prozeßvariablen ist die Aufgabe des Formulierens solcher Beziehungen schwierig.

**[0013]** Zusätzlich kann zum Beispiel von einem Benutzer gefordert werden, daß er Parameter für eine Prozeßvariable, z.B. das Setzen von oberen und unteren Bediengrenzen für eine Prozeßvariable, effektiv überwacht und manipuliert. Schnittstellentechniken, mit denen dem Benutzer Informationen präsentiert und dem Benutzer die Möglichkeit gegeben wird, einen oder mehrere Parameter einer Prozeßvariablen zu verändern, waren bisher ineffektiv. Zum Beispiel verläßt sich ein Benutzer in der Regel primär auf eine tabellarische Präsentation von Daten in bezug auf eine bestimmte Prozeßvariable, z.B. eine farbcodierte tabellarische Präsentation von Textmaterial. In einem besonderen Fall wurden jedoch be-

stimmte graphische Elemente benutzt, um eine oder mehrere Teilmengen von Informationen, wie zum Beispiel Grenzen und aktuelle Werte, mit unterstützendem Text zur Verwendung bei der Überwachung und Manipulation einer Prozeßvariablen zu zeigen. Solche Ansätze haben jedoch mindestens drei Probleme. Erstens sind sie schwierig zu benutzen, weil sie entweder eine extensive kognitive Manipulation quantitativer Daten erfordern oder weil sie in ihrer Integration unvollständig sind. Wenn zum Beispiel bestimmte Graphiken mit Textmaterial verwendet wurden, haben die Graphiken dem Benutzer diese Informationen nicht effektiv präsentiert. Zum Beispiel wurden ein Graph mit einem separaten Linienpaar, das Grenzen für eine Prozeßvariable anzeigt, ein separater Balken, der obere und untere Bediengrenzen für die Prozeßvariable darstellt, eine separate Linie, die einen derzeitigen Wert der Prozeßvariablen darstellt, und Klemmgrenzen innerhalb der anderen Grenzen zur Anzeige von Eigenschaften der bestimmten Prozeßvariablen benutzt. Bei einer solchen separaten Anzeige der Elemente mangelt es jedoch an Integration zur leichten Überwachung der Prozeßvariablen. Indem die verschiedenen Grenzbeziehungen unabhängig angezeigt werden, wird zweitens wertvoller Schirmflächeninhalt aufgebraucht, wodurch es unmöglich wird, mehr als nur einige wenige Prozeßparameter auf einmal zu zeigen. Dadurch wird ein Benutzer wiederum gezwungen, serielle Vergleiche über mehrere Variablen hinweg durchzuführen. Drittens ermöglichen keine der existierenden graphischen Ansätze eine direkte Manipulation der Variablen Grenzen. Anders ausgedrückt, muß der Benutzer angezeigte Grenzen durch Verwendung eines separaten Schirmbilds oder separater Textinformationen ändern.

**[0014]** Wie oben erwähnt, sind die Anzeigen, mit denen einem Benutzer Informationen zur Überwachung und Manipulation von Prozeßvariablen, z.B. Prozeßvariablen einer Steuerung, die die Steuerung eines kontinuierlichen Mehrvariablenproduktionsprozesses bereitstellt, übermittelt werden, nicht effektiv. Zum Beispiel werden bei einem konkreten Problem sehr viel Textinformationen verwendet, so daß der Benutzer Beziehungen zwischen verschiedenen Prozeßvariablen der Steuerung (z.B. Beziehungen zwischen aktuellen Werten und Prozeßgrenzen, Beziehungen von dem Textmaterial zwischen Trends der mehreren Prozeßvariablen usw.) formulieren muß. Ferner erfordern solche herkömmlichen Anzeigen, die versuchen, adäquate Informationen für einen Benutzer, z.B. Trenddiagramme, Textinformationen usw. bereitzustellen, unerwünscht viel Schirmflächeninhalt.

**[0015]** Aus EP-A-0432138 ist eine Steuertafel bekannt, die hauptsächlich zur Steuerung der Hämodialyse bestimmt ist. Aus DE 9110348 ist ein berührungsempfindlicher Steuerbildschirm bekannt. Aus US-A-742500 ist ein Pumpstationssteuersystem be-

kannt, das eine Zeitvorgeschichte von Betriebsparametern anzeigt. Aus US-A-5859885 ist ein Anzeigenschirm bekannt, der nach Prozeßzielen organisiert ist.

**[0016]** Die vorliegende Erfindung liefert eine graphische Benutzeranzeige, die es dem Benutzer ermöglicht, seine Wahrnehmungsstärken bei der Erkennung und Auflösung von Prozeßabnormitäten auszunutzen. Weiterhin hilft die Anzeige Benutzern, z.B. Ingenieuren und Bedienern, ein besseres Verständnis einer Steuerung zu erhalten und zu bestimmen, welche Aktionen sie durchführen können, um die Steuerung zu unterstützen.

**[0017]** Gemäß der vorliegenden Erfindung wird eine graphische Benutzeranzeige bereitgestellt, die so angeordnet ist, daß sie bei der Benutzung einem Benutzer Echtzeit-Prozeßinformationen für einen durch eine Prozeßanlage, die unter der Kontrolle einer oder mehrerer Prozeßvariablen betreibbar ist, durchgeführten Prozeß liefert, wobei einer oder mehreren der Prozeßvariablen obere und untere Prozeßgrenzwerte zugeordnet sind, wobei die graphische Benutzeranzeige Mittel zum Anzeigen einer oder mehrerer graphischer Einrichtungen umfaßt, wobei jede graphische Einrichtung einer Prozeßvariablen entspricht, wobei das Mittel zum Anzeigen mindestens einer graphischen Einrichtung für eine entsprechende Prozeßvariable folgendes enthält:

ein Mittel zum Anzeigen einer Skalenachse;  
 ein Mittel zum Anzeigen mindestens eines Paares von oberen und unteren Grenzelementen, die oberen und unteren Prozeßgrenzwerten für die entsprechende Prozeßvariable entsprechen, auf der Skalenachse;  
 ein Mittel zum Anzeigen einer graphischen Form, die einen Wert der entsprechenden Prozeßvariablen relativ zu den Prozeßgrenzwerten darstellt, entlang der Skalenachse; und  
 wobei das Mittel zum Anzeigen mindestens eines Paares von oberen und unteren Grenzelementen ein Mittel zum Anzeigen eines ersten Paares von oberen und unteren Grenzelementen, die technische harte obere und untere Grenzwerte für die entsprechende Prozeßvariable darstellen, die einen Bereich definieren, in dem vom Bediener gesetzte obere und untere Grenzwerte gesetzt werden, und ein Mittel zum Anzeigen eines zweiten Paares von oberen und unteren Grenzelementen, die vom Bediener gesetzte obere und untere Grenzwerte für die entsprechende Prozeßvariable darstellen, die einen Bereich definieren, in dem der Prozeß frei betrieben werden kann, enthält.

**[0018]** Gemäß der vorliegenden Erfindung wird außerdem ein computerimplementiertes Verfahren zur Bereitstellung einer graphischen Benutzeranzeige bereitgestellt, die einem Benutzer Echtzeit-Prozeßinformationen für einen Prozeß, der unter der Kontrolle einer oder mehrerer Prozeßvariablen betreibbar ist,

liefert, wobei einer oder mehreren der Prozeßvariablen obere und untere Prozeßgrenzwerte zugeordnet sind, wobei das Verfahren den Schritt des Anzeigens mindestens einer graphischen Einrichtung für eine entsprechende Prozeßvariable umfaßt, wobei das Anzeigen der mindestens einen graphischen Einrichtung folgendes umfaßt:

Anzeigen einer Skalenachse;  
 Anzeigen mindestens eines Paares von oberen und unteren Grenzelementen, die oberen und unteren Prozeßgrenzwerten für die entsprechende Prozeßvariable entsprechen, auf der Skalenachse; und  
 Anzeigen einer graphischen Form, die einen Wert der entsprechenden Prozeßvariablen relativ zu den oberen und unteren Prozeßgrenzwerten darstellt, entlang der Skalenachse,  
 wobei das Anzeigen des mindestens einen Paares von oberen und unteren Grenzelementen folgendes umfaßt:  
 Anzeigen eines ersten Paares von oberen und unteren Grenzelementen, die technische harte obere und untere Prozeßgrenzwerte für die entsprechende Prozeßvariable darstellen; und  
 Anzeigen eines zweiten Paares von oberen und unteren Grenzelementen, die vom Bediener gesetzte obere und untere Grenzwerte für die entsprechende Prozeßvariable darstellen.

**[0019]** Die obige Kurzdarstellung der vorliegenden Erfindung soll nicht jede Ausführungsform oder jede Implementierung der vorliegenden Erfindung beschreiben. Vorteile und ein vollständigeres Verständnis der Erfindung werden durch Bezugnahme auf die folgende ausführliche Beschreibung und die Ansprüche in Verbindung mit den beigefügten Zeichnungen ersichtlich und verständlich. Es zeigen:

**[0020]** Fig. 1 ein Blockschaltbild eines Prozeßsystems mit einer graphischen Benutzeroberfläche gemäß der vorliegenden Erfindung.

**[0021]** Fig. 2 ein Datenflußdiagramm der in Fig. 1 gezeigten graphischen Benutzeroberfläche.

**[0022]** Fig. 3 eine Schirmanzeige, die allgemein die Komponenten der graphischen Benutzeroberfläche von Fig. 1 zeigt.

**[0023]** Fig. 4 eine Objektmodellübersicht über die graphische Benutzeroberfläche von Fig. 1.

**[0024]** Fig. 5A und 5B ausführlichere Diagramme einer Prozeßvariablenübersichtsanzeigeregion, wie zum Beispiel in der allgemein in Fig. 3 gezeigten.

**[0025]** Fig. 6 ein ausführlicheres Diagramm einer Prozeßvariablendetail- und Änderungsansichtsanzeigeregion, wie zum Beispiel der allgemein in Fig. 3 gezeigten.

**[0026]** Fig. 7A–7G ausführlichere Diagramme einer Prozeßvariablenkalenderschnittstelle für eine Prozeßvariablendetail- und Änderungsansichtsanzeigeregion, wie zum Beispiel der in Fig. 6 gezeigten.

**[0027]** Fig. 8 ein Diagramm einer Trendschnittstelle wie der allgemein in der Prozeßvariablendetail- und Änderungsansichtsanzeigeregion von Fig. 3 gezeigten Schnittstelle.

**[0028]** Fig. 9 eine ausführlichere Ansicht der Mehrvariablenprozeßmatrixanzeigeregion, wie zum Beispiel der allgemein in Fig. 3 gezeigten.

**[0029]** Fig. 10 eine ausführlichere Darstellung einer Menge von Zusammenfassungs-Graphikeinrichtungen, z.B. Wasserwagen, so wie sie zum Beispiel in einer wie in Fig. 9 gezeigten Matrixanzeige verwendet werden.

**[0030]** Fig. 11 ein Diagramm eines Prozeßvariablendetailschirmbilds, das durch einen Benutzer aus einer Vielzahl verfügbarer Schirmbilder auswählbar ist, wie zum Beispiel in dem Anzeigeschirmbild von Fig. 3 gezeigt.

Ausführliche Beschreibung der Ausführungsformen

**[0031]** Fig. 1 ist ein Blockschaltbild eines Prozeßsystems **10** mit einer graphischen Benutzeroberfläche **50** zur Unterstützung von Benutzern bei der Überwachung und Manipulation einer oder mehrerer Prozeßvariablen, die in einer Steuerung **14** enthalten sind, die zur Steuerung eines durch eine Prozeßanlage **12** durchgeführten Prozesses betreibbar ist. Das Prozeßsystem **10** enthält die Prozeßanlage **12** zur Durchführung eines Prozesses unter der Kontrolle der Steuerung **14** und einer oder mehrerer optionaler Substeuerungen **16**.

**[0032]** Die Prozeßanlage **12** repräsentiert eine oder mehrere Anlagenkomponenten zur Durchführung eines Anlagenprozesses oder eines Teils eines Anlagenprozesses, der unter der Kontrolle einer oder mehrerer Prozeßvariablen einer Steuerung **14** betreibbar ist. Die Prozeßanlage **12** kann zum Beispiel eine petrochemische Raffinerie zur Durchführung eines petrochemischen Prozesses, eine Nuklearanlage, eine chemische Anlage usw. sein. Die vorliegende Erfindung ist nicht auf eine bestimmte Prozeßanlage **12** beschränkt, sondern ist bei der Steuerung kontinuierlicher Mehrvariablenproduktionsprozesse besonders vorteilhaft.

**[0033]** Die Steuerung **14** und die optionalen Substeuerungen **16** können eine beliebige Steuervorrichtung enthalten, die eine oder mehrere Prozeßvariablen zur Verwendung bei der Steuerung eines durch die Prozeßanlage **12** durchgeführten Prozesses enthalten kann. Verschiedene Teile der hier beschriebenen

graphischen Benutzeroberfläche **50** können zum Beispiel auf eine Steuerung anwendbar sein, die die Steuerung eines Prozesses über eine einzige Prozeßvariable bereitstellen. Die Steuerung **14** ist jedoch vorzugsweise eine auf Einschränkungen basierende Steuerung, wobei für eine oder mehrere Prozeßvariablen der Steuerung Grenzen vorgesehen sind, so daß die Steuerung wirkt, um die eine bzw. die mehreren Prozeßvariablen während der Steuerung des durch die Anlage **12** durchgeführten Prozesses in solchen Grenzen zu halten. Obwohl die vorliegende Erfindung für die effektive Überwachung und Manipulation von Prozeßvariablen einer Steuerung für einen beliebigen Mehrvariablenprozeß nützlich sein kann, ist die hier beschriebene graphische Benutzeroberfläche **50** besonders für die Überwachung und Manipulation von Prozeßvariablen nützlich, die einer auf Modellen basierenden prädiktiven Steuerung zugeordnet sind. Der Einfachheit halber erfolgt die weitere Beschreibung der Erfindung mit Bezug auf eine auf Modellen basierende prädiktive Steuerung **14**. Für Fachleute ist jedoch erkennbar, daß die hier beschriebenen Benutzeroberflächentechniken auf keinerlei Weise auf Mehrvariablenprozesse oder auf Modellen basierende prädiktive Steuerungen beschränkt sind, sondern allgemeine Anwendung auf verschiedene Steuerungen und verschiedene Prozesse, einschließlich Einprozeßvariablensteuerungen und -prozesse, Anwendung finden können.

**[0034]** Wie bereits in dem Abschnitt über den allgemeinen Stand der Technik beschrieben wurde, enthält eine auf Modellen basierende prädiktive Steuerung **14** im allgemeinen Algorithmen, die Steuerbewegungen als Lösung eines Optimierungsproblems zur Minimierung von Fehlern unter Berücksichtigung von Einschränkungen, die entweder vom Benutzer oder vom System auferlegt werden, berechnen. Eine auf Modellen basierende prädiktive Steuerung ist in der Regel eine Steueranwendung mit mehreren Eingängen und mehreren Ausgängen, die mehrere Variablen zur Verwendung bei der Steuerung eines Prozesses enthält. Im allgemeinen besteht die auf Modellen basierende prädiktive Steuerung aus zwei Hauptteilen: erstens wird mit einem Optimierungsprogramm der beste Ort zum Betreiben des Prozesses im stationären Zustand definiert und zweitens definiert ein dynamischer Steueralgorithmus, wie der Prozeß auf glatte Weise ohne Verletzung etwaiger Einschränkungen in das stationäre Optimum überführt werden kann. Zum Beispiel betrachtet der Optimierer mit einer spezifizierten Frequenz (z.B. jede Minute) den aktuellen Zustand des Prozesses und berechnet ein neues Optimum. Aus dem Optimierer weiß die Steuerung, wo sich Prozeßvariablen in dem stationären Endzustand befinden sollten. Der Steueralgorithmus berechnet dann eine dynamische Menge von Änderungen für die Prozeßvariablen, um den Prozeß auf glatte Weise ohne dynamische Verletzungen von Einschränkungen in den stationären Zu-

stand zu überführen. Zum Beispiel können für eine Prozeßvariable 60–120 Steuerbewegungen in die Zukunft hinein berechnet werden. Im allgemeinen wird eine der berechneten Steuerbewegungen implementiert und der Rest weggeworfen. Diese Schritte werden dann neu iteriert. Das Steuerziel für die auf Modellen basierende prädiktive Steuerung besteht im allgemeinen darin, durch Berechnung unter Verwendung eines Modells auf der Basis ökonomischer Werte (nachfolgend definierte) optimal gesteuerte Variablen bereitzustellen.

**[0035]** Die auf Modellen basierende prädiktive Steuerung kann zum Beispiel unter Verwendung von Produkten durchgeführt werden, die von mehreren Firmen erhältlich sind. Wie bereits in dem Abschnitt über den allgemeinen Stand der Technik erwähnt wurde, wird beispielsweise eine auf Modellen basierende prädiktive Steuerung durch das DMC-Produkt (Dynamic Matrix Control) von der Firma Aspen Tech (Cambridge, MA) und durch ein RMPCT-Produkt (Robust Multivariable Predictive Control Technology) von der Firma Honeywell Inc. (Minneapolis, MN), wobei es sich um ein Steueranwendungsprodukt mit mehreren Eingängen und mehreren Ausgängen handelt, das stark interaktive industrielle Prozesse steuert und optimiert, durchgeführt. Obwohl hier mehrere Steuerungen aufgeführt sind, ist die vorliegende Erfindung nicht auf die Verwendung nur mit diesen Steuerungen beschränkt. Solche Steuerungen werden lediglich zur Veranschaulichung angeführt, und die hier beschriebenen graphischen Benutzeroberflächentechniken sind auf alle Steuerungen anwendbar, bei denen eine Überwachung und/oder Manipulation einer oder mehrerer Prozeßvariablen erwünscht ist. Ferner erfolgt die Beschreibung in bezug auf die auf Modellen basierende prädiktive Steuerung **14** auf sehr allgemeine Weise, da Fachleute mit solchen Steuerungen und Eingaben und Ausgaben dieser vertraut sind.

**[0036]** Eine auf Modellen basierende prädiktive Steuerung **14** enthält im allgemeinen drei Arten von Variablen, nämlich gesteuerte Variablen (CVs), manipulierte Variablen (MVs) und Störungsvariablen (DVs) (die manchmal auch als Vorwärtskopplungsvariablen (FFs) bezeichnet werden), obwohl andere Steuerungen andere Arten von Variablen enthalten können. Im vorliegenden Kontext sind gesteuerte Variablen diejenigen Variablen, die die Steuerung versucht, innerhalb von Einschränkungen zu halten. Ferner kann es auch erwünscht sein, einen Teil der gesteuerten Variablen zu minimieren, zu maximieren oder auf einem Zielwert zu halten (z.B. eine Einspeisedurchsatzprozeßvariable zu maximieren). Manipulierte Variablen sind diejenigen Variablen, wie zum Beispiel Ventile oder "Handles", die die Steuerung öffnen und schließen kann, um ein Ziel der Steuerung (z.B. Maximierung des Einspeisedurchsatzes) zu erreichen, während alle anderen Variablen in ihren Ein-

schränkungen gehalten werden. Störungsvariablen sind diejenigen Variablen, die gemessen, aber nicht gesteuert werden können. Störungsvariablen unterstützen die Steuerung, indem sie benötigte Informationen bereitstellen, wie zum Beispiel Informationen bezüglich bestimmter Faktoren, z.B. die Außenlufttemperatur. Die Steuerung **14** kann dann erkennen, wie sich solche Faktoren auf andere Prozeßvariablen in der Steuerung auswirken werden, um so besser vorherzusagen, wie die Anlage auf Änderungen dieser Faktoren reagieren wird. Die Substeuerungen **16** können aus einer Teilmenge manipulierter Variablen und gesteuerter Variablen bestehen. In der Regel versuchen solche Substeuerungen **16** jedoch über Rückkopplung eine manipulierte Variable innerhalb bestimmter Grenzen zu steuern.

**[0037]** Einem Benutzer der auf Modellen basierenden prädiktiven Steuerung **14** (z.B. einem Ingenieur, einem Bediener usw.) werden gemäß der vorliegenden Erfindung durch die später ausführlicher beschriebene graphische Benutzeroberfläche **50** verschiedene Arten von Informationen bezüglich der verschiedenen Prozeßvariablen bereitgestellt, darunter Informationen, die die gesteuerten Variablen, manipulierten Variablen und Störungsvariablen der Steuerung **14** betreffen. Der Benutzer kann solche Informationen überwachen und auf verschiedene Weisen mit der Steuerung **14** in Wechselwirkung treten, so wie es ebenfalls später ausführlicher beschrieben wird. Zum Beispiel kann der Benutzer verschiedene Arten von Grenzen ändern, die in der Steuerung enthaltenen Prozeßvariablen auferlegt werden (z.B. Änderung von Unter- oder Obergrenzen für einzelne Prozeßvariablen).

