



(19)  
Bundesrepublik Deutschland  
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 600 04 528 T2 2004.06.24**

(12) **Übersetzung der europäischen Patentschrift**

(97) **EP 1 192 512 B1**

(21) Deutsches Aktenzeichen: **600 04 528.5**

(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/US00/18223**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **00 945 092.5**

(87) PCT-Veröffentlichungs-Nr.: **WO 01/002916**

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

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

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **03.04.2002**

(97) Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung beim EPA: **13.08.2003**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **24.06.2004**

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

(30) Unionspriorität:  
**346412 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:  
**JAMIESON, A., Gregory, Toronto, CA; GUERLAIN,  
A., Stephanie, Charlottesville, US; BULLEMER,  
T., Peter, Minnesota 55359, US**

(54) Bezeichnung: **MASSSCHNITTSTELLE FÜR PROZESSVARIABLEN UND VERFAHREN FÜR DIESELBE**

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****GEBIET DER ERFINDUNG**

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft im Allgemeinen die Prozesssteuerung. Insbesondere betrifft die vorliegende Erfindung grafische Benutzerschnittstellen und Anzeigen für die Prozesssteuerung.

**ALLGEMEINER STAND DER TECHNIK**

[0002] Anzeigetechnologien werden entwickelt, die für eine Vielzahl von Anwendungen von Bedeutung sind. Beispielsweise wurden verschiedene grafische Benutzerschnittstellen und Anzeigen für Personal-Computing, Finanzdienststanwendungen usw. entwickelt. Jüngste Fortschritte bei Hardware- und Softwaretechnologien ermöglichen die Entwicklung leistungsstarker grafischer Benutzerschnittstellen.

[0003] Derzeit werden verschiedene Arten von Prozesssteuerungssystemen verwendet, beispielsweise für die Steuerung von Prozessen, die durch die Steuerung einer einzigen Variablen bedient werden können, bis hin zu Prozessen, die mittels Steuerungen, die in der Lage sind, mehrere Variablen zu steuern, gesteuert werden. Die Steuerung eines Prozesses wird oft durch Verwendung von Steuerungen auf Mikroprozessorbasis, Rechnern oder Workstations implementiert, welche den Prozess durch Senden und Empfangen von Befehlen und Daten zu Hardwaregeräten überwachen, um entweder einen bestimmten Aspekt des Prozesses oder den Prozess als Ganzes zu steuern. Beispielsweise bedienen sich viele Prozesssteuerungssysteme Instrumenten, Steuergeräten und Kommunikationssystemen, um Steuerelemente, beispielsweise Ventile und Schalter, zu überwachen und zu betätigen, um einen oder mehrere Prozessvariablenwerte (z. B. Temperatur, Druck, Durchfluss und dergleichen) auf ausgewählten Zielwerten zu halten. Die Prozessvariablen werden ausgewählt und gesteuert, um eine gewünschte Prozesszielsetzung, beispielsweise die Erreichung eines sicheren und effizienten Betriebs von Maschinen und Geräten, die beim Prozess verwendet werden, zu erreichen. Prozesssteuerungssysteme finden weit gefächerte Anwendung bei der Automatisierung industrieller Prozesse, beispielsweise jener Prozesse, die in der chemischen, der Erdöl- und der Fertigungs-Industrie zum Einsatz kommen.

[0004] In den letzten Jahren wurden moderne Prozesssteuerungssysteme zum Steuern von Mehrvariablen-Prozessen entwickelt. Beispielsweise beruht ein Typ von Prozesssteuerung auf dem Konfigurieren oder Programmieren moderner Steuereinheiten unter Zugrundelegung des Fachwissens des(der) Techniker(s) (z. B. Einbinden von Vorwärtskopplungs-, Signalauswahl- und Rechenblöcken), um eine Prozessanlage fortwährend zu einem bekannten Betriebszustand hinzubringen. Ein anderer Typ von moderner Prozesssteuerung ist die modellgestützte prä-

diktive Steuerung. Die Methoden der modellgestützten prädiktiven Steuerung haben auf Grund ihrer Fähigkeit, bei Vorliegen von Totzeit, Prozesszwangsbedingungen und Modellierungsunsicherheiten Mehrvariablen-Steuerungsziele zu erreichen, in der Prozesstechnikbranche Anerkennung gefunden.

[0005] Im Allgemeinen umfassen Methoden der modellgestützten prädiktiven Steuerung Algorithmen, welche Steuerungsbewegungen als Lösung für ein Optimierungsproblem zum Minimieren von Fehlern infolge von Zwangsbedingungen, die entweder vom Benutzer oder vom System auferlegt werden, berechnen. Ein modellgestützter prädiktiver Steuerungsalgorithmus kann mit Bezugnahme auf einen Mehrvariablenprozess allgemein beschrieben werden. Im Allgemeinen umfasst die modellgestützte prädiktive Steuerung zwei Hauptabschnitte: erstens wird ein Optimierungsprogramm verwendet, um den besten Ort zu definieren, um den Prozess in einem stationären Zustand ablaufen zu lassen, und zweitens definiert ein dynamischer Steuerungsalgorithmus, wie der Prozess auf reibungslose Weise ohne Verletzung von Zwangsbedingungen in den optimalen stationären Zustand gebracht wird. Beispielsweise betrachtet der Optimierer den aktuellen Zustand des Prozesses mit der vorgegebenen Frequenz, z. B. jede Minute, und berechnet ein neues Optimum. Vom Optimierer erfährt die Steuerung, wo Prozessvariablen im endgültigen stationären Zustand sein sollten. Der Steuerungsalgorithmus berechnet dann einen dynamischen Satz von Änderungen für die Prozessvariablen, um den Prozess auf reibungslose Weise ohne dynamische Verletzungen von Zwangsbedingungen in den stationären Zustand zu bringen. Beispielsweise können für eine Prozessvariable 60–120 Steuerungsbewegungen in die Zukunft berechnet werden. Im Allgemeinen wird eine der berechneten Steuerungsbewegungen implementiert und der Rest verworfen. Diese Schritte werden dann wiederholt. Das Steuerungsziel für die modellgestützte prädiktive Steuerung ist im Allgemeinen, durch Berechnung mittels eines auf wirtschaftlichen Werten aufbauenden Modells optimal gesteuerte Variable bereitzustellen.

[0006] Die modellgestützte prädiktive Steuerung wird unter Verwendung von Produkten durchgeführt, die von mehreren Unternehmen bezogen werden können. Beispielsweise wird eine modellgestützte prädiktive Steuerung mittels einer Dynamic Matrix Control (DMC), welche bei Aspen Tech (Cambridge, MA) erhältlich ist, und mittels einer Robust Multivariable Predictive Control Technology (RMPCT), die bei Honeywell Inc. (Minneapolis, MN) erhältlich ist, wobei es sich um ein Mehrgrößen-Steuerungsanwendungsprodukt handelt, welches hochgradig interaktive industrielle Prozesse steuert und optimiert, beispielsweise wenn es in geeigneten automatisierten Steuerungssystemen verwendet wird, durchgeführt.

[0007] Im Allgemeinen umfasst eine modellgestützte prädiktive Steuerung drei Arten von Variablen; und

zwar Steuergrößen (CVs), Stellgrößen (MVs) und Störgrößen (DVs) (welche mitunter auch als Aufschaltgrößen (FFs) bezeichnet werden). Steuergrößen sind jene Variablen, welche die Steuerung innerhalb von Zwangsbedingungen zu halten bemüht ist. Weiterhin kann auch erstrebenswert sein, einige der Steuergrößen zu minimieren oder zu maximieren (z. B. die Einspeisdurchsatz-Prozessvariable zu maximieren). Stellgrößen sind jene Variablen, beispielsweise Ventile, welche die Steuerung öffnen und schließen kann, um zu versuchen, ein Ziel der Steuerung zu erreichen (z. B. Maximieren des Einspeisdurchsatzes), wobei alle Steuergrößen innerhalb ihrer Zwangsbedingungen gehalten werden. Störgrößen sind jene Variablen, welche gemessen, jedoch nicht gesteuert werden können. Störgrößen unterstützen die Steuerung durch Bereitstellen von benötigten Informationen, beispielsweise von Informationen bezüglich bestimmter Faktoren, z. B. der Außenlufttemperatur. Die Steuerung kann dann erkennen, wie sich derartige Faktoren auf andere Prozessvariablen in der Steuerung auswirken, um besser vorherzusagen zu können, wie die Anlage auf gemessene Störungen reagieren wird.

[0008] Einem Benutzer der modellgestützten prädiktiven Steuerung (z. B. einem Techniker, einer Bedienperson usw.) werden für gewöhnlich verschiedene Arten von Informationen hinsichtlich der verschiedenen Prozessvariablen zur Verfügung gestellt, einschließlich Informationen, welche die Steuergrößen, Stellgrößen und Störgrößen betreffen. Beispielsweise wurden einem Benutzer in der Vergangenheit Informationen wie etwa Prognosewerte, aktuelle Werte und andere beziehungspezifische Informationen von Variablen in Bezug auf andere Variablen über verschiedene Schnittstellen und Anzeigen zur Verfügung gestellt. Der Benutzer kann derartige Informationen überwachen und mit der Steuerung auf verschiedene Weise interagieren.