**[0038]** Die graphische Benutzeroberfläche **50** gibt einem Benutzer (z.B. einem Ingenieur, einem Bediener usw.) die Möglichkeit, die Steuerung **14** zu überwachen, zu verstehen und einzustellen, so daß der Benutzer effektiv mit der Steuerung in Wechselwirkung treten kann, um so zum Beispiel dem Benutzer zu ermöglichen, zu wissen, wann die Steuerung in der Lage sein wird, mit einer Prozeßstörung fertig zu werden. Ferner gibt die graphische Benutzeroberfläche **50** dem Benutzer die Möglichkeit, mehrere Prozeßvariablen (z.B. Einspeiseraten, Produktraten, benutzerdefinierte Etiketten usw.) zu überwachen, um zum Beispiel nach oszillierenden Variablen Ausschau zu halten, wenn die Prozeßvariable optimiert wird, und für die Integrität der Steuerung kritische Schlüsselprozeßvariablen zu überwachen, und zwar alles auf einem einzigen Anzeigeschirmbild. Die graphische Benutzeroberfläche **50** stellt einem Benutzer Werkzeuge bereit, wie zum Beispiel die Beziehung zwischen manipulierten Variablen und gesteuerten Variablen, eine Anzeige, welche Prozeßvariablen auf Grenzen eingeschränkt werden, und eine Anzeige der Beziehungen zwischen Prozeßvariablen, um bei der Diagnose eines bestimmten Problems in der

Steuerung **14** zu helfen.

**[0039]** Zum Beispiel können verschiedene Situationen erfordern, daß der Benutzer mit der Steuerung **14** in Wechselwirkung tritt. Zum Beispiel können während der Wartung der Prozeßanlage verschiedene Prozeßvariablen aus der Steuerung herausgenommen werden, um Instrumente zu kalibrieren oder für andere Wartungsaktivitäten. Es kann notwendig sein, zu bestimmen, wie die Dinge zwischen einem Wechsel von Bedienschichten abgelaufen sind, es kann eine Anweisung von der Betriebszentrale oder der technischen Abteilung kommen, das Modell, Einschränkungen, Ziele usw. zu ändern, es kann erforderlich sein, daß der Bediener Störereignisse abhandelt, indem er entweder die Steuerung unterstützt oder die Steuerung die Störung behandeln läßt, oder indem die Steuerung ausgeschaltet wird, oder es kann verschiedene andere Diagnosefälle geben, wie zum Beispiel eine schlechte Abstimmung der Steuerung, wobei die Steuerung eine vorübergehende Aktion zur Kompensation einer Störung durchführt, usw.

**[0040]** Wie in **Fig. 1** gezeigt, empfängt die graphische Benutzeroberfläche **50** im allgemeinen Daten bezüglich der einen oder mehreren Prozeßvariablen von der Steuerung **14**. Wie bereits erwähnt, kann die graphische Benutzeroberfläche **50** in bezug auf eine einzige Prozeßvariable benutzbar sein, die gesteuert wird oder vorzugsweise mehreren Prozeßvariablen aus der Steuerung **14** zugeordnete Daten empfängt.

**[0041]** Die graphische Benutzeroberfläche **50** enthält, wie in **Fig. 1** gezeigt, eine Anzeige **58**, die unter der Kontrolle der Anzeigesteuerung **56** und der Computerverarbeitungseinheit **52** betreibbar ist. Verschiedene Benutzereingabeperipheriegeräte **60** können zum Übermitteln von Informationen zu der Computerverarbeitungseinheit **52** verwendet werden. Zum Beispiel können die Benutzereingabeperipheriegeräte **60** Schreib-Pens, eine Maus, eine Tastatur, einen berührungsempfindlichen Anzeigeschirm oder ein beliebiges anderes Benutzereingabeperipheriegerät, das im allgemeinen für graphische Benutzeroberflächen benutzt wird, umfassen. Die Computerverarbeitungseinheit **52** tritt mit einem Speicher **54** in Wechselwirkung, um eines oder mehrere darin gespeicherte Programme auszuführen. Der Speicher **54** stellt unter der Kontrolle der Computerprozeßeinheit **52** eine Speicherung verschiedener Informationen, z.B. Schirminformationen, Formatinformationen, anzuzeigende Daten oder etwaige andere Informationen, wie aus der vorliegenden Beschreibung in bezug auf die verschiedenen auf der Anzeige **58** angezeigten Schirmbilder hervorgehen wird, darin bereit.

**[0042]** Die Computerverarbeitungseinheit **52** wirkt zum Anpassen von durch sie empfangenen Informationen. Zum Beispiel werden aus der modellprädiktiven Steuerung **14** empfangene Informationen für die

Ablieferung von Anzeigeinformationen an die Anzeigesteureinheit **56** zur Anzeige auf einer Schirmanzeige **58** angepaßt. Ferner werden zum Beispiel über Benutzereingabeperipheriegeräte **60** empfangene Informationen für die Verwendung, z.B. Navigation, oder Ablieferung an die Steuerung **14**, z.B. Grenzänderungen für die Steuerung **14**, angepaßt. Die Anzeigefunktionsweise und Benutzereingabesteuerfunktionalität durch die Benutzereingabeperipheriegeräte **60** sind in der Technik im allgemeinen bekannt. Zum Beispiel können Textinformationen editiert, Prozeßvariablen ausgewählt, ein Hervorheben durch Klicken implementiert, Elemente zu Eingangsänderungen in Informationen herübergezogen werden usw.

**[0043]** Der in **Fig. 1** gezeigte Speicher **54** enthält ein Modul **70** für die graphische Benutzeroberfläche (GUI) einschließlich Programmierung zur Verwendung bei der Bereitstellung der verschiedenen Anzeigeschirmbilder, wie später beschrieben werden wird, und zum Editieren solcher Anzeigeschirmbilder, so wie es auf Echtzeitbasis notwendig ist, während Daten durch die Computerverarbeitungseinheit **52** aus der Steuerung **14** empfangen werden. Das GUI-Modul **70** ermöglicht zum Beispiel den Transfer von Daten aktueller Werte, die aus der Steuerung empfangen werden, direkt zu dem entsprechenden Objekt auf dem Anzeigeschirmbild. Ferner ist in dem Speicher **54** ein Datenanalysemodul **72** gespeichert, das Programmierung enthält, die die Verarbeitung in bezug auf Daten unterstützt, die aus der Steuerung **14** empfangen werden, die in ihrer allgemeinen Beschaffenheit modifiziert werden sollen, bevor solche Daten zur Aktualisierung des Anzeigeschirmbilds bereitgestellt werden. Zum Beispiel dient das Datenanalysemodul **72** zur Verarbeitung von Vorgeschichtedaten, um solche Daten zu einem bestimmten Trendformelement für die Anzeige zu reduzieren, wie später ausführlicher beschrieben werden wird.

**[0044]** Anzeigefunktionen werden vorzugsweise unter Verwendung eines Standardmonitors durchgeführt (der vorzugsweise groß genug ist, um alle nachfolgend beschriebenen Anzeigeregionen anzuzeigen), und die angezeigten Graphikelemente werden unter Verwendung von Visual-Basic-Code angezeigt. Ferner wird vorzugsweise ein NT-System verwendet, um die erforderliche Verarbeitung durchzuführen. Für Fachleute ist jedoch erkennbar, daß beliebige geeignete Komponenten und beliebiger geeigneter Code, die die Techniken ausführen können, die in den Anzeigeschirmbildern der graphischen Benutzeroberfläche realisiert werden, und die eine Wechselwirkung mit der Steuerung **14** ermöglichen, verwendet werden können, so wie es gemäß der vorliegenden Erfindung in Betracht gezogen wird.

**[0045]** **Fig. 2** zeigt ein beispielhaftes Datenflußdiagramm **100** für eine auf Modellen basierende prädiktive Steuerung **14**, die mit einer graphischen Benut-



zeroberfläche **50** gemäß der vorliegenden Erfindung ausgestattet ist. Daten **102** der auf Modellen basierenden prädiktiven Steuerung enthalten Prozeßsteuerbefehle **105** zur Steuerung der Prozeßanlage **12** auf in der Technik herkömmlich bekannte Weise. Zum Beispiel berechnet die auf Modellen basierende prädiktive Steuerung **14** mit einer spezifizierten Frequenz einen optimalen stationären Zustand, der vorschreibt, wo die Werte bestimmter Prozeßvariablen liegen sollten. Danach berechnet die Steuerung eine dynamische Menge von Änderungen an den manipulierten Variablen, um den Prozessor auf glatte Weise in den stationären Zustand zu überführen, indem die gewünschten Änderungen für die manipulierten Variablen der Vorrichtung zur Implementierung solcher Änderungen, z.B. Substeuerungen **16**, Ventilen, anderen "Handles" usw. zugeführt werden. Anders ausgedrückt, werden die Prozeßsteuerbefehle **105** zur Steuerung der manipulierten Variablen bereitgestellt.

**[0046]** Die auf Modellen basierende prädiktive Steuerung **14** erzeugt verschiedene Werte, die als Daten der graphischen Benutzeroberfläche **50** zugeführt werden, die mit den verschiedenen in der Steuerung **14** enthaltenen Prozeßvariablen zusammenhängen. Die Daten **102** der auf Modellen basierenden prädiktiven Steuerung, die der graphischen Benutzeroberfläche **50** zugeführt werden, umfassen mindestens Prädiktionswertdaten, Aktuellwertdaten und Modelldaten **103**. Die Prädiktionswertdaten enthalten zum Beispiel die Daten auf der Basis zukünftiger Steuerbewegungen, die für die verschiedenen oben beschriebenen Prozeßvariablen berechnet werden. Wie bereits erwähnt, kann die auf Modellen basierende prädiktive Steuerung **14** zum Beispiel 60–120 Steuerbewegungen in die Zukunft hinein berechnen, wobei zugeordnete vorhergesagte Werte für die Prozeßvariablen und insbesondere für die manipulierten Variablen und die gesteuerten Variablen erzeugt werden.

**[0047]** Zu den der graphischen Benutzeroberfläche **50** zugeführten Aktuellwertdaten gehören aktuelle gemessene Werte von einer beliebigen Anzahl von Quellen. Zum Beispiel können aktuelle Werte von beliebigen der Substeuerungen gemessen werden, einschließlich Sensoren, Ventilpositionen usw. Ferner können solche Daten direkt von einer Komponente der Prozeßanlage **12** zugeführt werden oder können ein Wert sein, der für eine Prozeßvariable, z.B. eine gesteuerte Variable, durch die Steuerung **14** erzeugt wird.

**[0048]** Zu Modelldaten gehören statische Informationen, wie zum Beispiel Informationen, die mit der Steuerung **14** selbst zusammenhängen, z.B. Verstärkungsbeziehungen zwischen einer gesteuerten Variablen gegenüber einer manipulierten Variablen, Verzögerungswerte, Koeffizienten verschiedener Modellgleichungen usw. Im allgemeinen sind solche Da-

ten feste Daten, die in vielen Umständen einmal der graphischen Benutzeroberfläche zugeführt werden, im Gegensatz zu den anderen Arten von Daten, die sich kontinuierlich ändern.

**[0049]** Die Prädiktionswertdaten, die Aktuellwertdaten und die Modelldaten werden der Computerverarbeitungseinheit **52** zugeführt und von dem graphischen Benutzeroberflächenmodul **70** und dem Datenanalysemodul **72** so verwendet, wie es erforderlich ist, um die nachfolgend ausführlicher beschriebenen Schirmbilder anzuzeigen. Zum Beispiel empfängt das graphische Benutzeroberflächenmodul **70** Aktuellwertdaten von der Steuerung **14** und verwendet solche aktuellen Daten zur Aktualisierung anzuzeigender Anzeigeobjekte **108**. Ferner werden dem graphischen Benutzeroberflächenmodul **70** über die Computerverarbeitungseinheit **52** zur Kommunikation zurück zu der auf Modellen basierenden prädiktiven Steuerung **14** Benutzereingabedaten **110** zugeführt. Zu Benutzereingabedaten können zum Beispiel veränderte Grenzen für eine bestimmte Prozeßvariable gehören, die der Steuerung **14** zur Verwendung bei weiteren Steuer- und Optimierungsberechnungen zugeführt werden.

**[0050]** Das Datenanalysemodul **72** arbeitet an Daten, die aus der Steuerung **14** bereitgestellt werden, um Daten zum Anzeigen von Objekten **108** bereitzustellen. Zum Beispiel kann das Datenanalysemodul **72** über einen Zeitraum hinweg aktuelle Daten empfangen und speichern, um so Trends in solchen vorgeschichtlichen gespeicherten Daten für eine oder mehrere Prozeßvariablen zu charakterisieren. Solche Trends können dann, wie nachfolgend ausführlicher beschrieben werden wird, unter Verwendung graphischer Trendformelemente, die verallgemeinerten Kurven solcher Daten ähneln, angezeigt werden. Ferner kann das Datenanalysemodul **72** Vergleiche zwischen Aktuellwertdaten und eingestellten Grenzen durchführen, um so entsprechende Farbinformationen anzuzeigen, mit denen ein Benutzer auf bestimmte Informationen auf der Anzeige in der graphischen Benutzeroberfläche **50** hingewiesen werden kann. Nach dem Abschluß der Verarbeitung der von ihm empfangenen Daten kann das Datenanalysemodul Daten für eine direkte Manipulation von Anzeigeobjekten **108** bereitstellen oder dem graphischen Benutzeroberflächenmodul **70** Informationen zuführen, wobei das graphische Benutzeroberflächenmodul **70** eine etwaige erwünschte Manipulation von Anzeigeobjekten **108** ermöglicht.

**[0051]** Fig. 3 ist ein allgemeines Diagramm eines beispielhaften Anzeigeschirmbilds für die graphische Benutzeroberfläche **50**. Das sichtbare Feld des Anzeigeschirmbilds ist im allgemeinen in drei Funktionsbereiche unterteilt, darunter die Mehrvariablenprozeßübersichtsanzeigeregion **150**, die Mehrvariablenprozeßmatrixanzeigeregion **200** und die Prozeßvari-

ablenddetail- und Änderungsansichtsanzeigeschnittstellenregion **250**.

**[0052]** Fig. 4 ist eine Objektmodellübersicht **300** für das in Fig. 3 gezeigte Anzeigeschirmbild. Im allgemeinen ist das Hauptdatenobjekt ein Punkt **306** einer Vielzahl von Punkten **304**, die Punkte des manipulierten Variablentyps, des gesteuerten Variablentyps oder des Störungsvariablentyps sein können. Dem Punkt sind viele Attribute und Methoden zugeordnet. Jeder Punkt ist dafür verantwortlich, sich selbst in dem entsprechenden Anzeigebild bzw. in den entsprechenden Anzeigebildern anzuzeigen. Jeder Punkt wird entsprechend aktualisiert, wenn sich Daten ändern, und aktualisiert Anzeigebildern wie notwendig.

**[0053]** Das Shell-Objekt **302** ist der Behälter für die graphische Benutzeroberflächenanwendung und enthält alle nicht separat auf der Objektmodellübersicht gezeigten Posten/Objekte, z.B. den Iterationszeittakt **157**, die allgemeinen Steuerungsinformationen **151**, Reiter für Behälter für visuelle Objekte, wie zum Beispiel in der Reiterregion **211**, Datum **146** usw. Das Shell-Objekt **302** entspricht der Anzeige-Shell **140** (siehe Fig. 3).

**[0054]** Die Objektkonnektivität und die Steuerung der separat auf der Objektmodellübersicht gezeigten anderen Posten/Objekte sollen durch Beschreibung einiger der Objekte zusammengefaßt beschrieben werden. Das Prozeßvariablenübersichtsanzeigebild **308**, das der Trendübersichtsanzeige **152** entspricht, kann zum Beispiel ein Rahmenbehältergehäuse für Graphik sein. Solche Behälter können für eine Menge von Bildern, die Zustandsinformationen von Punktobjekten darstellen, bestimmt sein. Eine Bildlistensteuerung ist Teil dieses Objekts **308** und enthält alle möglichen Bilder für die Symbole, die nachfolgend ausführlicher beschrieben werden. Während der Systemkonfiguration werden den Punktobjekten die Positionen der möglichen Symbolbilder zugewiesen. Zum Zeitpunkt einer Datenaktualisierung fordern die Punktobjekte von dem Anzeigebild **308** an, die dem Zustand der Punkte entsprechenden Symbole anzuzeigen, so wie es durch die Auswertung von Zustandsschätzeralgorithmen bestimmt wird, z.B. Vorgeschichtedaten-zu-Trendverhaltensreduktionsalgorithmen, die später ausführlicher beschrieben werden.

**[0055]** Das der Prozeßvariablenkalenderschnittstelle **256** entsprechende Prozeßvariablenkalenderschnittstellenobjekt **308** gehört zum Beispiel einem Punktobjekt, das die Anzeige ändert. Der Benutzer kann über diese Schnittstelle Änderungen an den Punktobjektattributen vornehmen, z.B. Grenzen, und die Änderung kann durch Verwendung einer Texttafel oder durch Herüberziehen eines graphischen Elements, z.B. ein mit einer Maus herübergezogenes Grenz-Flag, erfol-

gen. Auf ähnliche Weise ist jeder Punkt dafür verantwortlich, sich selbst als das entsprechende Prozeßvariablenkalenderschnittstellenobjekt **308** anzuzeigen.

**[0056]** Es versteht sich, daß jedes der Objekte in Fig. 4 einem in Fig. 3 angezeigten Objekt entspricht. Zum Beispiel entspricht das Wasserwagenobjekt **310** einer Zusammenfassungs-Graphikeinrichtung **212**, das Ansichtsänderungsanzeigebild **311** entspricht der Anzeigeschnittstellenregion **250**, das Protokollierungsänderungsobjekt **316** entspricht der Protokollierung **260**, das Matrixanzeigebild **312** entspricht der Matrixanzeige **201**, das Listenobjekt **314** für kritische Parameter entspricht der Liste kritischer Parameter **154**, das Funktionswertkurvenobjekt **320** entspricht der Funktionskurve **159**, und das Prozeßvariablenanzeigeobjekt **324** entspricht der PV-Detailanzeige, die unter Verwendung des Reiters "PV Detail" in der Reiterregion **211** wählbar ist.

**[0057]** Die Mehrvariablenprozeßübersichtsanzeigeregion **150** ist im allgemeinen in vier Funktionsbereiche segmentiert, damit sich Benutzer an jüngsten Änderungen und potentiellen Problemen orientieren können. Diese Übersichtsanzeigeregion **150** liefert besondere Unterstützung für Schichtwechsel, z.B. Wechsel von Bedienern zwischen Schichten, und eine periodische Überwachung der Steuerung **14**. Im allgemeinen enthalten die vier Funktionsbereiche der Übersichtsanzeigeregion **150** Steuerungsinformationen **151**, eine Mehrvariablenprozeßtrendanzeige **152**, eine Liste kritischer Parameter **154** und eine Trendkurvenregion **156**. Jede dieser vier Funktionsregionen wird nachfolgend beschrieben, wobei die Mehrvariablenprozeßtrendanzeige **152** mit Bezug auf Fig. 5A–5B in besonderem Detail beschrieben wird.

**[0058]** Die Steuerungsinformationen **151** erscheinen an oberster Position in der Übersichtsanzeigeregion **150** in Form einer Anzahl von Textfeldern und Pulldown-Menüs. Als erstes befindet sich in der oberen linken Ecke der Region ein Textfeld **142** mit dem Namen des aktiven Steuerungsmodells. Neben dem Textfeld **142** mit dem Namen des aktiven Steuerungsmodells befindet sich eine Textanzeige **144**, die den Namen der bestimmten angezeigten Steuerung zeigt. Wenn mehr als eine Steuerung verfügbar ist, kann eine Pulldown-Menüschaltfläche verwendet werden, um dem Benutzer eine Auswahl von einer Liste anderer Namen zu ermöglichen. Unter diesen Posten befinden sich Steuerungsmodi **153** und eine Statusanzeige **155**. Zu den Statusanzeigen können zum Beispiel Anzeigen wie etwa Optimierung, Behandlung von Einschränkungen usw. gehören. Der Benutzer kann zum Beispiel durch Verwendung eines Pulldown-Menüs einen Steuerungsmodus **153** auswählen, wie zum Beispiel Ein, Aus, Warm usw. Der Modus kann sich als Funktion des Zustands der Steuerung ändern. Als letztes markiert eine Uhr **157**

die Sekunden seit dem Anfang der letzten Steuerungsausführung.