[0009] Beispielsweise kann der Benutzer die Steuerung ein- und ausschalten, einzelne Prozessvariablen in die Steuerung einbinden oder davon ausnehmen, verschiedene Arten von Grenzen, die in der Steuerung enthaltenen Prozessvariablen auferlegt wurden, ändern (z. B. untere oder obere Grenzen für einzelne Prozessvariablen ändern), das Modell der Steuerung ändern usw.

[0010] Damit jedoch der Benutzer die Gesamtgesundheit der Steuerung wirksam überwachen und mit der Steuerung auf die erforderliche Weise interagieren (z. B. Ändern von Grenzen von Prozessvariablen) kann, müssen dem Benutzer geeignete Steuerungsinformationen dargeboten werden. Beispielsweise sollten der Bedienperson, welche die Steuerung überwacht, Informationen hinsichtlich der Beziehung zwischen Stellgrößen und Steuergrößen, der Grenzen, bis zu denen Prozessvariablen begrenzt sind, der aktuellen Werte der verschiedenen Prozessvariablen usw. dargeboten werden. Derartige Informationen sollten derart dargeboten werden, dass ein Be-

nutzer im Stande ist, die Leistung des Prozesses wirksam zu erfassen, und beispielsweise in der Lage ist, Probleme im Prozess zu erkennen und zu lösen. Wenngleich verschiedene Arten von Bildschirmanzeige verwendet werden, um einem Benutzer Informationen über die Steuerung darzubieten (z. B. jene, die in der Produktpublikation von Honeywell mit dem Titel "Robust Multivariable Predictive Control Technology – RMPCT Users Guide for TPS (6/97), welche hiermit durch Bezugnahme zur Gänze diesem Dokument einverleibt und in der Folge als "Honeywell Users Guide" bezeichnet wird, beschrieben werden), derart, dass der Benutzer Parameter überwachen und bedienen kann, welche sich auf eine oder mehrere Prozessvariablen im dadurch gesteuerten Prozess beziehen, war die Effizienz einer derartigen Schnittstelle mangelhaft, und die Benutzer haben möglicherweise Schwierigkeiten dabei, die erforderlichen Überwachungs- und Steuerfunktionen durchzuführen.

[0011] Beispielsweise besteht eine Schwierigkeit des parallelen Überwachens mehrerer dynamischer Prozessvariablen darin, dass im Allgemeinen eine große Menge von Bildschirmfläche der Darstellung von Textdaten bezüglich derartiger Prozessvariablen gewidmet werden muss. Dies ist zum Beispiel insbesondere ein Problem, dem sich Bedienpersonen von nuklearen, chemischen und petrochemischen Anlagen gegenübersehen, bei denen die Anzahl dynamischer Prozessvariablen groß ist. Im Allgemeinen besteht eine herkömmliche Lösung für dieses Problem bei der Überwachung vieler Variablen in der Verwendung von Trendgeschichtekurven, welche das historische Verhalten einer oder mehrerer Variablen anzeigen. Allerdings ist diese Lösung immer noch zu flächenintensiv insofern, als sie selbst für einige wenige Prozessvariablen eine große Menge an Platz benötigt, um parallel mehrere Trendgeschichtediagramme anzuzeigen. Demnach sehen sich Benutzer für gewöhnlich gezwungen, auf mindestens einige der Trendgeschichtediagramme für die Prozessvariablen auf serielle Weise zuzugreifen.

[0012] Weiterhin muss beispielsweise ein Benutzer bei einem Prozess mit modellgestützter prädiktiver Steuerung in der Lage sein, mögliche Ursachen von beobachteten Steuergrößenänderungen abzuleiten und die Benutzer beim Vorhersagen der Auswirkungen jedweder geplanter Bedienungen von Stellgrößen, z. B. einer Änderung von Zwangsbedingungen oder Grenzen für eine Stellgröße, zu unterstützen. Eine besonders zweckdienliche Bildschirmanzeige, welche derzeit für eine derartige Analyse verwendet wird, ist eine Matrixtabelle, welche eine Verstärkungsbeziehung zwischen Steuergrößen und Stellgrößen darstellt. Beispielsweise ist ein Verstärkungsmatrixschirmbild, welches Verstärkungswerte anzeigt, derzeit verfügbar, wie aus dem Honeywell Users Guide hervorgeht. Allerdings stellen derartige Anzeigen keine geeigneten Informationen und Tools zur Verfügung, um das Matrixschirmbild dazu zu be-

nutzen, den Benutzer bei Problemlösungsaufgaben zu unterstützen. In Wirklichkeit bedienen sich im Allgemeinen nur Prozesstechniker und nicht Bedienpersonen der Steuerungen häufig dieser Tabellen.

[0013] Darüber hinaus sind beispielsweise modellgestützte prädiktive Steuerungen Tools auf Zwangsbedingungsbasis wie verschiedene andere Steuerungen auch, z. B. versuchen die Steuerungen, einen Prozess innerhalb bestimmter Zwangsbedingungen oder Grenzen, welche für gesteuert werdende Prozessvariablen definiert wurden, zu steuern. Die Verwendung derartiger Methoden auf Zwangsbedingungsbasis zum Steuern des Prozesses stellt uns vor die problematische Aufgabe, in der Lage zu sein, die Beziehungen zwischen den verschiedenen Zwangsbedingungsgrenzen und den aktuellen Werten für eine Prozessvariable oder mehrere Prozessvariablen zu überwachen oder nachzuverfolgen. Bei einer modellgestützten prädiktiven Steuerung können beispielsweise harte Engineeringgrenzen, benutzerkonfigurierte Grenzen, physikalische Engineering-Grenzen und/oder verschiedene andere Grenzen für eine Anzahl verschiedener Prozessvariablen festgelegt werden. Ein Benutzer muss im Allgemeinen die Beziehungen einer großen Anzahl von Prozessvariablen überwachen. Für gewöhnlich erfolgen Informationen, um eine derartige Überwachung durchzuführen, durch Darstellung derartiger Informationen in Textform. Einem Benutzer werden beispielsweise zusätzlich zum aktuellen Wert für eine Prozessvariable tabellarische Werte angezeigt, die für harte obere und untere Engineering-Grenzen repräsentativ sind. Dann muss der Benutzer den Text lesen und die Beziehung zwischen den relevanten Grenzen und dem aktuellen Wert formulieren. Wenn eine große Anzahl derartiger Prozessvariablen überwacht wird, ist die Aufgabe des Formulierens derartiger Beziehungen schwierig.

[0014] Darüber hinaus muss ein Benutzer zum Beispiel eventuell Parameter für eine Prozessvariable, z. B. das Einstellen der oberen und der unteren benutzerkonfigurierten Grenze für eine Prozessvariable, wirksam überwachen und bedienen. Derzeit sind die Schnittstellenlösungen, welche verwendet werden, um dem Benutzer Informationen anzuzeigen und dem Benutzer eine Möglichkeit zum Ändern eines oder mehrerer Parameter einer Prozessvariablen zur Verfügung zu stellen, nicht wirkungsvoll. Beispielsweise bedient sich ein Benutzer für gewöhnlich in erster Linie einer tabellarischen Darstellung von Daten in Bezug auf eine bestimmte Prozessvariable, z. B. einer farbcodierten tabellarischen Darstellung von Textmaterial. Allerdings wurden in einem bestimmten Fall einige grafische Elemente verwendet, um eine oder mehrere Untermengen von Informationen, beispielsweise Grenzwerte und aktuelle Werte, mit unterstützendem Text zur Verwendung beim Überwachen und Bedienen einer Prozessvariablen anzuzeigen. Allerdings sind derartige Lösungen mit zumindest drei Problemen behaftet. Erstens sind sie

schwer zu verwenden, da sie entweder eine umfassende kognitive Bedienung von quantitativen Daten erfordern oder in ihrer Integration unvollständig sind. Wenn beispielsweise einige Grafiken mit Textmaterial verwendet wurden, boten die Grafiken derartige Informationen dem Benutzer nicht wirksam dar. Beispielsweise wurden ein Schaubild, das ein getrenntes Paar von Linien umfasst, welche Grenzen für eine Prozessvariable angeben, ein getrennter Balken, der die benutzerkonfigurierte obere und untere Grenze für die Prozessvariable darstellt, eine getrennte Linie, die einen aktuellen Wert der Prozessvariablen darstellt, und Klemmgrenzen innerhalb der anderen Grenzen verwendet, um Eigenschaften einer bestimmten Prozessvariablen anzuzeigen. Allerdings mangelt es bei einer derartigen getrennten Anzeige der Elemente an Integration zu Gunsten einer einfachen Überwachung der Prozessvariablen. Zweitens wird durch unabhängiges Anzeigen der verschiedenen Grenzwertbeziehungen wertvoller Bildschirmplatz verbraucht, wodurch es unmöglich wird, mehr als einige wenige Prozessparameter gleichzeitig anzuzeigen. Dadurch wird der Benutzer wiederum gezwungen, serielle Vergleiche zwischen mehreren Variablen durchzuführen. Drittens ermöglicht keine der bestehenden grafischen Lösungen die direkte Bedienung der Variabलगrenzen. Mit anderen Worten: der Benutzer muss angezeigte Grenzen durch Verwendung eines getrennten Schirmbilds oder getrennter Textinformationen ändern.