**[0059]** Die Liste kritischer Parameter **154** liefert benutzerspezifizierte Informationen über eine Menge von standort-spezifischen Parametern. Diese Parameter könnten eine vordefinierte Menge kritischer Prozeßvariablen oder eine dynamische Liste sein, wie zum Beispiel Prozeßvariablen in der Nähe oder außerhalb ihrer Grenzen oder Prozeßvariablen, die andere Kriterien erfüllen. Die Informationen über kritische Parameter liefern ausführliche Informationen über eine kleine Menge von Variablen, die bestimmte Kriterien für Kritizität erfüllen. Eine solche Liste kritischer Parameter **154** kann zum Beispiel benutzerdefiniert sein, so daß etwaige verfügbare bestimmte Kenngrößen regelmäßig aktualisiert werden können.

**[0060]** Die Trendregion **156** kann eine beliebige Anzahl von Trendkurven enthalten, die eine bestimmte Gesamtfunktionalität des Systems repräsentieren. Wie zum Beispiel in der Trendregion **156** gezeigt, gibt eine Zielfunktionswertkurve **159** einem Benutzer Einsichten darüber, wie gut die Steuerung den Prozeß optimiert. Ferner kann zum Beispiel eine Energiekurve gezeigt werden, die dafür ausgelegt ist, dem Benutzer einen Eindruck zu geben, wie schwer die Steuerung arbeitet, um die manipulierten Variablen einzustellen. Wie durch die Zielfunktionswertkurve **159** gezeigt, können verschiedene Farbschattierungen verwendet werden, um Grenzen anzuzeigen, um dem Benutzer weitere Informationen bereitzustellen, wenn zum Beispiel die Kurvenwerte den Benutzer warnen sollten, daß die Steuerung nicht effektiv arbeitet.

**[0061]** Die Mehrvariablenprozeßübersichtstrendanzeige **152** ist in **Fig. 5A** und **5B** ausführlicher gezeigt. Die Trendanzeige **152** codiert vorgeschichtliche Trends für Prozeßvariablen zu Trendformelementen. Jedes Trendformelement stellt ein Trendverhalten dar. Vorzugsweise stellt jedes der Trendformelemente eines einer vorbestimmten Menge von Prozeßtrendverhalten dar. Solche Trendformelemente können jedoch dynamische Trends zeigen, z.B. Kurven tatsächlicher Datenpunkte, wie zum Beispiel gewählter oder abgetasteter Datenpunkte. Der Begriff Vorgeschichte bedeutet hier einen beliebigen Zeitraum vor einer aktuellen Bezugszeit.

**[0062]** Die Prozeßtrendverhalten enthalten vorzugsweise, wie in einer nachfolgenden beispielhaften Menge von Trendelementen beschrieben, Verhalten, die die Änderungsrate der Prozeßvariablen (d.h. Geschwindigkeit (erste Ableitung)) und die Änderungsrate der Geschwindigkeit (d.h. Beschleunigung (zweite Ableitung)) anzeigen. Der Zweck der Mehrvariablenprozeßtrendanzeige **152** besteht darin, dem Benutzer eine Übersicht auf hoher Ebene des Zustands des Prozesses und der Steuerung zu geben.

Die Trendanzeige **152** verläßt sich auf die Fähigkeit des menschlichen Benutzers, Abnormitäten in visuellen Mustern zu erkennen.

**[0063]** Die Trendanzeige **152** ist eine graphische Anzeige für die Ergebnisse eines Signaltrendanalysealgorithmus des Datenanalysemoduls **72**, der an Daten aus der Steuerung **14** durchgeführt wird. Diese Art von Massendatenanzeige liefert eine leicht wahrgenommene Anzeige des Status vieler Prozeßvariablen, an denen der Algorithmus ausgeführt wird. Der Algorithmus kann andere Arten von Informationen visuell codieren (z.B. Abweichung von vorhergesagten Werten, Auswahl einer Variablen und unerwartete Zustandsänderung) und unterstützt Navigation für die graphische Benutzeroberfläche **50**.

**[0064]** Die Mehrvariablenprozeßübersichtstrendanzeige **152** enthält ein Feld von Übersichtsanlagenkomponentensymbolen, in die Trendformelemente **176** eingebettet sind. Die Trendformelemente **176** können zum Beispiel Teil eines Felds einer Bitmap, z.B. einer Bitmap von  $16 \times 16$  Pixel, sein, die hier als Prozeßvariablen-trendsymbol **172** bezeichnet wird. Die Anlagenkomponentensymbole **161–164** sind vorzugsweise so geformt, daß sie einer Anlagenkomponente der Prozeßanlage **12** entsprechen. Ferner sind solche Anlagenkomponentensymbole **161–164** vorzugsweise gemäß ihrem funktionalen Ort in dem gesteuerten kontinuierlichen Mehrvariablenprozeß auf der Trendanzeige **152** angeordnet.

**[0065]** In den durch die Anlagenkomponentensymbole **161–164** definierten Rahmen sind die Prozeßvariablen-trendsymbole **172** eingebettet; jedes enthält ein Trendformelement **176**. In die Anlagenkomponentensymbole **161–164** ist für jede Prozeßvariable, die dieser bestimmten Anlagenkomponente der Prozeßanlage zugeordnet ist, ein Prozeßvariablen-trendsymbol **172** eingebettet. Wie zum Beispiel in **Fig. 5A** gezeigt, enthält das Anlagenkomponentensymbol **161** zwei manipulierte Variablen **166**, zwei Störungsvariablen **168** und vier gesteuerte Variablen **170**, die einer bestimmten Anlagenkomponente **161** zugeordnet sind. Das Anlagenkomponentensymbol **162** enthält zwei Prozeßvariablen-trendsymbole **172**, das Anlagenkomponentensymbol **163** enthält dreizehn Prozeßvariablen-trendsymbole **172** und das Anlagenkomponentensymbol **164** enthält acht Prozeßvariablen-trendsymbole **172**. Vorzugsweise werden die Trendformelemente sehr nahe beieinander positioniert, damit ein Benutzer Änderungsmuster zwischen so positionierten Trendformelementen **176** wahrnehmen kann.

**[0066]** Das Prozeßvariablen-trendsymbol **172** übermittelt mehrere Arten von Informationen. Erstens ermöglicht der Signaltrendanalysealgorithmus, der Teil des Datenanalysemoduls **72** der graphischen Benutzeroberfläche **50** ist, die Reduktion des Trendverhal-

tens einer Prozeßvariablen auf primitive Trendelemente, die Verhaltenstypen repräsentieren. Wie zum Beispiel in **Fig. 5B** gezeigt, ist eine Menge von Trendformelementen **176** gezeigt. Die Menge von Trendformelementen **176** enthält sieben graphische Elemente **180–186**; wobei jedes ein verschiedenes Trendverhalten repräsentiert. Zur Veranschaulichung repräsentieren die sieben Graphikelemente **180–186** die folgenden Trendverhalten, die die Änderungsrate (d.h. Geschwindigkeit) von Prozeßvariablenwerten und auch die Änderungsrate der Geschwindigkeit (d.h. Beschleunigung) für die Prozeßvariablenwerte anzeigen. Das Trendformelement **180** repräsentiert ein stationäres Verhalten, das Trendformelement **181** ein Aufwärtssrampenverhalten, das Trendformelement **182** ein Abwärtssrampenverhalten, das Trendformelement **183** ein Verhalten einer Zunahme mit abnehmender Rate, das Trendformelement **184** das Verhalten einer Zunahme mit zunehmender Rate, das Trendformelement **185** das Verhalten einer Abnahme mit abnehmender Rate und das Trendformelement **186** das Verhalten einer Abnahme mit zunehmender Rate.

**[0067]** Der Signaltrendanalysealgorithmus reduziert aus der auf Modellen basierenden prädiktiven Steuerung **14** empfangene Vorgeschichtedaten auf eines der Trendformelemente **180–186** der Menge von Trendformelementen **176**. Nach dem Vergleich und der Bestimmung, welches Trendverhalten die Vorgeschichtedaten für die analysierte Prozeßvariable besser repräsentiert, ermöglicht der Algorithmus die Anzeige des entsprechenden Trendformelements **180–186**, das dem bestimmten Trendverhalten entspricht. Vorzugsweise wird jede Prozeßvariable auf diese Weise auf ein Trendverhalten reduziert, und ein entsprechendes Trendformelement wird für die Prozeßvariable angezeigt.

**[0068]** Im allgemeinen und vorzugsweise weisen die Trendformelemente **176** jeweils eindimensionale Formen auf. Die eindimensionalen Formen ähneln vorzugsweise einer generischen Kurve des bestimmten Trendverhaltens, dem sie entspricht, z.B. eine horizontale gerade Linie für ein stationäres Verhalten.

**[0069]** Für Fachleute ist aus der vorliegenden Beschreibung erkennbar, daß jeder beliebige Algorithmus, der Vorgeschichtedaten für eine Prozeßvariable auf eine Menge von Trendverhalten reduzieren kann, gemäß der vorliegenden Erfindung verwendet werden kann. Ferner können verschiedene Arten von Trendelementformen zur Darstellung der verschiedenen Arten der Trendverhalten verwendet werden. Verschiedene Literaturstellen beschreiben für eine Trendanalyse geeignete Algorithmen, darunter: Xia, Betty Bin. "Similarity Search in Time Series Data Sets," M.S. Thesis, Simon Fraser University (1997); Bakshi, B.R. und Stephanopoulos, G. "Representation of Process Trends-III. Multiscale Extraction of

Trends from Process Data", Computers & Chemical Engineering, Band 18, S. 267–302 (1994); Janusz M. und Venkatasubramanian, V., "Automatic Generation of qualitative description of process trends for fault detection and diagnosis", Engng. Applic. Artif. Intell., 4, 329–339 (1991); Rengaswamy R. und Venkatasubramanian, V., "A syntactic pattern-recognition approach for process monitoring and fault diagnosis", Engng. Applic. Artif. Intell., 8, 35–51 (1995); und Cheung, J.T.-Y. und Stephanopoulos, G., "Representation of process trends. I. A formal representation framework", Computers & Chemical Engineering, Band 14, Nr. 4–5, S. 495–510 (Mai 1990).

**[0070]** Jeder Algorithmus, der Vorgeschichtedaten, vorzugsweise neuere Vorgeschichtedaten, auf durch Trendprimitivelemente anzeigbare Trendverhalten reduziert, z.B. verallgemeinerte Kurven, die durch einfache Linienelemente repräsentiert werden, kann gemäß der vorliegenden Erfindung verwendet werden.

**[0071]** Auch kann eine Farbcodierung verwendet werden, um andere Eigenschaften der Prozeßvariablen zu definieren. Zum Beispiel kann das in dem Prozeßvariablenübersichtssymbol **172** angezeigte Trendformelement **176** farbcodiert werden, um die Beziehung zwischen einem aktuellen Wert der Prozeßvariablen und benutzerdefinierten Grenzen für die Prozeßvariable wiederzugeben. Zum Beispiel kann das Trendformelement **176** in dem Anlagenübersichtssymbol **162** schwarz gefärbt werden, um zu vermerken, daß der aktuelle Wert für die Prozeßvariable innerhalb der benutzerdefinierten Grenzen liegt, oder gelb, um zu vermerken, daß der aktuelle Wert der Prozeßvariablen in einem bestimmten Prozentsatz der benutzerdefinierten Grenzen liegt, oder rot, um zu vermerken, daß der aktuelle Wert für die Prozeßvariable um mindestens einen bestimmten Prozentsatz außerhalb benutzerdefinierter Grenzen liegt. Solche Grenzen werden nachfolgend ausführlicher mit Bezug auf andere Teile der graphischen Benutzeroberfläche **50** beschrieben.

**[0072]** Ferner kann Farbcodierung für den Hintergrund **177** eines Prozeßvariablentrendsymbols **172** verwendet werden, wie in dem Anlagenkomponentensymbol **162** gezeigt. Zum Beispiel können Farben einer Menge von Farben in einen beliebigen Algorithmus, Alarm oder Sensor, der sich für eine bestimmte Anwendung eignet, encodiert werden. Wenn zum Beispiel eine Alarmsituation für die Prozeßvariable ersichtlich ist, kann der Hintergrund **177** des Trendsymbols eine grüne Farbe sein.

**[0073]** Jedes der Prozeßvariablentrendsymbole **172** ist mit einer entsprechenden Prozeßvariablen verknüpft, für die der Trendanalysealgorithmus ausgeführt wird. Die Prozeßvariablentrendsymbole **172** sind in zugeordnete statische Anlagenkomponenten-

symbole **161–164** oder Bitmaps eingebettet, die die Anlagenkomponente wiedergeben, für die die Prozeßvariable gilt, z.B. gelten zwei Prozeßvariablen für die Anlagenkomponente **162**. Die Anlagenkomponentensymbole **161–164** gruppieren die Prozeßvariablen-trendsymbole **172** sowohl visuell als auch konzeptuell, um dem Benutzer dabei zu helfen, einzuordnen, wo sich ein Problem für die Steuerung **14** befinden könnte. Eine solche Gruppierung von Trendsymbolen **172** wird weiter verbessert, indem die Trendsymbole **172** zu Gruppen von Prozeßvariablentypen (z.B. manipulierten Variablen, Steuervariablen und Störungsvariablen) gruppiert werden. Wie zum Beispiel in **Fig. 5A** mit Bezug auf das Anlagenkomponentensymbol **161** gezeigt ist, werden manipulierte Variablen **166** in der oberen Region des Anlagenkomponentensymbols **161**, Störungsvariablen **168** unter den manipulierten Variablen **166** und gesteuerte Variablen **170** in der unteren Region des Anlagenkomponentensymbols **161** gruppiert. Die Gruppierung von Variablen nach Typ wird durch dünne Linien getrennt, um die Gruppen zu unterscheiden.

**[0074]** Die Prozeßvariablen-trendsymbole **172** müssen nicht in Anlagenkomponentensymbole **161–164** eingebettet werden, um effektiv zu sein. Zum Beispiel können solche Trendsymbole **172** in einem Zeile- und Spalte-Format angeordnet, mit Text, der den Namen der Prozeßvariablen anzeigt, positioniert oder auf beliebige andere Weise, die bei der Unterstützung des Benutzers beim Ausmachen betreffender Informationen daraus nützlich sein kann, konfiguriert werden.

**[0075]** Ferner können Trendformelemente **176**, die das Verhalten der Prozeßvariablen repräsentieren, alleine oder als Teil einer Bitmap, wie zum Beispiel der des Trendsymbols **172**, die einen Hintergrund für das Trendformelement liefert, angezeigt werden. Für Fachleute ist erkennbar, dass mehr als ein Trendformelement in einem Trendsymbol **172** verwendet werden kann, um den Verhaltenstrend darzustellen. Zum Beispiel kann ein Trendformelement mit einem Winkel von  $45^\circ$  in der Richtung nach oben in dem Trendsymbol **172** zusammen mit einem eine abnehmende Rate repräsentierenden Symbol, z.B. einem D, verwendet werden, um eine bestimmte Rate darzustellen, mit der die Prozeßvariable sich rampenförmig aufwärts bewegt. Ähnlich können beliebig viele Kombinationen primitiver Trendformen verwendet werden, um Verhaltenstrends für die Prozeßvariable darzustellen. Die vorliegende Erfindung ist nicht auf eine bestimmte Menge von Trendformelementen oder eine Menge von dadurch dargestellten Verhaltenstrends beschränkt. Ähnlich können Elemente, die Grenzen für die Prozeßvariable darstellen, in dem Trendsymbol angezeigt werden, wie zum Beispiel eine Linie an der Oberseite des Symbols **172** für eine Obergrenze. Zum Beispiel könnte man mit der Anzeige einer Grenze zeigen, daß der aktuelle Wert für die

Prozeßvariable einem vom Benutzer definierten Obergrenzwert nahe kommt.

**[0076]** Ferner enthält die Mehrvariablenprozeßübersichtstrendanzeige **152** einen Statusbalken **160**, um Benutzern dabei zu helfen, zusätzliche Informationen über die Trendsymbole **172** zusammenzutragen. Wenn zum Beispiel eine Maus über ein Übersichtstrendsymbol **172** geführt wird, wird eine Beschreibung der Prozeßvariablen, die dem Trendsymbol entspricht, zusammen mit einer kurzen Beschreibung zusätzlicher Informationen, wie zum Beispiel einem Sorge-Flag oder einer Textwarnung über eine nahe Grenze, oder beliebigen anderen gewünschten Textmaterials angezeigt. Der Statusbalken **160** gibt dem Benutzer die Möglichkeit, bestimmte Informationen zu erhalten, ohne zu zusätzlichen Schirmbildern zu navigieren, wenn der Benutzer einen ungewöhnlichen Zustand sieht, wie zum Beispiel ein Trendformelement **185** für eine Abnahme mit abnehmender Rate. Der Statusbalken **160** kann dazu wirken, die Erwartung eines Benutzers eines abnormen Signals zu bestätigen oder die Problemlöseaktivität, die folgen sollte, anzuleiten.

**[0077]** Die Mehrvariablenprozeßübersichtstrendanzeige **152** ermöglicht ferner eine Navigation zu ausführlicheren Informationen. Zum Beispiel ist jedes der Trendsymbole **172** mit einer bestimmten Zeile oder Spalte der Mehrvariablenprozeßmatrixanzeige **201** verknüpft, wie weiter unten mit Bezug auf **Fig. 9** und **10** beschrieben werden wird. Ferner kann jedes der Trendsymbole **172** oder nur das Trendformelement mit der Prozeßvariablendetail- und Änderungsansichtsanzeigeschnittstellenregion **250** verknüpft werden. Wenn ein Benutzer eines der Trendsymbole **172** auswählt, wird die entsprechende Zeile/Spalte einer Matrixanzeige **201** hervorgehoben und weitere ausführlichere Informationen bezüglich der Prozeßvariablen, die dem ausgewählten Trendsymbol **172** entspricht, werden in der Prozeßvariablendetail- und Änderungsansichtsanzeigeschnittstellenregion **250** gezeigt.

**[0078]** Fachleute werden aus der vorliegenden Beschreibung erkennen, daß die Mehrvariablenprozeßübersichtstrendanzeige **152** Benutzern dabei hilft, zu überwachen, wie gut ein Mehrvariablenprozeß abläuft. Bei einem stabilen Prozeß erscheinen die Trendsymbole **172** flach und unauffällig. Wenn Prozeßvariablen in dem Prozeß von stabilen Zuständen abweichen und beginnen, zu anderen Zuständen überzugehen, werden die Trendsymbole **172** durch geneigte und gekrümmte Linien verzerrt, wie durch die bevorzugten Trendformelemente **176** von **Fig. 5B** dargestellt. Diese Verzerrung ist leicht zu erkennen und lenkt die Aufmerksamkeit des Benutzers auf die übergehenden Prozeßvariablen und warnt ihn über solche Änderungen. Im Kontext der vollständigen Prozeßschnittstelle können die einzelnen Trendsym-

bole **172** mit ausführlicheren Informationen über die übergehende Prozeßvariable wie oben beschrieben zum Beispiel durch Auswählen durch Anklicken mit einer Maus oder Auswählen mit einer Tastatur verknüpft werden.

**[0079]** Ferner werden Fachleute erkennen, daß die in der Prozeßvariablendetail- und Änderungsansichtsanzeigeschnittstellenregion **250** für ein ausgewähltes Übersichtstrendsymbol **172** gezeigten ausführlicheren Informationen insofern besonders vorteilhaft sind, als sowohl die Anzeigeregion **150** als auch die Anzeigeschnittstellenregion **250** auf einem einzigen Schirmbild angezeigt werden. Folglich wird die Navigation äußerst leicht für den Benutzer und der Benutzer kann mehr als eine Art von Informationen auf demselben Schirmbild auswerten.

**[0080]** Die Prozeßvariablendetail- und Änderungsansichtsanzeigeschnittstellenregion **250** ist in **Fig. 6** ausführlicher gezeigt. Die Prozeßvariablendetail- und Änderungsansichtsanzeigeschnittstellenregion **250** ermöglicht dem Benutzer eine Manipulation von Steuergrenzen einer Prozeßvariablen und einer Ansicht sowohl einer visuellen als auch einer geschriebenen Vorgeschichte der Grenzbereiche und aktuellen Werte einer Prozeßvariablen. Die Anzeigeschnittstellenregion **250** versucht, den Benutzer dabei zu unterstützen, genaue, gut informierte Grenzänderungen in einem bedeutungsvollen Kontext vorzunehmen.

**[0081]** Die Prozeßvariablendetail- und Änderungsansichtsanzeigeschnittstellenregion **250** enthält eine Trendvorgeschichte-/prädiktionskurve **252**, eine Prozeßvariablenkalenschnittstelle **256** und eine Schaltflächenschnittstelle **258**. Für Fachleute ist erkennbar, daß **Fig. 6** etwas von der in **Fig. 3** gezeigten Anzeigeregion **250** modifiziert ist. Im allgemeinen sind jedoch nur Teile des Anzeigeschirmbilds umgeordnet und in bezug auf die Schaltflächenschnittstelle **258** werden verschiedene Namen für verschiedene Schaltflächen bereitgestellt.

**[0082]** Im allgemeinen ermöglicht es die Prozeßvariablenkalenschnittstelle **256** der Anzeigeschnittstellenregion **250** dem Benutzer, aktuelle Grenzen im Kontext des aktuellen Werts der Prozeßvariablen wie unten ausführlicher beschrieben zu betrachten und zu manipulieren. Durch die Schaltflächenschnittstelle **258** kann der Benutzer Prädiktionen und die Auswirkung, die eine kleine Änderung einer Grenze haben wird, betrachten, die Steuerung anweisen, diese Änderungen auszuführen, und die Grenzen auf in einem vorherigen Steuerintervall verwendete Werte zurücksetzen. Zum Beispiel initiiert die Schaltfläche "What if" **601** die Steuerung dafür, eine Iteration auszuführen, so daß Prädiktionen in bezug auf eine durch den Benutzer vorgenommene veränderte Grenze, wie unten ausführlicher beschrieben wird, in der Anzeige-

region **260** erzeugt und betrachtet werden können. Die "Enter"-Schaltfläche **602** weist die Steuerung dann an, diese Grenzänderungen auszuführen, wenn dies der Benutzer wünscht. Die "Restore"-Schaltfläche **603** stellt ferner, wenn sie angewählt wird, die Grenzen wieder auf die Werte ein, die in dem vorherigen Steuerintervall verwendet wurden, wenn der Benutzer nicht wünscht, Grenzänderungen auszuführen.

**[0083]** Die Trendvorgeschichte-/prädiktionskurve **252** ermöglicht erweiterte Trendfähigkeiten und Flexibilitätsskalenmanipulationen. **Fig. 8** zeigt ein ausführlicheres Diagramm der Trendvorgeschichte-/prädiktionskurve **252**. Zusätzlich zu einem Verlauf **350** von Vorgeschichtewerten einer bestimmten Prozeßvariablen zeigt diese Kurve **252** außerdem einen Prädiktionstrendverlauf **352** des antizipierten Verhaltens für die Prozeßvariable. Ferner kann Zeitskala (z.B. ein kürzerer oder längerer Zeitraum) und/oder ein Zeitrahmen (z.B. ein früherer oder späterer Zeitraum), die in der Trendvorgeschichtekurve **350** und der Prädiktionskurve **352** wiedergegeben werden, eingestellt werden.

**[0084]** Die vertikale Skala **357** der Trendvorgeschichte-/prädiktionskurve **252** stimmt mit der Skala überein, die durch die Prozeßvariablenkalenschnittstelle **256** spezifiziert wird, wie unten ausführlicher beschrieben wird. Anders ausgedrückt sind die technischen harten Ober- und Untergrenzen für die Kurve **252** und die Prozeßvariablenkalenschnittstelle **256** äquivalent. Durch diese Äquivalenz wird es leicht, den Trend mit der Prozeßvariablenkalenschnittstelle **256** zu vergleichen. Zwei Balken, ein Balken oben **354** und ein Balken unten **355**, bilden die Vorgeschichte von für die Prozeßvariable gesetzten Grenzen ab. Zum Beispiel gibt der untere Balken **355** das  $\Delta$  zwischen der vom Bediener eingestellten Untergrenze und den technischen harten Untergrenzeinstellungen wieder, und der obere Balken **354** zeigt das  $\Delta$  zwischen der vom Bediener eingestellten Obergrenze und den technischen harten Obergrenzeinstellungen. Wie in **Fig. 8** zu sehen ist, gibt der untere Balken **355** wieder, daß das  $\Delta$  über das Zeitfenster hinweg gleich bleibt, während der obere Balken **354** dicker wird, wodurch ein vergrößertes  $\Delta$  gezeigt wird. Die Farbe des Einschränkungsvorgeschichtebalkens kann sich als Funktion des Nahgrenzenstatus des aktuellen Werts der Prozeßvariablen bezüglich benutzerdefinierter Grenzen ändern. Wenn zum Beispiel der aktuelle Wert der Prozeßvariablen zwischen den vom Bediener eingestellten Ober- und Untergrenzwerten liegt, dann hat der Einschränkungsvorgeschichtebalken eine bestimmte Farbe, z.B. grau. Wenn der aktuelle Wert in der Nähe des harten Bedienerober- oder Untergrenzwerts liegt, dann nimmt der Balken eine andere Farbe an, z.B. gelb. Wenn zum Beispiel der aktuelle Wert der Prozeßvariablen die vom Bediener eingestellte Ober-

grenze oder die vom Bediener eingestellte Untergrenze um mehr als 1% überschreitet, dann nimmt der Balken ferner noch eine andere Farbe an, z.B. rot.

**[0085]** Ferner ist in der Prozeßvariablendetail- und Änderungsansichtsanzeigeschnittstellenregion **250** eine Änderungsprotokollierung **260** enthalten (siehe **Fig. 6**). Die Änderungsprotokollierung **260** dokumentiert automatisch kritische Informationen über Grenzünderungen und regt Benutzer dazu an, Klärungen für diese zu geben. Wenn der Benutzer über die Schaltflächenschnittstelle **258** eine Grenzänderung kurz eingibt, wird ein Protokollierungseintrag mit Feldern, die die Prozeßvariable und verschiedene Parameter, wie zum Beispiel alte und neue Werte, ein Datum und ein Zeitstempel **270**, **272**, und den Handelnden spezifizieren, bereitgestellt.

**[0086]** Die Prozeßvariablenskalschnittstelle **256** wird mit Bezug auf verschiedene Ausführungsformen in **Fig. 7A–7B** ausführlicher gezeigt und beschrieben. Die verschiedenen Prozeßgrenzen, die unter Verwendung der hier beschriebenen graphischen Benutzeroberfläche **50** implementiert werden können, können eine beliebige Anzahl von Mengen von Grenzen umfassen und die vorliegende Erfindung ist nicht konkret auf irgendeine bestimmte Art von Menge oder irgendeine Anzahl von Mengen beschränkt. In der Prozeßvariablenskalschnittstelle **256**, so wie sie mit Bezug auf **Fig. 7A–7G** beschrieben wird, werden jedoch vorzugsweise vier Arten von Grenzen verwendet. Es soll hier zunächst eine Definition jeder der vier Grenzen angegeben werden, um so das Verständnis der Prozeßvariablenskalschnittstelle **256** zu erleichtern.

**[0087]** Der Ausdruck technische physikalische Grenzwerte soll hier Grenzwerte bedeuten, die die physikalischen Grenzen eines einzelnen Geräts oder Instruments definieren. Sie stellen den größtmöglichen Umfang der sinnvollen Quantifizierung einer Prozeßvariablen dar. Zum Beispiel können sie technische physikalische Grenzen für Meßwerte sein, die ein Sensor bereitstellen kann.

**[0088]** Technische harte Grenzwerte sollen hierbei diejenigen Grenzwerte bedeuten, die von einem Benutzer, insbesondere einem Steueringenieur, eingestellt werden, um einen Bereich festzulegen, über den hinweg ein Bediener oder ein anderer Benutzer vom Bediener eingestellte Grenzwerte sicher einstellen kann.

**[0089]** Vom Bediener eingestellte Grenzwerte sollen hierbei Grenzwerte bedeuten, durch die Bediener Einfluß auf die Steuerung **14** ausüben. Solche Grenzen legen den Bereich fest, in dem die Steuerlösung frei wirken kann, wenn ihr ausreichende Freiheitsgrade gewährt werden.

**[0090]** Schließlich sollen Optimierungs-Soft-Grenzen, die hier auch als Delta-Soft-Bänder bezeichnet werden, Pseudogrenzen bedeuten, die ein Offset in den vom Bediener eingestellten Grenzen beschreiben, das die Optimierungsberechnungen versuchen werden, zu respektieren.

**[0091]** Die Prozeßvariablenskalschnittstelle **256** enthält eine Prozeßvariablenskala **280** mit einer Skalenachse **285** (im allgemeinen nicht auf dem Schirmbild angezeigt) und einer Skala **282**, die sich entlang und parallel zu der Skalenachse **285** erstreckt. Entlang der Skalenachse **285** erstrecken sich ein oder mehrere Balken **284**. Jeder Balken repräsentiert eine Menge von oberen und unteren Prozeßgrenzwerten für eine bestimmte Prozeßvariable. Ferner wird entlang der Skalenachse **285** eine graphische Form, wie zum Beispiel ein Zeiger **297**, angezeigt, wodurch der aktuelle Wert der Prozeßvariablen dargestellt wird. Obwohl die sich entlang der Skalenachse **285** erstreckenden graphischen Balkenelemente **284** eine beliebige Anzahl verschiedener Arten von Grenzen in bezug auf die spezifische Prozeßvariable darstellen können, repräsentieren das graphische Balkenelement bzw. die Elemente **284** vorzugsweise technische harte Grenzwerte oder vom Bediener eingestellte Grenzwerte. Wahlweise können ein oder mehrere zusätzliche graphische Formen, z.B. ein Zeiger **298**, entlang der Skala **282** positioniert werden, wodurch ein oder mehrere vorhergesagte Werte für die Prozeßvariable angezeigt werden. Zum Beispiel kann der vorhergesagte Wert ein zukünftiger Wert oder ein stationärer vorhergesagter Wert sein. Ferner könnte man mit der zusätzlichen graphischen Form bzw. den zusätzlichen graphischen Formen Vorschichtewerte anzeigen, z.B. einen Mittelwert, Extremwerte usw.

**[0092]** Wie in **Fig. 7A** gezeigt, enthalten der eine oder die mehreren graphischen Balken **284** einen ersten Balken **281**, der sich entlang der Skalenachse **285** erstreckt. Ein erstes oberes Ende **286** des ersten Balkens **281** stellt eine technische harte Obergrenze dar, und ein zweites Ende **288** stellt eine technische harte Untergrenze dar. Weiterhin enthalten das eine oder die mehreren graphischen Balkenelemente **284** vorzugsweise einen zweiten Balken **283**, der vorzugsweise im Inneren des ersten Balkens **281** angezeigt wird. Der zweite Balken **283** stellt vom Bediener eingestellte Grenzen dar. Ein erstes Ende **290** des zweiten Balkens **283** stellt eine vom Bediener eingestellte Obergrenze und ein zweites Ende **291** des zweiten Balkens **283** eine vom Bediener eingestellte Untergrenze dar. Es ist zu beachten, daß die Grenzen auch in Textform neben der Skala gezeigt werden. Zum Beispiel ist der technische harte Obergrenzwert in dem Textfeld **301**, der vom Bediener eingestellte Obergrenzwert im Textfeld **302**, der vom Bediener eingestellte Untergrenzwert in dem Textfeld **304** und die technische harte Untergrenze in dem

Textfeld **305** gezeigt. Der aktuelle Wert der Prozeßvariablen ist in dem Textfeld **303** gezeigt.

**[0093]** Die schraffierten Regionen neben dem ersten und dem zweiten Ende **290**, **291** des zweiten Balkens **283**, die den vom Bediener eingestellten oberen bzw. unteren Grenzwert darstellen, sind die Optimierungs-Soft-Grenzen. Diese Grenzen definieren das Delta-Soft-Oberband **295** und das Delta-Soft-Unterband **296**. Die schraffierten Markierungen sind so entworfen, daß, wenn sich die Delta-Soft-Obergrenze und die Delta-Soft-Untergrenze überlappen (z.B. wenn die Delta-Soft-Ober- und -untergrenze im Vergleich zu der Region, die durch den von dem Bediener eingestellten Ober- und Untergrenzwert definiert wird, groß sind), konvergieren die diagonalen Schraffierungsmarkierungen an einem Punkt, z.B. einer Linie auf dem Graph (siehe **Fig. 7C**), relativ zu dem jeweiligen Anteil der Delta-Soft-Ober- und -untergrenze. Dieses hervortretende Merkmal der graphischen Anzeige repräsentiert genau einen Pseudo-Sollwert, d.h. den Zieloptimierungswert, der von dem Optimierungsalgorithmus verwendet wird, wenn sich die Delta-Soft-Bänder überlappen. Die Steuerung **14** versucht, die Prozeßvariable, wenn überhaupt möglich, auf den Pseudo-Sollwert zu steuern.

**[0094]** Die Prozeßvariablenkala **280** enthält weiterhin ein Obergrenzenmanipulations-Flag **292** und ein Untergrenzenmanipulations-Flag **293**. Diese Manipulations-Flags **292**, **293** können von einem Benutzer zum Verändern der eingestellten Grenzwerte verwendet werden. Abhängig von dem Autoritätsgrad eines Benutzers werden zum Beispiel die Manipulations-Flags dergestalt auf die Grenzbalken fixiert, daß der Benutzer sie manipulieren kann, wenn er autorisiert ist. Obwohl (wie in **Fig. 7A** gezeigt) nur das Obergrenzenmanipulations-Flag **292** und das Untergrenzenmanipulations-Flag **293** als sich von den vom Bediener eingestellten Grenzwerten erstreckend, so daß Grenzen durch einen autorisierten Benutzer modifiziert werden können, gezeigt sind, können sich zusätzliche Manipulations-Flags von den Enden des ersten Balkens **281** auf ähnliche Weise erstrecken, um es so einem Benutzer, z.B. einem Ingenieur mit der ordnungsgemäßen Autorität, zu ermöglichen, die technischen harten Grenzwerte zu modifizieren. Ferner können sich solche Manipulations-Flags von Enden der Delta-Soft-Bänder **295**, **296** erstrecken, um einem Benutzer eine Modifikation der Optimierungs-Soft-Grenzen zu ermöglichen.

**[0095]** Die angezeigten Grenzen und der aktuelle Wert für eine Prozeßvariable werden auf einer einzigen Skala entlang einer einzigen Skalenachse **285** gezeigt, um ein gleichförmiges Bezugssystem zu erzeugen. Benutzer können Änderungen an den Grenzen vornehmen, indem sie traditionelle Texteintragsänderungen in den Textfeldern **301–302** und **304–305** vornehmen oder durch Ziehen des Manipu-

lations-Flag **292**, **293** entlang der Skalenachse **285**. Diese Kombination von Merkmalen fördert das Vornehmen sinnvoller Änderungen an Grenzen, da es dem Benutzer ermöglicht, in einem gleichförmigen Bezugssystem mit relevanten Informationen in Wechselwirkung zu treten.

**[0096]** Die Skala **282** der Prozeßvariablenkalenanzeige **280** stellt sich automatisch ein, um sicherzustellen, daß die Daten der Skalanzeige in einem sinnvollen Kontext angezeigt werden. Wenn zum Beispiel, wie in **Fig. 7C** gezeigt, ein durch den Pfeil **297** dargestellter aktueller Wert einer Prozeßvariablen außerhalb des technischen harten Grenzbereichs liegt, wird die Skala **282** dynamisch umkalibriert, um auf der Skala **282** den Bereich der vom Bediener eingestellten Grenzwerte plus einen zusätzlichen Abstand von 20% zu zeigen. Anders ausgedrückt wird die Skala geändert, so daß sie nicht mehr bei 2 000 sondern bei 2 200 endet. Nur ein Ende der Skala **282**, an dem die Exkursion stattfindet, wird zurückgesetzt und die anderen graphischen Elemente werden eingestellt, um zu der neuen Skala zu passen. Die Skala **282** stellt sich inkrementell ein, während sich der aktuelle Wert der Prozeßvariablen weiter von dem technischen harten Grenzbereich entfernt. Jedes Mal, wenn der Pfeil innerhalb von 5% des Endes der Skala **282** kommt, wird zum Beispiel der Bereich der Skala um zusätzliche 20% des technischen harten Grenzbereichs eingestellt. Eine solche zusätzliche Umskalierung ist zum Beispiel in **Fig. 7D** gezeigt, während sich der aktuelle Wert, wie durch den Zeiger **297** gezeigt, 2 160 nähert. Der Skalabereich wird dann auf 2 640 erhöht, also um zusätzliche 20% des vorherigen Skalabereichs, der in **Fig. 7C** gezeigt ist.

**[0097]** Mit der Farbcodierung des Zeigers **297** und anderer Elemente der Prozeßvariablenkalenanzeige **280** können Beziehungen zwischen dem aktuellen Wert der Prozeßvariablen und den vom Benutzer definierten Grenzen für die Prozeßvariable wiedergegeben werden. Zum Beispiel kann die graphische Form bzw. der Zeiger **297** eine bestimmte Farbe, z.B. grau, aufweisen, wenn der aktuelle Wert der entsprechenden Prozeßvariablen innerhalb der oberen und unteren technischen harten Grenzwerte liegt (siehe **Fig. 7B**). Weiterhin kann, wenn der aktuelle Wert der entsprechenden Prozeßvariablen in der Nähe eines der beiden technischen Grenzwerte (oberer und unterer) liegt, wie zum Beispiel innerhalb von 1%, dann kann der Zeiger **297** ferner eine andere Farbe, z.B. gelb, aufweisen (siehe **Fig. 7C**). Weiterhin kann, wenn der aktuelle Wert der entsprechenden Prozeßvariablen, der durch den Aktuellwertzeiger **297** dargestellt wird, um mindestens einen bestimmten Prozentsatz außerhalb der technischen harten Ober- und Untergrenze liegt, der Zeiger **297** eine weitere Farbe, z.B. rot, aufweisen (siehe **Fig. 7D**).

**[0098]** Wie in **Fig. 7D** gezeigt, liegt der aktuelle Wert



für die Prozeßvariable außerhalb der durch den Balken **281** dargestellten technischen harten Grenzen. In einem solchen Fall können die technischen physikalischen Grenzen für die Prozeßvariable, wie durch den gestrichelten Balken **299** gezeigt, entlang der Skalenachse **285** dargestellt werden. Weiterhin kann ein solcher Balken **299** eine bestimmte Farbe aufweisen, die den Benutzer auf solche Exkursionen des aktuellen Werts hinweist, oder das graphische Element **299** kann eine einfache Linie oder ein Zeiger auf der Skala **282** sein, wodurch die technischen physikalischen Grenzen für die Prozeßvariable dargestellt werden. Die technischen physikalischen Grenzen werden jedoch auf eine bestimmte Weise entlang der Skalenachse **285** dargestellt.

**[0099]** Zwei weitere beispielhafte Ausführungsformen von Fällen, in denen die Prozeßvariablenkalenanzeige **280** ein verschiedenes Erscheinungsbild aufweisen kann, liegen vor, wenn die Prozeßvariable eine Störungsvariable ist und wenn die technischen harten Grenzwerte nicht definiert sind. Wie zum Beispiel in **Fig. 7E** gezeigt, ist für eine Störungsvariable die Prozeßvariablenkalenanzeige **280** relativ einfach und umfaßt nur eine Skala **282** und einen Zeiger **297** für den aktuellen Wert der Störungsvariablen. Es sollte beachtet werden, daß die Einfachheit der Störungsvariablenkalenanzeige ein Ergebnis des Umstands ist, daß Störungsvariablen nicht steuerbar sind, sondern lediglich der Steuerung Informationen zuführen.

**[0100]** **Fig. 7F** repräsentiert eine beispielhafte Prozeßvariablenkalenanzeige **280**, wenn keine technischen harten Grenzwerte definiert wurden. Wie hier gezeigt, werden solche Grenzen einfach von der Prozeßvariablenkalenanzeige **280** entfernt. Wenn die technischen harten Grenzwerte nicht definiert sind, basiert die Skala **282** auf vom Bediener eingestellten Grenzen. Zum Beispiel kann die Skala 120% des Bereichs der vom Bediener eingestellten Grenzen betragen.