[0015] Wie oben angeführt wird, sind die Anzeigen, die verwendet werden, um Informationen zum Überwachen und Bedienen von Prozessvariablen, z. B. von Prozessvariablen einer Steuerung, welche die Steuerung eines kontinuierlichen Mehr-Variablen-Produktionsprozesses ermöglichen, einem Benutzer zu übermitteln, nicht wirkungsvoll. Beispielsweise besteht ein besonderes Problem in der Verwendung einer großen Menge an Textinformationen, was voraussetzt, dass der Benutzer Beziehungen zwischen verschiedenen Prozessvariablen der Steuerung formuliert (z. B. Beziehungen zwischen aktuellen Werten und Prozessgrenzen formuliert, Beziehungen von der Textmaterie zwischen Trends von mehreren Prozessvariablen formuliert usw.). Darüber hinaus erfordern derartige herkömmliche Anzeigen, mit denen versucht wird, einem Benutzer hinlängliche Informationen, beispielsweise Trendkurven, Textinformationen usw., zur Verfügung zu stellen, auch noch eine unerwünschte Menge an Bildschirmplatz.

[0016] EP-A-0432138, DE-U-9110348, US-A-5742500 und US-A-5859885 offenbaren alleamt grafische Benutzerschnittstellen mit Messmaßdarstellungen.

[0017] Die vorliegende Erfindung sieht eine grafische Schnittstelle vor, welche es dem Benutzer erlaubt, seine Wahrnehmungsstärken beim Erkennen und Beheben von Prozessstörungen zu nutzen. Weiterhin unterstützt die Schnittstelle Benutzer, z. B. Techniker und Bedienpersonen, dabei, ein besseres

Verstehen einer Steuerung zu erwerben und zu bestimmen, welche Handlungen sie durchführen können, um die Steuerung zu unterstützen.

[0018] Gemäß der vorliegenden Erfindung wird eine grafische Benutzerschnittstelle zum Bereitstellen von Echtzeit-Prozessinformationen für einen Benutzer in Bezug auf einen Prozess, der unter der Kontrolle einer oder mehrerer Prozessvariablen bedient werden kann, vorgesehen, wobei die grafische Benutzerschnittstelle umfasst:

eine Skala, die sich eine Maßachse entlang erstreckt; einen oder mehrere Balken, der/die sich die Maßachse entlang erstreckt/erstrecken, wobei jeder Balken für einen Satz oberer und unterer Prozessgrenzwerte für eine Prozessvariable repräsentativ ist, wobei der eine oder die mehreren Balken, welcher/welche sich die Maßachse entlang erstreckt/erstrecken, umfasst/umfassen:

einen ersten Balken, der sich die Maßachse entlang erstreckt, wobei ein erstes Ende des ersten Balkens für eine harte obere Engineering-Grenze für die Prozessvariable repräsentativ ist und ein zweites Ende des ersten Balkens für eine harte untere Engineering-Grenze für die Prozessvariable repräsentativ ist; und

einen zweiten Balken, der sich die Maßachse entlang erstreckt, wobei ein erstes Ende des zweiten Balkens für eine benutzerkonfigurierte obere Grenze für die Prozessvariable repräsentativ ist und ein zweites Ende des zweiten Balkens für eine benutzerkonfigurierte untere Grenze für die Prozessvariable repräsentativ ist; und

eine grafische Form, die entlang der Maßachse angezeigt wird und für einen aktuellen Wert der Prozessvariablen repräsentativ ist.

[0019] Bei verschiedenen Ausführungsformen der grafischen Benutzerschnittstelle können der eine oder die mehreren Balken, welcher/welche sich die Maßachse entlang erstrecken, einen Balken umfassen, der für einen Satz aus einer harten oberen und einer harten unteren Engineering-Grenze für die Prozessvariable repräsentativ ist, einen Balken umfassen, der für eine benutzerkonfigurierte obere und eine benutzerkonfigurierte untere Grenze für die Prozessvariable repräsentativ ist, einen Balken umfassen, der sich die Maßachse entlang erstreckt und für eine benutzerkonfigurierte obere und eine benutzerkonfigurierte untere Grenze für die Prozessvariable innerhalb eines Balkens, der für die harte obere und die harte unteren Engineering-Grenze für die Prozessvariable repräsentativ ist, repräsentativ ist, und/oder eine weiche obere Delta-Region und eine weiche untere Delta-Region umfassen, welche für einen Deltaoptimierungsbereich innerhalb eines Balkens, der für die benutzerkonfigurierte obere und die benutzerkonfigurierte untere Grenze repräsentativ ist, repräsentativ ist.

[0020] Bei anderen Ausführungsformen kann die grafische Benutzeroberfläche Benutzerbedienelemente umfassen, die bewegt werden können, um ei-

nen oder mehrere der oberen und unteren Prozessgrenzwerte (z. B. harte Engineering-Grenzen oder benutzerkonfigurierte weiche Grenzen) zu ändern, die Skala der Schnittstelle kann in Abhängigkeit von der Bewegung der Benutzerbedienelemente automatisch einstellbar sein, die Schnittstelle kann zumindest eine zusätzliche grafische Form umfassen, die entlang der Maßachse angezeigt wird und für einen oder mehrere zusätzliche Werte (z. B. einen Prognosewert) für die Prozessvariable repräsentativ ist, wobei sich die Skala der Schnittstelle die Maßvariable entlang relativ zu Prozessgrenzwerten erstreckt, wobei die grafische Form, die für den aktuellen Wert der Prozessvariablen repräsentativ ist, farbcodiert sein kann, um dem Benutzer zusätzliche Informationen zur Verfügung zu stellen, und/oder der Hintergrund eines Bereichs neben dem einen oder den mehreren Balken entlang der Maßachse farbcodiert sein kann (z. B. repräsentativ für physikalische Engineering-Grenzen der Prozessvariablen).

[0021] Ein rechnerimplementiertes Verfahren zum Bereitstellen einer grafischen Benutzerschnittstelle zum Bereitstellen von Echtzeit-Prozessinformationen für einen Benutzer für einen Prozess, welcher unter der Kontrolle einer oder mehrerer Prozessvariablen bedient werden kann, wird ebenfalls beschrieben.

[0022] Gemäß der vorliegenden Erfindung wird auch ein rechnerimplementiertes Verfahren zum Bereitstellen einer grafischen Benutzerschnittstelle zum Bereitstellen von Echtzeit-Prozessinformationen für einen Benutzer für einen Prozess, welcher unter der Kontrolle einer oder mehrerer Prozessvariablen bedient werden kann, bereitgestellt, wobei das Verfahren umfasst:

das Anzeigen einer Skala, die sich eine Maßachse entlang erstreckt;

das Anzeigen eines oder mehrerer Balken, der/die sich die Maßachse entlang erstreckt/erstrecken, wobei jeder Balken für einen Satz von oberen und unteren Prozessgrenzwerten für eine Prozessvariable repräsentativ ist, wobei der Schritt des Anzeigens eines oder mehrerer Balken, welcher/welche sich die Maßachse entlang erstreckt/erstrecken, umfasst:

das Anzeigen eines ersten Balkens, der sich die Maßachse entlang erstreckt, wobei ein erstes Ende des ersten Balkens für eine harte obere Engineering-Grenze für die Prozessvariable repräsentativ ist und ein zweites Ende des ersten Balkens für eine harte untere Engineering-Grenze für die Prozessvariable repräsentativ ist; und

das Anzeigen eines zweiten Balkens, der sich die Maßachse entlang erstreckt, wobei ein erstes Ende des zweiten Balkens für eine benutzerkonfigurierte obere Grenze für die Prozessvariable repräsentativ ist und ein zweites Ende des zweiten Balkens für eine benutzerkonfigurierte untere Grenze für die Prozessvariable repräsentativ ist;

das Bereitstellen von Daten, die zumindest für den aktuellen Wert der Prozessvariablen repräsentativ sind; und

das Anzeigen einer grafischen Form entlang der Maßachse, welche für den aktuellen Wert der Prozessvariablen in Bezug auf den Satz oberer und unterer Prozessgrenzwerte repräsentativ ist.

[0023] Bei einer Ausführungsform des Verfahrens können der eine oder die mehreren Balken, welche sich die Maßachse entlang erstrecken, einen Balken umfassen, welcher für eine harte obere und eine harte untere Engineering-Grenze für eine Prozessvariable repräsentativ ist, einen Balken umfassen, der sich die Maßachse entlang erstreckt und für eine benutzerkonfigurierte obere und eine benutzerkonfigurierte untere Grenze für eine Prozessvariable repräsentativ ist, und/oder eine weiche obere Deltaregion und eine weiche untere Deltaregion umfassen, die für einen Deltaoptimierungsbereich innerhalb der benutzerkonfigurierten oberen und der benutzerkonfigurierten unteren Grenze repräsentativ sind.