**[0101]** Außerdem sind andere beispielhafte Ansichten der Prozeßvariablenkalenanzeige **280** möglich. Wenn zum Beispiel ein gemeldeter Wert einer Prozeßvariablen nicht innerhalb des technischen Ober- oder Untergrenzbereichs liegt oder irrationale Daten empfangen werden, dann kann die Hintergrundfarbe zu einem Hellgelb wechseln und/oder ein Pfeil kann im Schatten-Modus gezeigt werden und sich bei dem letzten bekannten ordnungsgemäßen Wert befinden. Mit dem Schattenpfeil wird angezeigt, daß der Wert der Prozeßvariablen unbestimmt ist. Der Schattenpfeil könnte einen Analysierewert repräsentieren, der in der aktuellen Steuerungsiteration nicht aktualisiert wurde, oder den letzten bekannten ordnungsgemäßen Wert für eine Variable, die ihr Signal verloren hat.

**[0102]** Wie in **Fig. 7G** gezeigt, überlappen sich die schraffierten Regionen für das Delta-Soft-Obergrenzenband und das Delta-Soft-Untergrenzenband **295**, **296**, wenn das Delta-Soft-Obergrenzenband plus das Delta-Soft-Untergrenzenband größer als der Bereich zwischen dem vom Bediener eingestellten Unter- und Obergrenzwert ist. Wenn es dazu kommt, treffen sich die beiden schraffierten Bänder an einer Linie, die bei (vom Bediener eingestellter Untergrenzwert) +  $\frac{[(\text{Delta-Soft-Untergrenzenband}) + (\text{Delta-Soft-Obergrenzenband})]}{2}$  positioniert ist. Wenn es zu einer solchen Delta-Soft-Überlappung kommt, sollte sich der durch den Zeiger **207** dargestellte aktuelle Wert im Schnitt der schraffierten Regionen, d.h. an einem Pseudo-Sollwert, optimieren. Folglich können das Delta-Soft-Ober- und -Untergrenzenband so eingestellt werden, daß eine Prozeßvariable bereitgestellt wird, die auf einen Ruhewert, d.h. einen Pseudo-Sollwert, optimiert ist, wie in **Fig. 7G** gezeigt. Es versteht sich, daß der Bereich des Delta-Soft-Obergrenzenbands im Vergleich zu dem Delta-Soft-Untergrenzenband bestimmen wird, wo sich der aktuelle Wert in der Delta-Soft-Überlappung optimieren wird. Wenn zum Beispiel das Delta-Soft-Obergrenzenband zweimal so groß wie das Delta-Soft-Untergrenzenband ist, optimiert sich der aktuelle Wert an einer Position, die zweidrittel über der vom Bediener eingestellten Untergrenze in den schraffierten Regionen liegt, die eine Delta-Soft-Überlappung darstellen, wie durch die obige Berechnung angegeben, d.h. (vom Bediener eingestellter Untergrenzwert) +  $\frac{[(\text{Delta-Soft-Untergrenzenband}) + (\text{Delta-Soft-Obergrenzenband})]}{3}$ .

**[0103]** Benutzer können die Grenzen, zu denen sie Zugang haben, auf vielerlei Weise manipulieren. Zum Beispiel sind hier mindestens zwei dargestellt. Benutzer können eine traditionelle Texteingabe verwenden, wie zum Beispiel in bezug auf die Textfelder **301–302** und **303–304**, die rechts der Prozeßvariablenkalenanzeige **280** angezeigt werden. Als Alternative können sie die Grenz-Flags **292**, **293** verwenden, um die fraglichen Grenzen direkt zu manipulieren. Dies könnte zum Beispiel durch Anklicken des Grenz-Flags und Herüberziehen dieses zu dem neuen Wert erzielt werden. Wenn der Benutzer die beiden Bediener-Grenz-Flags auf einen selben Wert zieht, erscheint eine einzige schwarze Linie, wobei die beiden Grenz-Flags sichtbar sind. Dadurch wird dann eine Sollwertsteuerung angezeigt. Vorzugsweise wird dem Benutzer nicht erlaubt, das vom Bediener eingestellte Untergrenzen-Flag **293** auf einen Wert zu ziehen, der größer als das vom Bediener eingestellte Obergrenzen-Flag **292** ist oder umgekehrt. Ungeachtet der zum Vornehmen einer Änderung verwendeten Technik werden die Textfelder rechts der Prozeßvariablenkalenanzeige **280** blau, bis die Enter- oder Restore-Schaltfläche der Schaltflächenschnittstelle **258** betätigt wird, um so entweder die

Änderung der Grenzen zu implementieren oder zuvor angezeigte Grenzen wiederherzustellen.

**[0104]** Mit der Prozeßvariablenskalananzeige **280** werden einer bestimmten Prozeßvariablen, vorzugsweise in einem kontinuierlichen Mehrvariablenprozeß, zugeordnete Parameter überwacht und manipuliert. Durch Integration der Darstellung relevanter Informationen, z.B. der Balkenskalananzeige, und die Möglichkeit, steuerbare Parameter zu ändern, kann ein Benutzer schwierige Steueränderungen vornehmen.

**[0105]** Die Mehrvariablenprozeßmatrixanzeigenregion **200** enthält die Mehrvariablenprozeßmatrixanzeige **201** und andere Anzeigen, wie zum Beispiel Prozeßvariableneinzelheiten, wie mit Bezug auf **Fig. 11** gezeigt und weiter beschrieben wird. Durch Anklicken des Matrix-Reiters in dem Reiterteil **211** der Region **200** wird zum Beispiel die Matrixanzeige **201** angezeigt, während durch Anklicken oder Auswählen des Prozeßvariablendetail-Reiters des Reiterteils **211** die Prozeßvariablendetailanzeige **230** (siehe **Fig. 11**) angezeigt wird.

**[0106]** Die Mehrvariablenprozeßmatrixanzeige **201** enthält im allgemeinen ein Matrix-Array von Informationen **218**, darunter Informationen, die mindestens eine Beziehung zwischen einer oder mehreren gesteuerten Variablen und einer oder mehreren manipulierten Variablen oder Informationen, die eine oder mehrere Kenngrößen einer oder mehrerer Prozeßvariablen beschreiben, beschreiben. Vorzugsweise werden eine oder mehrere gesteuerte Variablen **204** entlang einer ersten Achse des Matrix-Arrays **218** und eine oder mehrere manipulierte Variablen **206** entlang einer zweiten Achse des Matrix-Arrays **218** angezeigt. Wie in **Fig. 9** gezeigt, können weiterhin auch Störungsvariablen **208** entlang derselben Achse mit den manipulierten Variablen **206** angezeigt werden.

**[0107]** Die gesteuerten Variablen **204** und die manipulierten Variablen **206** und die Störungsvariablen **208** sind eine Menge von Text-Labels, die entlang den Achsen der Matrix **218** angezeigt werden. Vorzugsweise enthält das Matrix-Array von Informationen **218** jegliche Informationen, die eine Beziehung zwischen den gesteuerten Variablen und den manipulierten Variablen **206** beschreiben, wie zum Beispiel Verstärkungswerte, Verstärkungsverzögerungskurven, Verzögerungswerte, Beeinflussungsrichtung usw. Besonders bevorzugt enthalten solche Informationen Verstärkungswerte **408**. Eine Verstärkungswertematrix, die die Beziehung zwischen gesteuerten Variablen **204** und manipulierten Variablen **206** zeigt, wurde zumindest teilweise in vorherigen Anzeigen zur Verwendung mit Steuerungen verwendet. Wie zum Beispiel auf Seite 93 der Honeywell-Benutzeranleitung beschrieben wird, auf die hiermit voll-

ständig Bezug genommen wird, wird ein Matrix-Array, das Verstärkungswerte für eine Tabelle manipulierter Variablen, gesteuerter Variablen und Störungsvariablen enthält, auf einem Anzeigeschirmbild gezeigt.

**[0108]** Die in **Fig. 9** gezeigte Matrixanzeige **201** verwendet die bekannte Verstärkungsmatrix. Ein solches Verstärkungsmatrix-Array **218** ist zum Beispiel eine Tabelle stationärer Verstärkungswerte **408** zwischen manipulierten Variablen und Störungsvariablen in einer spaltenweisen Anordnung relativ zu jeder der zeilenweise angeordneten gesteuerten Variablen. Die Verstärkungswerte **408** weisen sowohl einen Betrag als auch ein Vorzeichen auf. Um die Komplexität der Matrixinformationen zu verringern, können die Verstärkungswerte **408** durch Symbole  $-/0/+$  ersetzt werden, um den Richtungseinfluß zu bezeichnen, den eine manipulierte oder Störungsvariable auf eine gesteuerte Variable aufweist, ohne Verstärkungsbetrag zu spezifizieren. Wenn die Anzahl von Spalte oder Zeilen für eine große Anzahl von Prozeßvariablen den verfügbaren Anzeigeplatz übersteigt, können die Rollbalken **216** und **214** verwendet werden, um Zugang zu allen Prozeßvariablen bereitzustellen.

**[0109]** Obwohl eine Verstärkungsmatrix bekannt ist, liefert die vorliegende Erfindung jedoch zusätzliche oder ergänzende Elemente und/oder Techniken in Kombination mit der bekannten Verstärkungsmatrix, um die Werkzeuge für einen Benutzer zur effektiven Benutzung der Verstärkungsmatrix bereitzustellen. Wie zum Beispiel in **Fig. 9** gezeigt, können ausgewählte Prozeßvariablen in der Matrixanzeige **201** mit einem gefärbten Rechteck, das um die gesamte ausgewählte Spalte oder Zeile herum gezeichnet wird, hervorgehoben werden. Eine solche ausgewählte Prozeßvariable ist zum Beispiel durch ein Rechteck **406** gezeigt, das um "C3 yield" und seine zugeordnete Zeile herum konstruiert ist. Durch eine solche hervorgehobene Zeile kann sich ein Benutzer auf eine bestimmte Prozeßvariable konzentrieren und, wie unten ausführlicher beschrieben wird, ausführlichere Informationen bezüglich der Prozeßvariablen können in der Region **250** angezeigt werden.

**[0110]** Ein weiteres ergänzendes graphisches Werkzeug, das mit der herkömmlichen Verstärkungsmatrix verwendet wird, ist ferner die Verwendung einer Farbe als visueller Hinweis. Zum Beispiel werden unter normalen Bedingungen die Verstärkungswerte in schwarzem Text auf einem weißen Hintergrund angezeigt. Die Textfarbe und die Hintergrundfarbe können jedoch verändert werden, um als visuelle Hinweise zu wirken. Zum Beispiel zeigt ein ausgegrauter Text in einer Spalte oder Zeile, wie zum Beispiel durch die Zeilen **403**, **405** gezeigt, daß eine Prozeßvariable aus der Steuerung ausgekoppelt wurde. Ferner kann eine ausgegraute Zeile oder Spalte anzeigen, daß sich eine Prozeßvariable in einem Zustand

befindet, der die Steuerung einen Freiheitsgrad kostet, z.B. wenn die gesteuerte Variable auf Sollwert oder bis herauf zu einem Grenzwert, wie zum Beispiel in den Zeilen **402**, **404** und in der Spalte **400** gezeigt, beschränkt wird. Dennoch könnten ferner zum Beispiel Schirmbilder mit Spaltenhervorhebung oder Zeilenhervorhebung aus einem Pulldown-Menü in dem Werkzeugbalken ausgewählt werden. Zum Beispiel ist eine Option, eine ausgegraute Zeile oder Spalte anzuzeigen, um eine Variable anzuzeigen, die sich in einem Zustand befindet, der nicht Teil der Endlösungsgleichung ist, z.B. eine gesteuerte Variable, die sich nicht auf einer Einschränkung befindet, oder eine manipulierte Variable, die sich auf einer Einschränkung befindet. Ferner besteht eine alternative Option darin, die Zeilen und Spalten, die Variablen zugeordnet sind, an denen der Benutzer Änderungen vornehmen kann, um die Integrität der Steuerung zu verbessern (z.B. eine manipulierte Variable auf einer vom Bediener eingestellten Grenze, die innerhalb der technischen harten Grenzen liegt, oder eine gesteuerte Variable, die auf einen Sollwert eingeschränkt wird), hervorzuheben. Zusätzlich können weitere Anmerkungs-techniken hinzugefügt oder aktuelle Techniken modifiziert werden, um Benutzeranwendungen zu dienen.

**[0111]** Ferner und bevorzugt ist ein ergänzendes graphisches Werkzeug, das einen Teil der Mehrvariablenmatrixanzeige **201** bildet, die Zusammenfassungen-Skalenanzeige **210**. Die Zusammenfassungen-Skalenanzeige **210** enthält mehrere graphische Einrichtungen **212**. Jede graphische Einrichtung **212** repräsentiert mindestens einen Zustand einer entsprechenden Prozeßvariablen. Zum Beispiel kann die graphische Einrichtung **212** eine beliebige graphische Darstellung des Zustands des aktuellen Werts für die durch sie dargestellte Prozeßvariable sein. Zum Beispiel kann es sich weiterhin bei der graphischen Einrichtung **212** sogar um Textinformationen in bezug auf den aktuellen Wert einer bestimmten Prozeßvariablen in Kombination mit einer oder mehreren Mengen von der Prozeßvariablen zugeordneten Grenzwerten handeln.

**[0112]** Vorzugsweise enthält die Zusammenfassungen-Skalenanzeige **210** eine graphische Einrichtung **212** für jede in der Matrixanzeige **201** angezeigte Prozeßvariable. Vorzugsweise wird die graphische Einrichtung in der Nähe der Prozeßvariablen positioniert, der sie entspricht, z.B. an einer Position, daß ein Benutzer sowohl den Zustand der durch die graphische Einrichtung **212** gezeigten Prozeßvariablen als auch die Verstärkungswerte in dem Matrix-Array **218** visuell bewerten kann. Besonders bevorzugt befindet sich die graphische Einrichtung **212** direkt neben der Textauflistung der Prozeßvariablen, z.B. zwischen dem Matrix-Array **218** und der Auflistung der Prozeßvariablen. Besonders bevorzugt ist jede der graphischen Einrichtungen **212** eine Zusammenfas-

sungs- oder verallgemeinerte graphische Einrichtung, wie unten ausführlicher mit Bezug auf **Fig. 10** beschrieben werden wird.

**[0113]** Die Matrixanzeige **201** enthält ferner einen Freiheitsgradanzeiger **213**. Der Freiheitsgradanzeiger **213**, der sich in der oberen linken Ecke der Matrixanzeigeschnittstelle **201** befindet, liefert eine Anzeige der Integrität der Steuerung. Der Freiheitsgradanzeiger **213** enthält eine diagonale Linie, die sich von der Verstärkungsmatrix **218** aus erstreckt, eine kleine Box am Ende dieser Linie und eine Ziffer auf jeder Seite der Linie. Die Ziffer über der Linie (die immer als ein positiver Wert ausgedrückt wird) ist ein Zählwert der Anzahl manipulierter Variablen in der Steuerung, die sich nicht auf einer Einschränkung oder Grenze befinden, d.h. manipulierte Variablen, die zur Steuerung gesteuerter Variablen verwendet werden können. Die Ziffer unter der Linie (die immer als ein negativer Wert ausgedrückt wird) ist ein Zählwert der Anzahl gesteuerter Variablen, die auf Sollwerte eingeschränkt sind oder die auf oder außerhalb von Einschränkungen liegen, d.h. gesteuerte Variablen, die von der Steuerung **14** behandelt werden müssen. Der Wert in der Box repräsentiert die Summe dieses positiven und negativen Werts und wird als der Freiheitsgradanzeigerwert bezeichnet. Solange die Summe größer oder gleich Null ist, kann die Steuerung die gesteuerten Variablen auf ihren Sollwerten oder innerhalb ihrer Bereiche halten. Wenn die Summe ein negativer Wert wird, wird vorzugsweise die Hintergrundfarbe der Box auf eine bestimmte Farbe geschaltet, z.B. lila, um anzuzeigen, daß ein wichtiger Übergang stattgefunden hat.

**[0114]** Die Möglichkeit, genaue Freiheitsgradberechnungen durchzuführen, hängt von der Identifikation stationärer Verstärkungskoeffizienten zwischen jeder manipulierten Variablen und Störungsvariablen und jeder gesteuerten Variablen in der Steuerung ab. Dies wird als eine "volle Matrix" bezeichnet. Eine volle Matrix wird für die effiziente Steuerung des Prozesses nicht benötigt und wird manchmal aus Gründen der Kosten- und Rechenkomplexität nicht bestimmt. Die zur Erzeugung eines Freiheitsgradanzeigeelements erforderlichen Daten sind deshalb nicht in allen Instantiierungen der Steuerung verfügbar.

**[0115]** Ein zusätzliches Merkmal der Matrixanzeige **201** ist die Möglichkeit, die Matrixanzeige **201** als eine Tafel zu benutzen, auf der auf andere Informationen zugegriffen werden kann. Da alle Prozeßvariablen in der Steuerung **14** in der Matrixanzeige **201** repräsentiert werden, kann man die Matrixanzeige **201** zum Beispiel als ein Navigationswerkzeug im Kontext einer größeren Schnittstelle benutzen. Die Zeilen und Spalten können mit ausführlicheren Informationen für Prozeßvariablen (z.B. in anderen Anzeigeregionen) verknüpft werden, auf die durch einen Auswahlmechanismus, wie zum Beispiel das Doppelklicken ei-

ner Maus, zugegriffen werden kann. Zum Beispiel führt das Auswählen einer der Prozeßvariablen **204**, **206**, **208** dazu, daß ausführliche Informationen in der Prozeßvariablendetail- und Änderungsansichtsanzeigeschnittstellenregion **250** gezeigt werden, die auf demselben Schirmbild mit der Matrixanzeige **201** gezeigt ist.

**[0116]** Zusätzlich können die angezeigten Prozeßvariablen als Funktion einer oder mehrerer Kenngrößen, z.B. Kenngröße der Prozeßvariablen, wie zum Beispiel Nähe von Grenzen, Optimierungskenngrößen usw. oder Kenngrößen der Beziehungen zwischen Prozeßvariablen, wie zum Beispiel stärkste Verstärkungsbeziehung zwischen manipulierten Variablen und gesteuerten Variablen, positive Verstärkungsbeziehungen usw., gefiltert oder sortiert werden. Bei Sortierung als Funktion der einen oder mehreren Kenngrößen werden die angezeigten Prozeßvariablen in der Matrixanzeige umgeordnet, z.B. werden bestimmte Variablen an der obersten Position der aufgelisteten Variablen angezeigt. Bei Filterung werden nur bestimmte der Prozeßvariablen, die Filterkriterien erfüllen, in der Matrixanzeige angezeigt.

**[0117]** Ferner kann die Matrixanzeige **201** zum Präsentieren von Informationen über unabhängig ablaufende Rechenalgorithmen dienen. Zum Beispiel kann eine Empfindlichkeitsanalyse bestimmen, wie weit eine variable Prozeßgrenze gelockert werden kann, bevor eine Änderung der anderen Prozeßvariablenwerte stattfindet. Diese Art von Informationen kann auf die Matrixanzeige **201** abgebildet werden, da alle Prozeßvariablen repräsentiert sind und die Verstärkungen wichtige Beiträge zu dem Algorithmus selbst liefern. Zusammengefaßt, liefert die Matrixanzeige **201** einen angemessenen Hintergrund für die Präsentation nützlicher Informationen für Benutzer.

**[0118]** Weiterhin enthält die Matrixanzeige **201** einen Rollbalken **421** oder ein beliebiges anderes manipulierbares Element, mit dem der Zeitrahmen verändert werden kann, der für die Matrixanzeige **201** und die Zusammenfassungs-Graphikanzeige **210** gilt. Statt daß aktuelle Werte durch jede der graphischen Einrichtungen **212** repräsentiert werden, könnte zum Beispiel ein Wert für ein vergangenes oder zukünftiges Datum repräsentiert werden.

**[0119]** Mit der Matrixanzeige **201** kann man den stationären Effekt vorhersagen, den eine Änderung einer manipulierten Variablen **206** oder einer Störungsvariablen **208** auf eine gesteuerte Variable **204** haben wird. Solche Informationen können Benutzern dabei helfen, zu verstehen, wodurch eine beobachtete Verhaltensänderung in einer gesteuerten Variablen verursacht wird, oder die Auswirkung vorherzusagen, die eine geplante Manipulation auf eine gesteuerte Variable haben wird. Um solche Nützlichkeit bereitzustellen, werden die graphischen Einrichtungen **212**

vorzugsweise in der Nähe ihrer entsprechenden Prozeßvariablen präsentiert.

**[0120]** Diese Zusammenfassungs-Graphikeinrichtungen **212**, die bei einer Ausführungsform als Wasserwagen bezeichnet werden, sind einfache graphische Einrichtungen, die den Zustand einer Prozeßvariablen im Kontext ihrer Steuerparameter und wahlweise ihrer Optimierungsparameter beschreiben. Eine solche einfache graphische Einrichtung **212** soll hauptsächlich einem Benutzer einen allgemeinen Eindruck der Beziehung zwischen dem aktuellen Wert einer Prozeßvariablen und einer oder mehreren vom Benutzer definierten Grenzen, z.B. den vom Bediener eingestellten Grenzen und den technischen harten Grenzen für eine solche Prozeßvariable, geben. Durch die einfache Präsentation solcher Informationen wird dem Benutzer zusammenfassend gezeigt, wo er Raum für die Manipulation von Grenzen hat, um eine auf Einschränkungen basierende Steuerung **14** zu unterstützen, und der Benutzer kann den aktuellen Status der Prozeßvariablen in Beziehung auf eingestellte Grenzen bewerten. Weiterhin kann man mit solchen einfachen graphischen Einrichtungen **212** den aktuellen Wert einer Prozeßvariablen im Kontext ihres Optimierungsziels zeigen. Dadurch kann der Benutzer bewerten, wie gut dieses Ziel durch eine bestimmte Prozeßvariable erreicht wird.

**[0121]** Fig. 10 zeigt eine beispielhafte Menge von Zusammenfassungs-Graphikeinrichtungen **452**. Die Menge von Zusammenfassungs-Graphikeinrichtungen **452**, z.B. Wasserwagen, veranschaulicht verschiedene Zustände für eine Prozeßvariable. Im allgemeinen enthält jede der Zusammenfassungs-Graphikeinrichtungen **452** eine Achse **501** und mindestens ein Paar von Ober- und Untergrenzelementen (z.B. **500**, **502**), die auf der Skalenachse repräsentativ für vom Benutzer definierte Prozeßgrenzwerte für eine entsprechende Prozeßvariable angezeigt werden. Eine graphische Form **504** (z.B. ein kleiner hohler Kreis im Fall einer Zusammenfassungs-Graphikeinrichtung des Wasserwaagentyps) dient zur Darstellung eines Zustands, z.B. des aktuellen Werts, der Prozeßvariablen auf der Skalenachse **501** relativ zu den benutzerdefinierten Prozeßgrenzwerten für die Prozeßvariable, d.h. die graphische Form **504** wird auf der Achse **501** an einer Position gezeigt, die den aktuellen Wert der Prozeßvariablen anzeigt. Vorzugsweise wird der aktuelle Wert der Prozeßvariablen repräsentiert. Es können jedoch auch zusätzlich zu dem aktuellen Wert oder anstelle des aktuellen Werts vorhergesagte zukünftige Werte und/oder Vorgeschichtewerte gezeigt werden.

**[0122]** Diese sehr simplistische Form der Darstellung des Zustands, z.B. des aktuellen Werts, einer Prozeßvariablen in bezug auf eine oder mehrere Mengen von Grenzen ermöglicht dem Benutzer eine schnelle Bewertung einer bestimmten Prozeßvariab-

len. Ferner kann zusätzlich zu der den aktuellen Wert der Prozeßvariablen darstellenden graphischen Form ein graphisches Symbol, wie zum Beispiel das in den beispielhaften Zusammenfassungs-Graphikeinrichtungen **452h**, **452i** und **452j** gezeigte, zur Darstellung von Optimierungsinformationen verwendet werden, die der Prozeßvariablen zugeordnet sind, die der graphischen Einrichtung entspricht.

**[0123]** Die beispielhaften Zusammenfassungs-Graphikeinrichtungen **452a-j** sollen ausführlicher beschrieben werden, um die durch solche beispielhafte Ausführungsformen dargestellten Zustände zu veranschaulichen. Die Zusammenfassungs-Graphikeinrichtung **452a** repräsentiert einen normalen Zustand, wobei vom Bediener eingestellte Grenzen **502** und technische harte Grenzen **500** gezeigt sind. Zum Beispiel können solche technischen harten Grenzen und vom Bediener eingestellte Grenzen **502** durch sich orthogonal zu der Skalenachse **501** erstreckende parallele Linien dargestellt werden. Für Fachleute ist jedoch erkennbar, daß solche vom Bediener eingestellten Grenzen **502** und technischen harten Grenzen **500** durch ein beliebiges graphisches Element dargestellt werden können, dessen Beschaffenheit simplistisch ist, um eine effektive Benutzerbewertung zu ermöglichen. Anstelle paralleler Linien können zum Beispiel andere graphische Elemente, wie zum Beispiel Dreiecke, Kurven, Zeiger usw. verwendet werden, um solche Grenzen darzustellen. Die graphische Form **504** ist an einer Position auf der Achse **501** gezeigt, die den aktuellen Wert der Prozeßvariablen repräsentiert, der die graphische Einrichtung entspricht.

**[0124]** Die Zusammenfassungs-Graphikeinrichtung **452b** repräsentiert einen normalen Zustand, wobei vom Bediener eingestellte Grenzen auf die technischen harten Grenzen **500** eingestellt sind. Folglich erscheinen die parallelen Linien im allgemeinen mit doppelter Dicke in den äußeren Regionen der Zusammenfassungs-Graphikeinrichtung entlang der Skalenachse **501**. Die graphische Form **504** ist an einer Position auf der Achse **501** gezeigt, die den aktuellen Wert der Prozeßvariablen repräsentiert, der die graphische Einrichtung entspricht, z.B. liegt in dieser Darstellung der aktuelle Wert in der Mitte der technischen harten Grenzen **500** und der vom Bediener eingestellten Grenzen **502**.

**[0125]** Die Zusammenfassungs-Graphikeinrichtung **452c** repräsentiert einen normalen Zustand für den aktuellen Wert, ohne daß technische harte Grenzen definiert sind. Dementsprechend ist nur eine Menge paralleler Linien **502**, die die vom Bediener eingestellten Grenzen darstellen, in der Zusammenfassungs-Graphikeinrichtung **452c** gezeigt. Die graphische Form **504** ist an einer Position auf der Achse **501** gezeigt, die den aktuellen Wert der Prozeßvariablen repräsentiert, der die graphische Einrichtung

entspricht, z.B. liegt in dieser Darstellung der aktuelle Wert in der Mitte der technischen harten Grenzen **500** und der vom Bediener eingestellten Grenzen **502**.

**[0126]** Die Zusammenfassungs-Graphikeinrichtung **452d** repräsentiert einen aktuellen Wert innerhalb von 0,1% einer der beiden vom Bediener eingestellten Grenzen **502**. Bei einer solchen Konfiguration befindet sich die graphische Form **504** direkt neben einer der parallelen Linien, die die vom Bediener eingestellten Grenzen repräsentieren.

**[0127]** Die Zusammenfassungs-Graphikeinrichtung **452e** repräsentiert einen aktuellen Wert für die Prozeßvariable, der um mehr als 1% außerhalb der vom Bediener eingestellten Grenzen **502**, aber innerhalb der technischen harten Grenzen **500** liegt. Dementsprechend befindet sich die graphische Form **504** zwischen einer vom Bediener eingestellten Grenze **502** und einer technischen harten Grenze **500**.

**[0128]** Die Zusammenfassungs-Graphikeinrichtung **452f** repräsentiert einen normalen aktuellen Wert für die Prozeßvariable, der auf einen Sollwert eingeschränkt ist. Bei einer solchen Konfiguration wird die graphische Form **504** zwischen die technischen harten Grenzen **500** und auf eine einzige tangential Linie mit Flügelspitzen **506**, die gezeichnet sind, um den Ort des Sollwerts zu notieren, gesetzt. Es versteht sich, daß ein beliebiges zusätzliches graphisches Symbol mit der graphischen Form **504** verwendet werden kann, um den Ort eines Sollwerts zu vermerken. Zum Beispiel kann im Gegensatz zu der einzigen tangentialen Linie mit Flügelspitzen **506** ein auf die Skalenachse **501** gerichteter Zeiger verwendet werden.

**[0129]** Die Zusammenfassungs-Graphikeinrichtung **452g** repräsentiert eine Prozeßvariable in einem aufgezogenen Zustand. Anders ausgedrückt liegen andere Prozeßvariablen, die Grenzen aufweisen, die sich auf diese bestimmte Prozeßvariable auswirken, an ihren Grenzen und diese bestimmte Variable ist deshalb aufgezogen. Eine Steuerung **14** kann verwendet werden, um einen solchen aufgezogenen Zustand der Prozeßvariablen zu erkennen, um so der graphischen Schnittstelle eine Anzeige eines solchen Auftretens zu liefern. Wie in **Fig. 10** gezeigt, wird der aufgezogene Zustand durch eine gestrichelte Linie **508** neben der graphischen Form **504** dargestellt. Die graphische Form **504** ist an einer Position auf der Achse **501** gezeigt, die den aktuellen Wert der Prozeßvariablen repräsentiert, der die graphische Einrichtung entspricht, z.B. liegt bei dieser Darstellung der aktuelle Wert zwischen den technischen harten Grenzen **500** und den vom Bediener eingestellten Grenzen **502**. Wenn ein aufgezogener Zustand angezeigt wird, wird die gestrichelte Linie neben der graphischen Form in der Richtung gezeichnet, in der

sich die Variable nicht bewegen kann. Dieser Zustand zeigt an, daß, obwohl die Prozeßvariable scheinbar Platz für Bewegung hat, sie sich nicht bewegen wird, da sie aufgezogen ist (z.B. hat die signalabwärtsbefindliche Steuereinrichtung eine physikalische Grenze erreicht, obwohl die gesteuerte Variable innerhalb akzeptabler Grenzen liegt).

**[0130]** Die Zusammenfassungs-Graphikeinrichtungen **452h**, **452i** und **452j** enthalten jeweils nicht nur Zustände, die den aktuellen Wert der Prozeßvariablen relativ zu einer oder mehreren Mengen von benutzerdefinierten Grenzen repräsentieren, sondern auch ein graphisches Symbol, das Optimierungsinformationen für die bestimmte Prozeßvariable repräsentiert. Die Zusammenfassungs-Graphikeinrichtung **452h** enthält technische harte Grenzen **500**, vom Bediener eingestellte Grenzen **502** und einen Zeiger oder Pfeil **510**, der auf die Obergrenzen gerichtet ist, wodurch eine Prozeßvariable angezeigt wird, die maximiert werden soll, oder anders ausgedrückt, eine Prozeßvariable, die einen negativen linearen Koeffizienten aufweist.

**[0131]** Die Zusammenfassungs-Graphikeinrichtung **452i** ist der Zusammenfassungs-Graphikeinrichtung **452h** sehr ähnlich, mit der Ausnahme, daß die Prozeßvariable minimiert werden soll, wie durch das graphische Symbol eines Pfeils oder einer Zeigeeinrichtung **512** in Richtung der technischen harten Untergrenze angezeigt wird, oder anders ausgedrückt, repräsentativ für eine Prozeßvariable mit einem positiven linearen Koeffizienten.

**[0132]** Die Zusammenfassungs-Graphikeinrichtung **452j** enthält eine graphische Form **504** und ferner mit einem graphischen Symbol **514**, z.B. in diesem Fall Kreuzschraffur, wodurch angezeigt wird, daß diese bestimmte Prozeßvariable einen von Null verschiedenen quadratischen Koeffizienten aufweist, wodurch angezeigt wird, daß der Optimierer einen Ruhewert für die Prozeßvariable sucht. Die graphische Form **504** ist an einer Position auf der Achse **501** gezeigt, die den aktuellen Wert der Prozeßvariablen repräsentiert, der die graphische Einrichtung entspricht, z.B. befindet sich der aktuelle Wert in dieser Darstellung in der Mitte der technischen harten Grenzen **500** und der vom Bediener eingestellten Grenzen **502**.

**[0133]** Die Endpunkte der Achse **501** für jede der graphischen Einrichtungen **452** sind fixiert, und sie geben einen von zwei Skala-Bereichen wieder. Wenn technische harte Grenzwerte spezifiziert sind, wird der Skala-Bereich auf den Bereich dieser Werte normiert. Wenn die technischen harten Grenzwerte nicht verfügbar sind, wird der Skala-Bereich so gesetzt, daß die vom Bediener gesetzte Ober- bzw. Untergrenze  $\pm 20\%$  wiedergegeben wird. In jedem Fall bezeichnen vorzugsweise orthogonal zu der Achse

gezeichnete Grenzlinien die vom Bediener eingestellten Grenzwerte. Im allgemeinen werden technische harte Grenzen als dunkelgraue orthogonale Linien gezeichnet, die Endlinien überlagert werden, die sich über mehrere graphische Einrichtungen hinweg erstrecken können, wie durch die Linien **540** und **541** gezeigt. Vorzugsweise sind die Linien, die die vom Bediener eingestellten Grenzen repräsentieren, kürzer als die Linien, die die technischen harten Grenzen repräsentieren.

**[0134]** Für Fachleute ist erkennbar, daß im Gegensatz zu einem kleinen hohlen Kreis **504**, der in diesem Veranschaulichungsbeispiel präsentiert wird, jede beliebige graphische Form verwendet werden kann, um den aktuellen Wert der Prozeßvariablen im Kontext der normierten Bereiche, die im Kontext der benutzerdefinierten Grenzen definiert sind, zu zeigen. Ferner kann in Verbindung mit der graphischen Form eine Farbcodierung verwendet werden, genauso wie es bei den vorherigen Ausführungsbeispielen gezeigt wurde. Zum Beispiel kann mit einer Farbe (z.B. grau) eines Satzes Farben gezeigt werden, daß der aktuelle Wert der Prozeßvariablen zwischen vom Bediener eingestellten Grenzen liegt (siehe die Zusammenfassungs-Graphikeinrichtung **452a**), eine andere Farbe (z.B. gelb) kann für die graphische Form verwendet werden, wenn der aktuelle Wert für die Prozeßvariable in der Nähe der vom Bediener eingestellten Grenzen liegt (siehe die Zusammenfassungs-Graphikeinrichtung **452d**) und eine weitere Farbe (z.B. rot) kann verwendet werden, wenn der aktuelle Wert der Prozeßvariablen die vom Bediener eingestellten Grenzen übersteigt (siehe die Zusammenfassungs-Graphikeinrichtung **452e**).

**[0135]** Die Verwendung der Zusammenfassungs-Graphikeinrichtungen **452** ermöglicht eine Überwachung des Verhaltens einer Prozeßvariablen im Kontext ihrer Steuergrenzen und sogar ihrer Optimierungsziele. Ein Benutzer kann dies durchführen, indem er die Position der graphischen Form, z.B. Blase, in bezug auf ihre Grenzen, z.B. technische harte Grenzen oder vom Bediener eingestellte Grenzen, wahrnimmt. Zusätzlich kann der Benutzer die Beziehung zwischen den beiden Mengen von Grenzen wahrnehmen, indem er den Raum zwischen dem jeweiligen oberen und unteren Wert betrachtet. Ferner kann der Benutzer unter Verwendung von Optimierungswarteschlangen und der Aktuellwertanzeige bewerten, wie gut die Variable optimiert wird, z.B. Bestimmen, ob sich die Variable, wenn ihre Optimierungsziele gegeben sind, wie erwartet verhält. Wiederum können Diskrepanzen zwischen dem erwarteten und dem beobachteten Verhalten den Benutzer dazu führen, weitere Untersuchungen anzustellen.

**[0136]** Wie durch das veranschaulichende Diagramm von **Fig. 11** gezeigt, können verschiedene andere Matrix-Arrays von Informationen in bezug auf

mehrere Prozeßvariablen angezeigt werden. Zum Beispiel ist in **Fig. 11** eine Matrix-Array-Anzeige **230** von Prozeßvariablenanzeigen **280** für verschiedene manipulierte Variablen, gesteuerte Variablen und Störungsvariablen gezeigt, wenn ein Benutzer den Reiter "PV Detail" aus der in **Fig. 9** gezeigten Reiterregion **211** auswählt. Ähnlich kann nach Auswahl eines "Trend"-Reiters der Reiterregion **211** (siehe **Fig. 9**) eine Trendansicht mit mehreren Trendvorgeschichte-/prädiktionskurven, wie zum Beispiel den in **Fig. 6** gezeigten, z.B. die Kurven **252**, parallel in einer Anzeigensicht in Form eines Arrays angeordnet werden. Ähnlich kann nach Auswahl eines "Parameter"-Reiters in der Reiterregion **211** (siehe **Fig. 9**) eine Ansicht von Detail- und Abstimmschirmbildern bereitstellen.

### Patentansprüche

1. Graphische Benutzeranzeige (**58**), die so angeordnet ist, daß sie bei der Benutzung einem Benutzer Echtzeit-Prozeßinformationen für einen durch eine Prozeßanlage (**12**), die unter der Kontrolle einer oder mehrerer Prozeßvariablen betreibbar ist, durchgeführten Prozeß liefert, wobei einer oder mehreren der Prozeßvariablen obere und untere Prozeßgrenzwerte zugeordnet sind, wobei die graphische Benutzeranzeige Mittel zum Anzeigen einer oder mehrerer graphischer Einrichtungen umfaßt, wobei jede graphische Einrichtung einer Prozeßvariablen entspricht, wobei das Mittel zum Anzeigen mindestens einer graphischen Einrichtung für eine entsprechende Prozeßvariable folgendes enthält:  
 ein Mittel zum Anzeigen einer Skalenachse (**285**);  
 ein Mittel zum Anzeigen mindestens eines Paares von oberen (**286, 290**) und unteren (**288, 291**) Grenzelementen, die oberen und unteren Prozeßgrenzwerten für die entsprechende Prozeßvariable entsprechen, auf der Skalenachse;  
 ein Mittel zum Anzeigen einer graphischen Form (**297**), die einen Wert der entsprechenden Prozeßvariablen relativ zu den Prozeßgrenzwerten darstellt, entlang der Skalenachse,  
**dadurch gekennzeichnet**, daß  
 das Mittel zum Anzeigen mindestens eines Paares von oberen und unteren Grenzelementen ein Mittel zum Anzeigen eines ersten Paares von oberen (**286**) und unteren (**288**) Grenzelementen, die technische harte obere und untere Grenzwerte für die entsprechende Prozeßvariable darstellen, die einen Bereich definieren, in dem vom Bediener gesetzte obere und untere Grenzwerte gesetzt werden, und ein Mittel zum Anzeigen eines zweiten Paares von oberen (**290**) und unteren (**291**) Grenzelementen, die vom Bediener gesetzte obere und untere Grenzwerte für die entsprechende Prozeßvariable darstellen, die einen Bereich definieren, in dem der Prozeß frei betrieben werden kann, enthält.

2. Graphische Benutzeranzeige (**58**) nach An-

spruch 1, wobei das Mittel zum Anzeigen mindestens eines Paares von oberen (**286, 290**) und unteren (**288, 291**) Grenzelementen ein Mittel zum Anzeigen eines Paares von sich orthogonal zu der Skalenachse (**285**) erstreckenden parallelen Linien ist.

3. Graphische Benutzeranzeige (**58**) nach Anspruch 1, wobei das Mittel zum Anzeigen der graphischen Einrichtung weiterhin ein Mittel zum Anzeigen eines graphischen Symbols, das eine Optimierungscharakteristik für die entsprechende Prozeßvariable darstellt, enthält.

4. Graphische Benutzeranzeige (**58**) nach Anspruch 1, weiterhin mit einem Mittel zum Auswählen jeder angezeigten graphischen Einrichtung zur Navigation zu detaillierteren Informationen für eine der gewählten graphischen Einrichtung entsprechende Prozeßvariable und ein Mittel zum Anzeigen der Detailinformationen auf demselben Bildschirm damit.