[0024] Bei anderen Ausführungsformen des Verfahrens kann das Verfahren ferner das Anzeigen von Benutzerbedienelementen, welche bewegt werden können, um einen oder mehrere der oberen und unteren Prozessgrenzwerte zu ändern, das Neuskalieren der Skala, welche sich die Maßachse entlang erstreckt, in Abhängigkeit von der Bewegung der Benutzerbedienelemente, das Anzeigen einer zusätzlichen grafischen Form, welche für einen zusätzlichen Wert (z. B. Prognosewert) für die Prozessvariable repräsentativ ist, entlang der Maßachse, das Neuskalieren der Skala, welche sich die Maßachse entlang erstreckt, in Abhängigkeit des aktuellen Werts der Prozessvariablen bezogen auf den Satz oberer und unterer Prozessgrenzwerte, das Anzeigen der grafischen Form in einer Farbe, welche den Zustand des aktuellen Werts für die Prozessvariable widerspiegelt, und/oder das Anzeigen eines grafischen Elements, das für physikalische Engineering-Grenzen der Prozessvariablen repräsentativ ist, umfassen.

[0025] Bei weiteren Ausführungsformen des Verfahrens kann das Verfahren ferner das Anzeigen einer Trendkurve für die Prozessvariable mit der angezeigten Skala, einem oder mehreren Balken und der grafischen Form, die für den aktuellen Wert der Prozessvariablen repräsentativ ist, umfassen. Die Trendkurve kann das Anzeigen einer historischen Trendkurve und/oder einer Prognosetrendkurve für die Prozessvariable, die für Prozessvariablenwerte und/oder Prozessvariablenbegrenzungen repräsentativ ist, umfassen.

[0026] Die oben angeführte Kurzdarstellung der vorliegenden Erfindung bezweckt nicht, jede Ausführungsform oder jede Implementierung der vorliegenden Erfindung zu beschreiben. Vorteile werden gemeinsam mit einem umfassenderen Verstehen der Erfindung durch Bezugnahme auf die nachstehende ausführliche Beschreibung und die Ansprüche in Zusammenhang mit den beiliegenden Zeichnungen offensichtlich und erkennbar.

## KURZE BESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

[0027] **Fig. 1** ist ein Blockdiagramm eines Prozesssystems, welches eine grafische Benutzerschnittstelle gemäß der vorliegenden Erfindung umfasst.

[0028] **Fig. 2** ist ein Datenflussdiagramm der grafischen Benutzerschnittstelle, die in **Fig. 1** dargestellt ist.

[0029] **Fig. 3** ist eine Schirmbildanzeige, welche die Komponenten der grafischen Benutzerschnittstelle aus **Fig. 1** allgemein darstellt.

[0030] **Fig. 4** ist eine Objektmodellübersicht der grafischen Benutzerschnittstelle aus **Fig. 1**.

[0031] **Fig. 5A** und **5B** sind ausführlichere Diagramme einer Prozessvariablenübersichtsanzeigeregion wie jener, die in **Fig. 3** allgemein dargestellt ist.

[0032] **Fig. 6** ist ein ausführlicheres Diagramm, welches eine Prozessvariablendetail- und -änderungsansichtsanzeigeregion wie jene, die in **Fig. 3** allgemein dargestellt ist, darstellt.

[0033] **Fig. 7A–7G** sind ausführlichere Diagramme, welche eine Prozessvariablen-Maßschnittstelle für eine Prozessvariablendetail- und -änderungsansichtsanzeigeregion wie jene, die in **Fig. 6** dargestellt ist, darstellen.

[0034] **Fig. 8** ist ein Diagramm, welches eine Trendschnittstelle wie die Schnittstelle, die in der Prozessvariablendetail- und -änderungsansichtsanzeigeregion aus **Fig. 3** allgemein dargestellt ist, darstellt.

[0035] **Fig. 9** ist eine ausführlichere Ansicht der Mehrvariablenprozess-Matrixanzeigeregion wie jener, die in **Fig. 3** allgemein dargestellt ist.

[0036] **Fig. 10** ist eine ausführlichere Abbildung eines Satzes zusammenfassender Grafikvorrichtungen, z. B. Blasenmaße wie jene, die in einer Matrixanzeige, wie sie in **Fig. 9** dargestellt ist, verwendet werden.

[0037] **Fig. 11** ist ein Diagramm eines Prozessvariablen-Detailschirmbilds, das von einem Benutzer aus einer Mehrzahl verfügbarer Schirmbilder, welche im Anzeigeschirmbild aus **Fig. 3** dargestellt sind, ausgewählt werden kann.