5. Computerimplementiertes Verfahren zur Bereitstellung einer graphischen Benutzeranzeige (**58**), die einem Benutzer Echtzeit-Prozeßinformationen für einen durch eine Prozeßanlage (**12**), die unter der Kontrolle einer oder mehrerer Prozeßvariablen betreibbar ist, durchgeführten Prozeß liefert, wobei einer oder mehreren der Prozeßvariablen obere und untere Prozeßgrenzwerte zugeordnet sind, wobei das Verfahren den Schritt des Anzeigens mindestens einer graphischen Einrichtung für eine entsprechende Prozeßvariable umfaßt, wobei das Anzeigen der mindestens einen graphischen Einrichtung folgendes umfaßt:

Anzeigen einer Skalenachse (**285**);

Anzeigen mindestens eines Paares von oberen (**286, 290**) und unteren (**288, 291**) Grenzelementen, die oberen und unteren Prozeßgrenzwerten für die entsprechende Prozeßvariable entsprechen, auf der Skalenachse; und

Anzeigen einer graphischen Form (**297**), die einen Wert der entsprechenden Prozeßvariablen relativ zu den oberen und unteren Prozeßgrenzwerten darstellt, entlang der Skalenachse,

dadurch gekennzeichnet, daß

das Anzeigen des mindestens einen Paares von oberen und unteren Grenzelementen folgendes umfaßt:

Anzeigen eines ersten Paares von oberen (**286**) und unteren (**288**) Grenzelementen, die technische harte obere und untere Prozeßgrenzwerte für die entsprechende Prozeßvariable darstellen; und

Anzeigen eines zweiten Paares von oberen (**290**) und unteren (**291**) Grenzelementen, die vom Bediener gesetzte obere und untere Grenzwerte für die entsprechende Prozeßvariable darstellen.

6. Verfahren nach Anspruch 5, wobei das Anzeigen mindestens eines Paares von oberen (**286, 290**) und unteren (**288, 291**) Grenzelementen das Anzeigen eines einzelnen Paares von sich orthogonal zu der

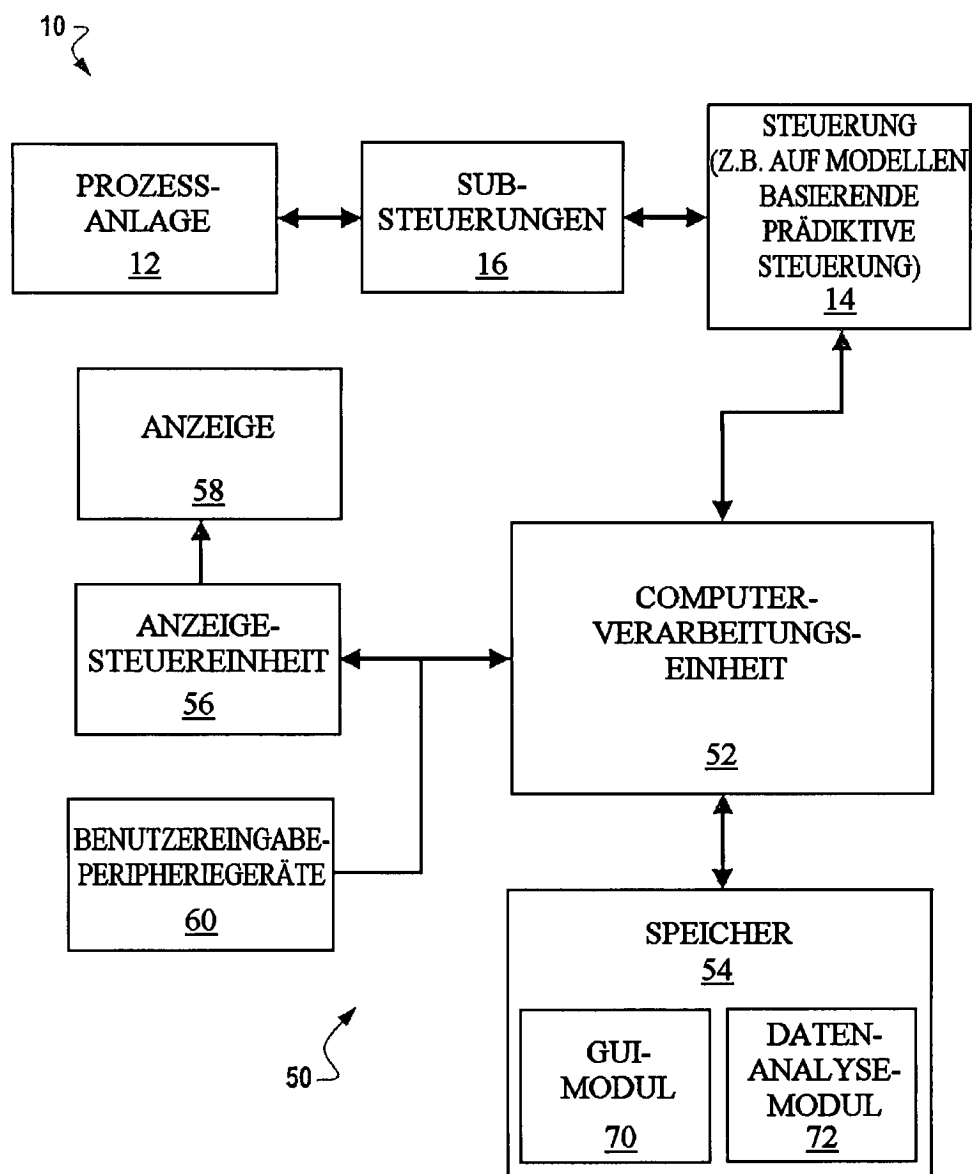
Skalenachse erstreckenden parallelen Linien zur Darstellung, daß sowohl die technischen harten oberen und unteren Grenzwerte als auch die vom Bediener gesetzten oberen und unteren Grenzwerte auf die technischen harten oberen und unteren Grenzwerte gesetzt sind, umfaßt.

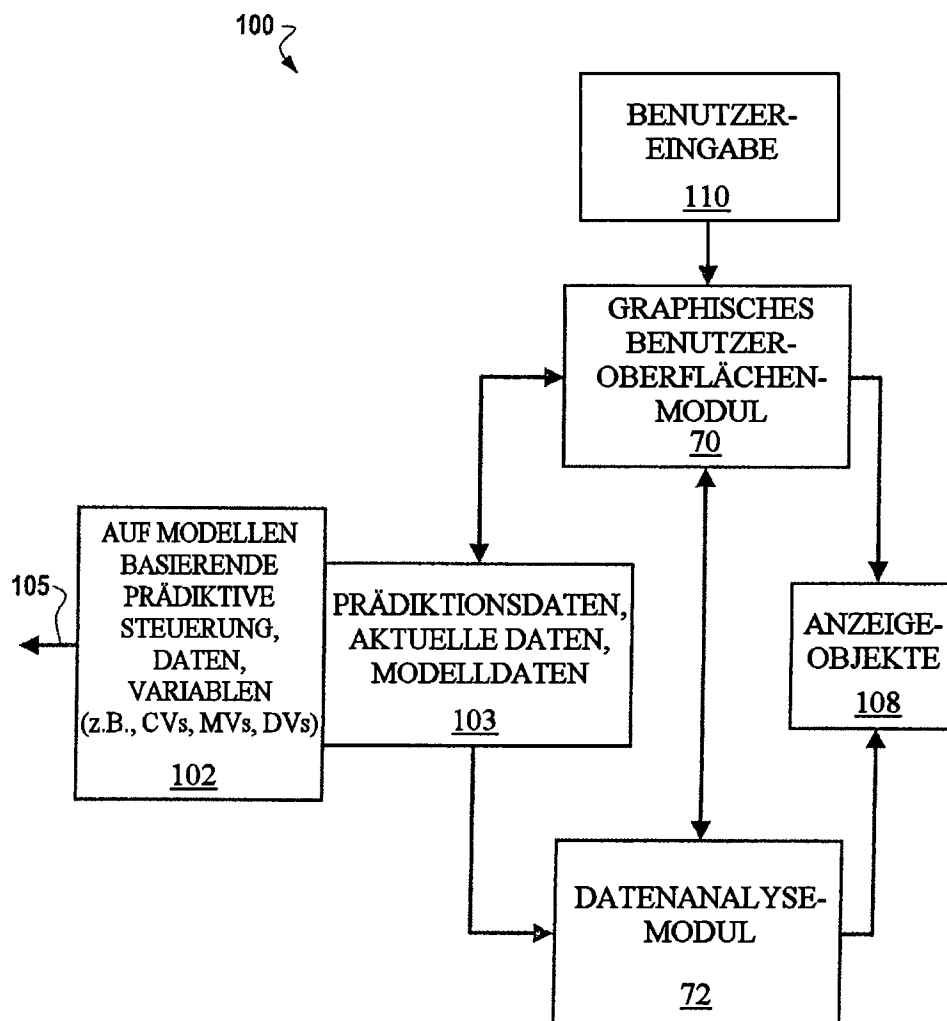
7. Verfahren nach Anspruch 5, wobei das Verfahren weiterhin das Anzeigen eines graphischen Symbols, das eine Optimierungscharakteristik für die entsprechende Prozeßvariable darstellt, entlang der Skalenachse **(285)** umfaßt.

8. Verfahren nach Anspruch 5, wobei das Verfahren weiterhin folgendes umfaßt:  
Bestimmen eines Zustands eines aktuellen Werts für die entsprechende Prozeßvariable; und  
Anzeigen der graphischen Form **(297)** in einer Farbe einer Menge von Farben, die den bestimmten Zustand für die entsprechende Prozeßvariable wiedergibt.

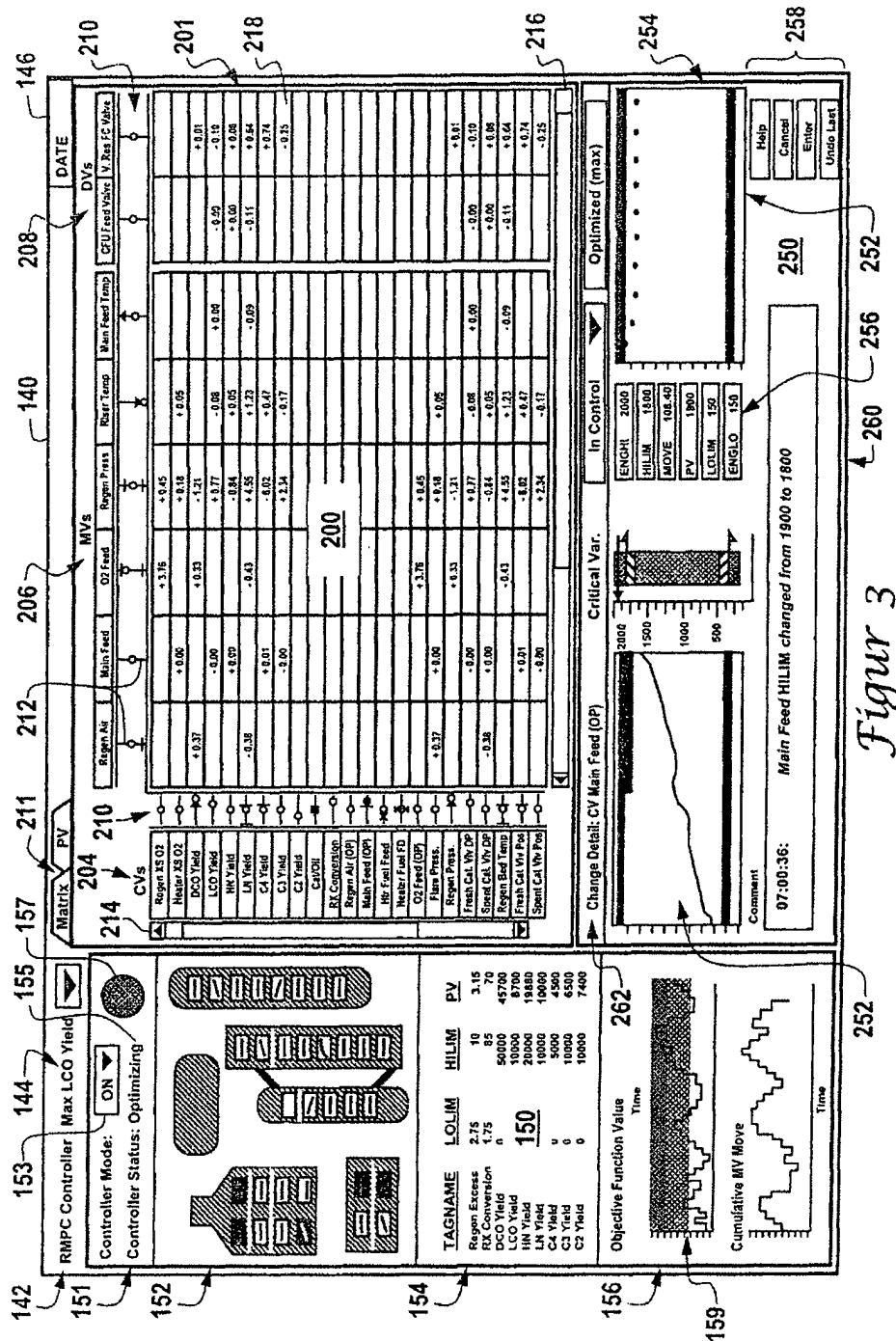
Es folgen 12 Blatt Zeichnungen

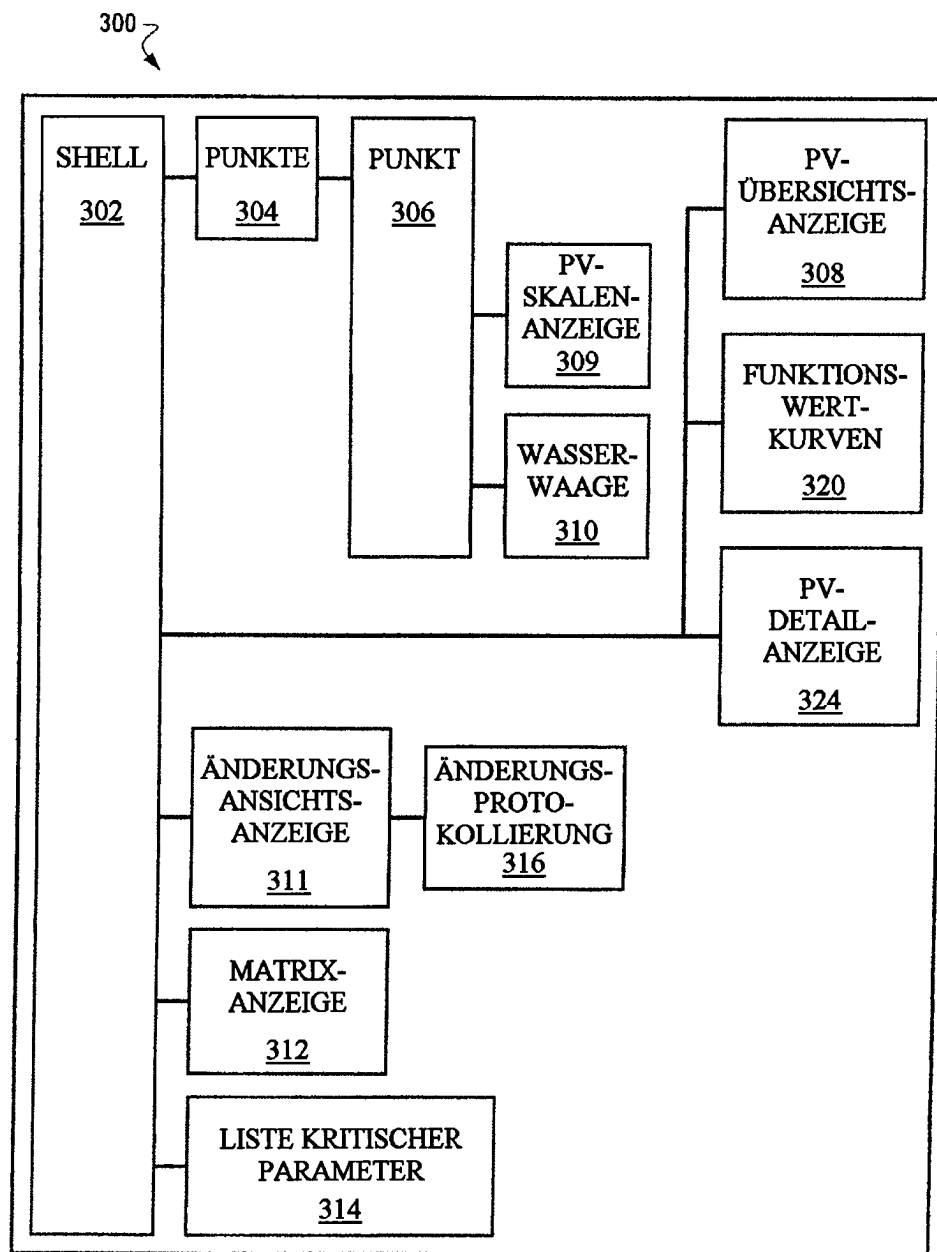


*Figur 1*

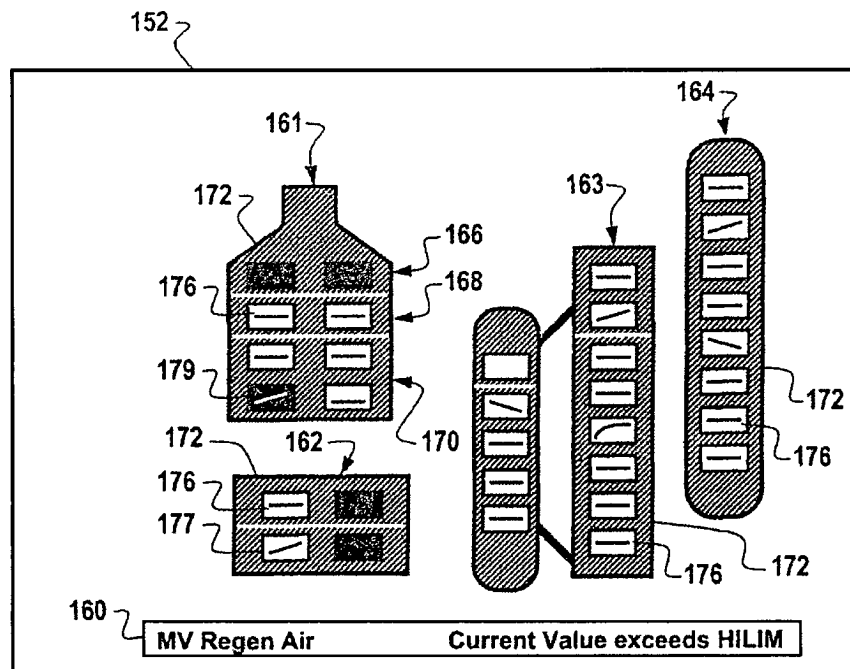


Figur 2

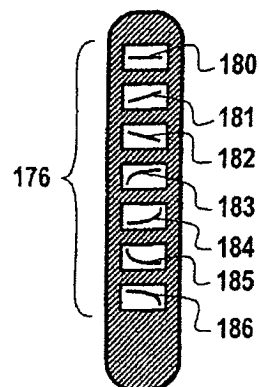




Figur 4



Figur 5A



Figur 5B

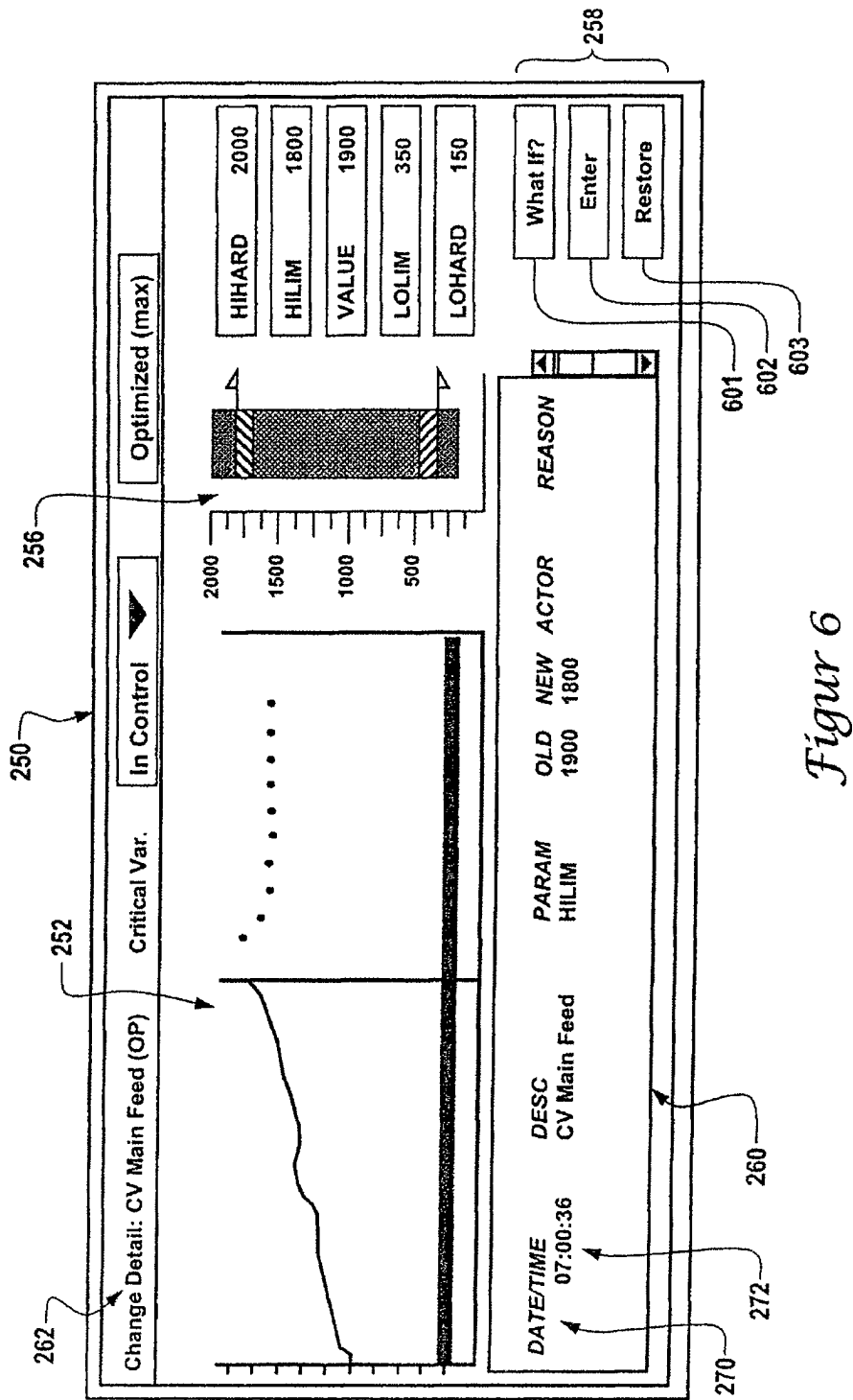
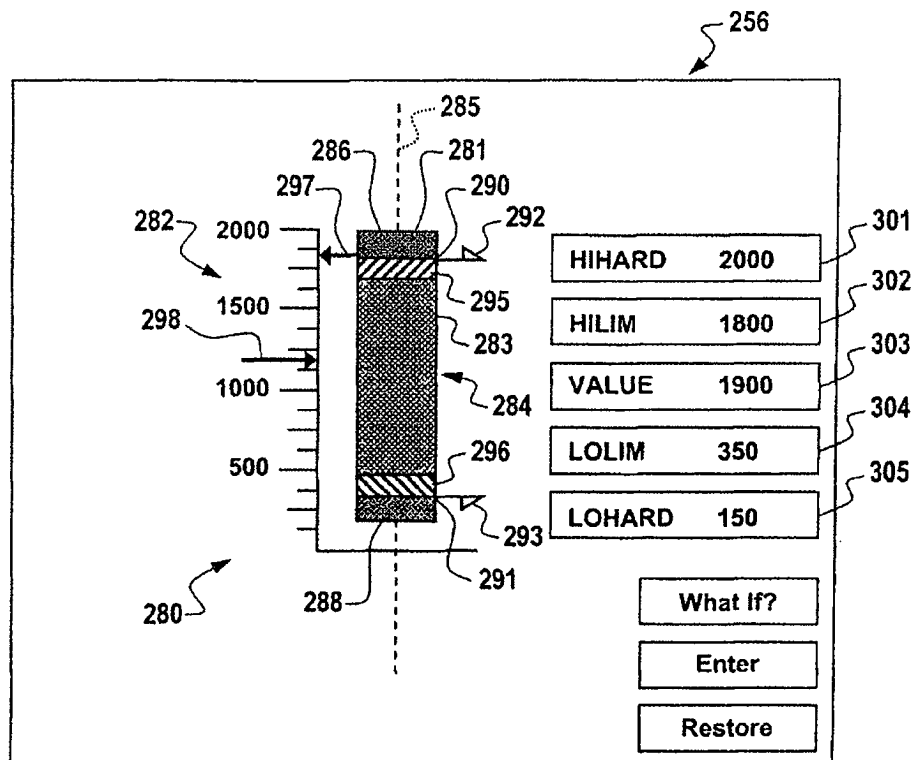
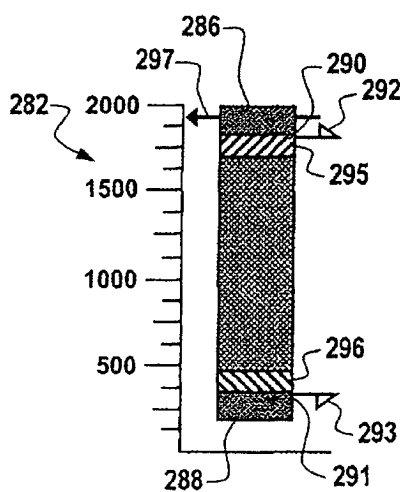


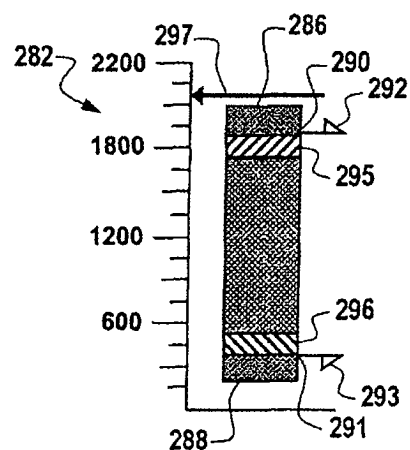
Figure 6



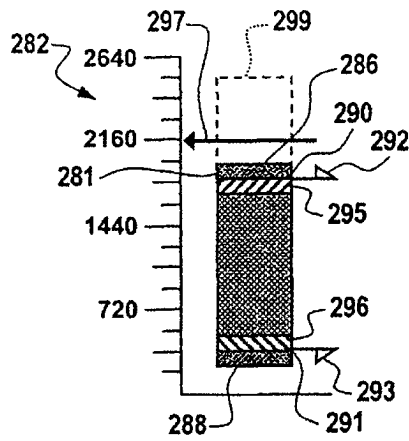
Figur 7A



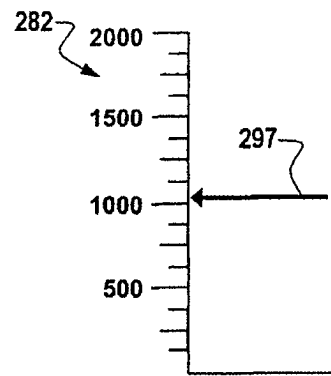
Figur 7B



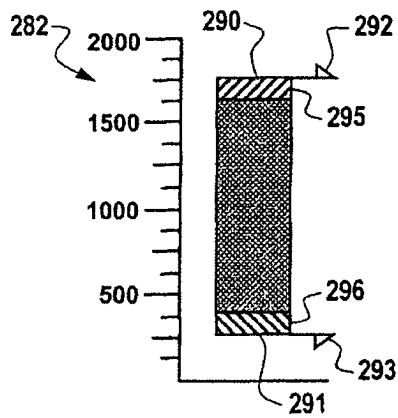
Figur 7C



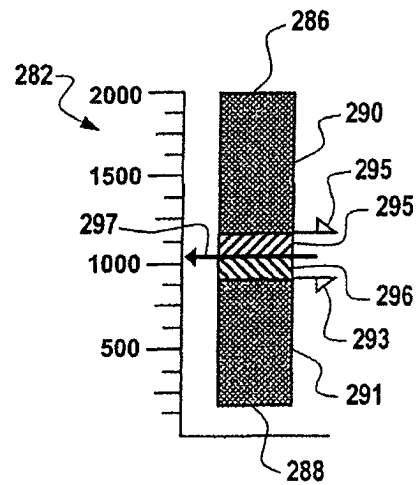
Figur 7D



Figur 7E

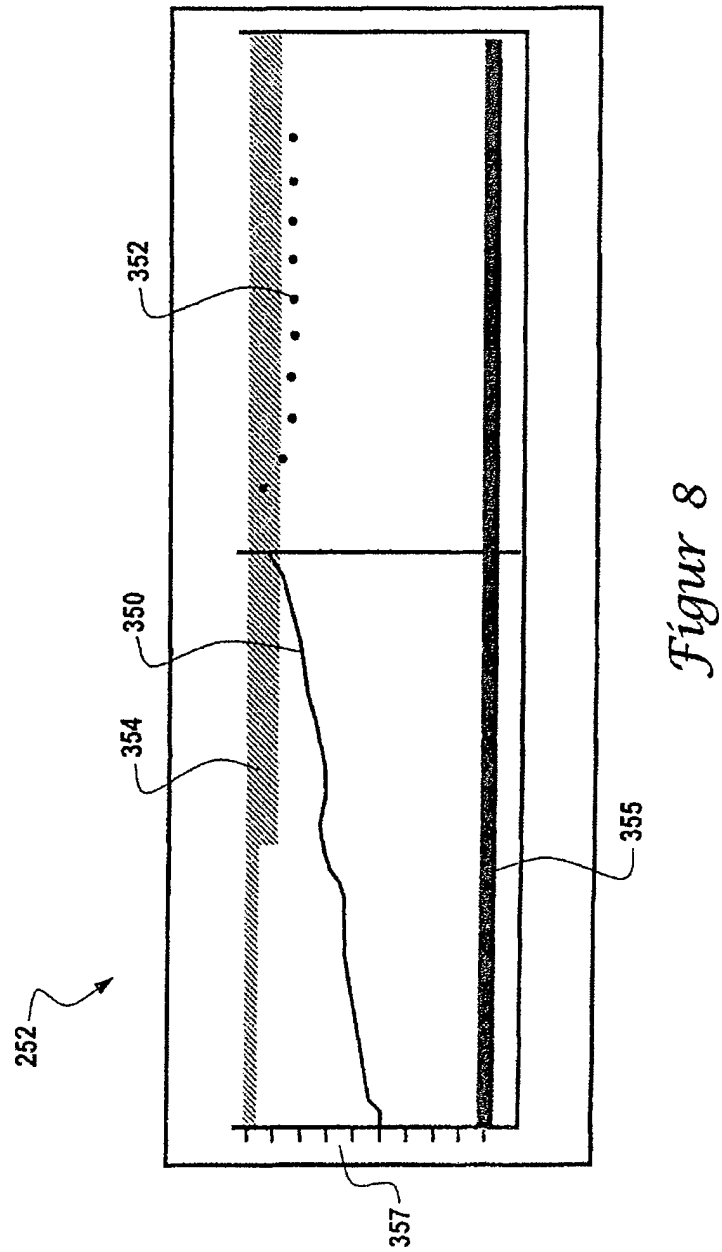


Figur 7F



Figur 7G





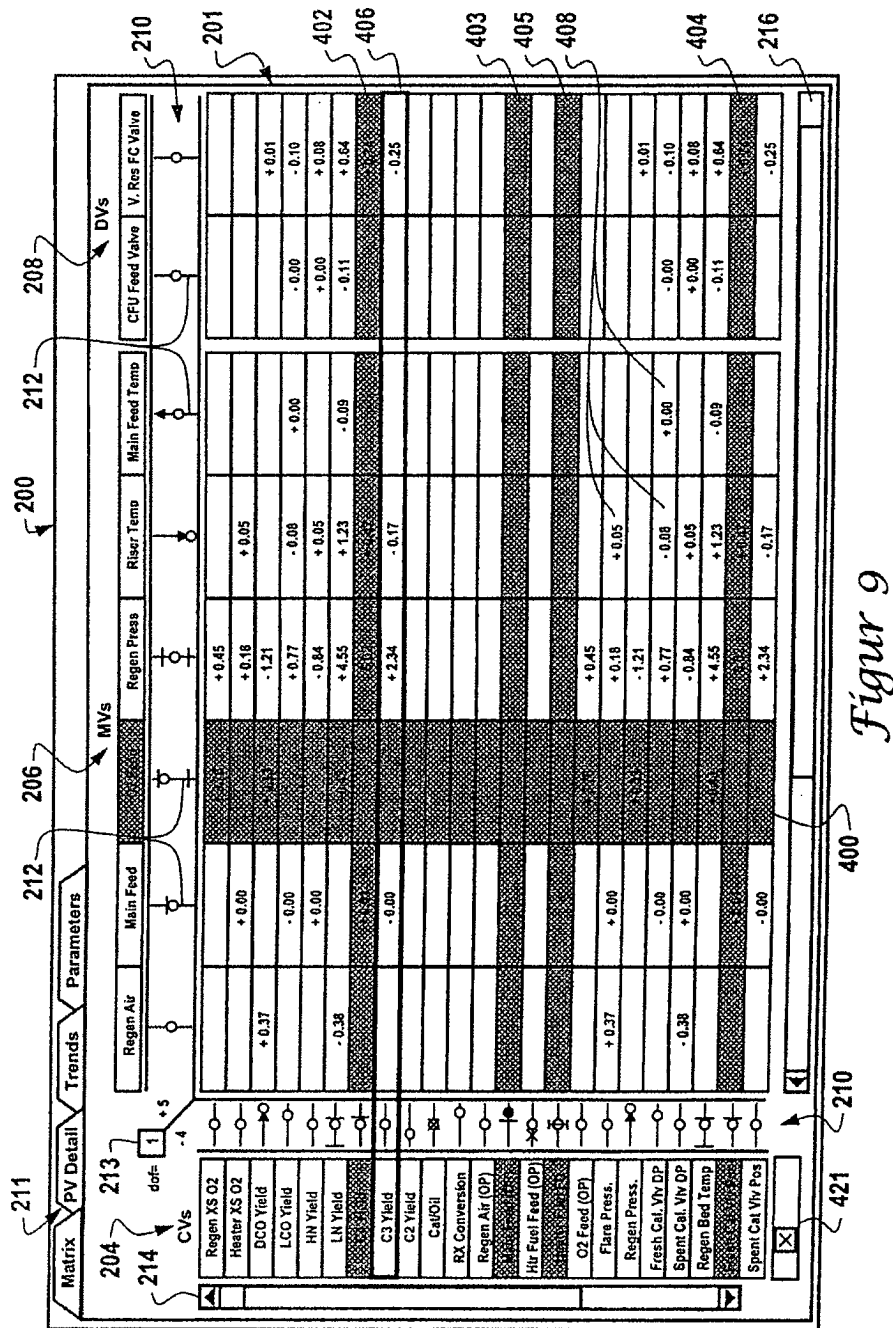
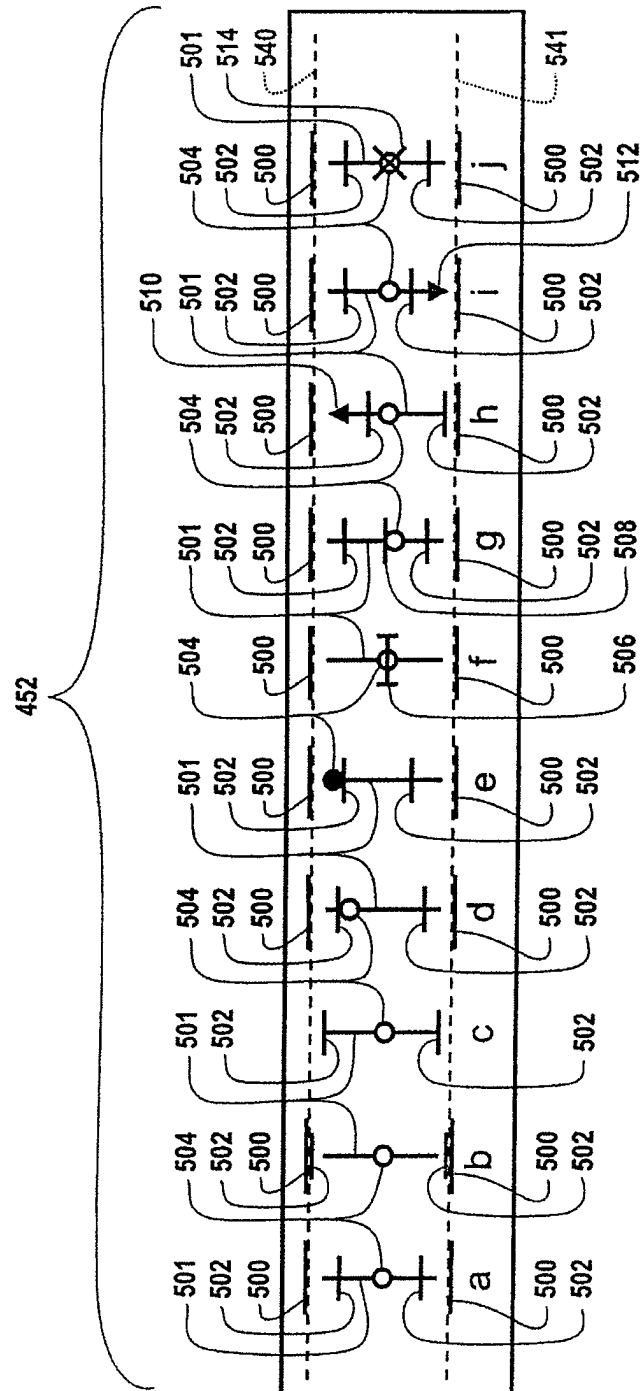


Figure 9



Figur 10

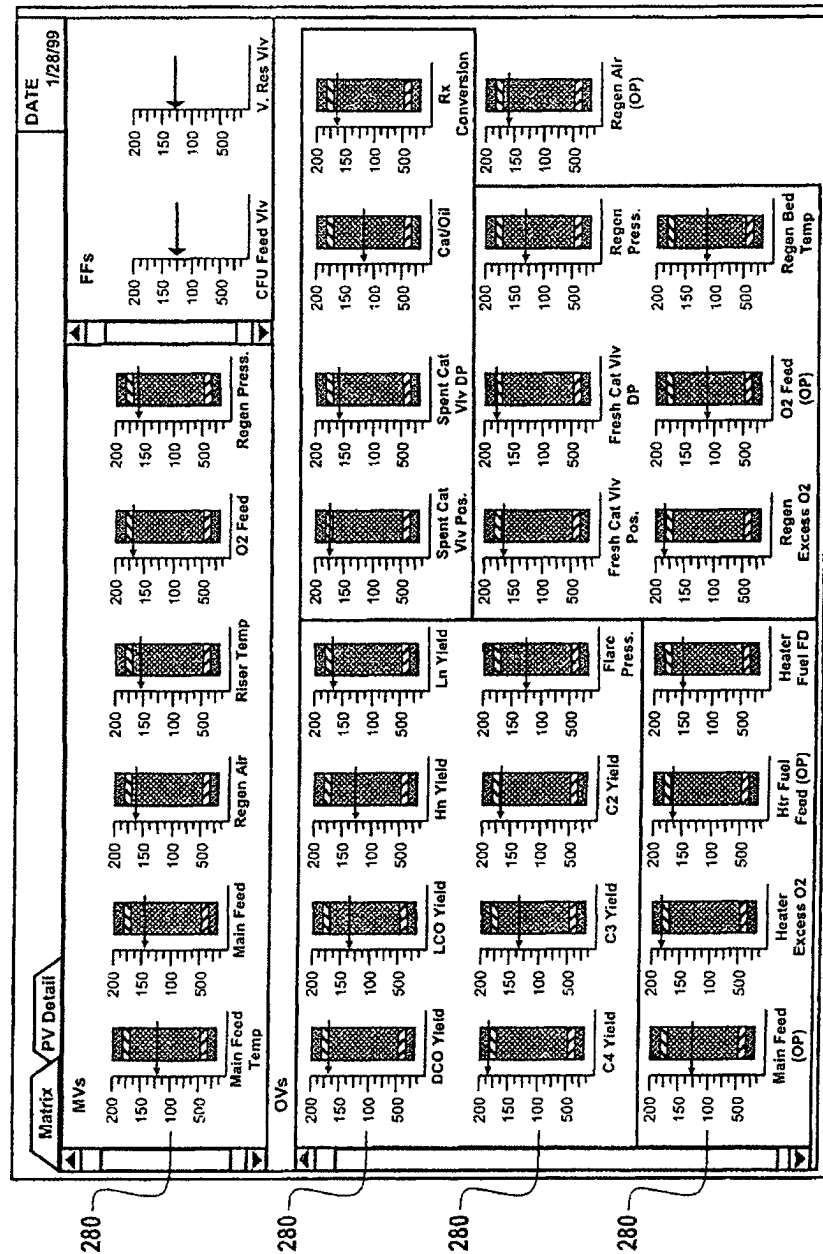


Figure 11