## AUSFÜHRLICHE BESCHREIBUNG DER AUSFÜHRUNGSFORMEN

[0038] **Fig. 1** ist ein Blockdiagramm, welches ein Prozesssystem **10** darstellt, das eine grafische Benutzerschnittstelle **50** umfasst, um Benutzer beim Überwachen und Bedienen einer oder mehrerer Prozessvariablen zu unterstützen, die in einer Steuerung **14** beinhaltet sind, welche bedient werden kann, um einen Prozess, der von einer Prozessanlage **12** ausgeführt wird, zu steuern. Das Prozesssystem **10** umfasst die Prozessanlage **12** zum Durchführen eines Prozesses unter der Kontrolle der Steuerung **14** und einer oder mehrerer optionaler Untersteuerungen **16**. [0039] Die Prozessanlage **12** ist für eine oder mehrere Anlagenkomponenten zum Durchführen eines Anlagenprozesses oder eines Teils eines Anlagen-

prozesses repräsentativ, welcher unter der Kontrolle eines oder mehrerer Prozessvariablen einer Steuerung **14** bedient werden kann. Beispielsweise kann die Prozessanlage **12** eine petrochemische Raffinerie zum Durchführen eines petrochemischen Prozesses, eine nukleare Anlage, eine chemische Anlage usw. sein. Die vorliegende Erfindung ist nicht auf irgendeine bestimmte Prozessanlage **12** beschränkt, erweist sich jedoch bei der Steuerung kontinuierlicher Mehrvariablen-Produktionsprozesse als besonders vorteilhaft.

[0040] Die Steuerung **14** und die optionalen Untersteuerungen **16** können jede beliebige Steuerungsvorrichtung umfassen, welche eine oder mehrere Prozessvariable(n) zur Verwendung bei der Steuerung eines Prozesses, der durch die Prozessanlage **12** ausgeführt wird, umfasst. Beispielsweise können verschiedene Abschnitte der grafischen Benutzeroberfläche **50**, wie sie in diesem Dokument beschrieben wird, auf eine Steuerung angewandt werden, welche das Steuern eines Verfahrens über eine einzige Prozessvariable ermöglicht. Allerdings ist die Steuerung **14** vorzugsweise eine Steuerung auf Zwangsbedingungsbasis, wobei Grenzen für die eine oder mehreren Prozessvariable(n) der Steuerung vorgesehen werden, derart, dass die Steuerung dahingehend wirkt, dass sie beim Steuern des Prozesses, der durch die Anlage **12** ausgeführt wird, die eine oder mehreren Prozessvariable(n) innerhalb dieser Grenzen hält. Wenngleich die vorliegende Erfindung für das wirksame Überwachen und Bedienen von Prozessvariablen einer Steuerung für jeden beliebigen Mehrvariablenprozess vorteilhaft sein kann, ist die grafische Benutzerschnittstelle **50**, welche in diesem Dokument beschrieben wird, besonders vorteilhaft zum Überwachen und Bedienen von Prozessvariablen, welche einer modellgestützten prädiktiven Steuerung zugeordnet sind. Aus Gründen der Einfachheit bezieht sich die Erfindung, welche in diesem Dokument ausführlich beschrieben wird, auf eine modellgestützte prädiktive Steuerung **14**. Allerdings wird für einschlägig versierte Fachleute zu erkennen sein, dass die in diesem Dokument beschriebenen Benutzerschnittstellenmethoden in keinerlei Weise auf Mehrvariablenprozesse oder auf modellgestützte prädiktive Steuerungen beschränkt sind, sondern allgemein auf verschiedene Steuerungen und verschiedene Prozesse, einschließlich Ein-Prozessvariablen-Steuerungen und -Prozesse, angewandt werden können.

[0041] Im Allgemeinen umfasst, wie vorhin im Abschnitt Allgemeiner Stand der Technik in diesem Dokument beschrieben wurde, eine modellgestützte prädiktive Steuerung **14** Algorithmen, welche Steuerbewegungen als Lösung für eine Optimierungsaufgabe zum Minimieren von Fehlern infolge von vom Benutzer oder vom System auferlegten Zwangsbedingungen berechnen. Eine modellgestützte prädiktive Steuerung ist für gewöhnlich eine Mehrgrößen-Steueranwendung, welche mehrere Variablen zur Ver-

wendung beim Steuern eines Prozesses umfasst. Im Allgemeinen besteht die modellgestützte prädiktive Steuerung aus zwei Hauptteilen: erstens wird ein Optimierungsprogramm verwendet, um den besten Ort zu definieren, um den Prozess in einem stationären Zustand laufen zu lassen, und zweitens definiert ein dynamischer Steuerungsalgorithmus, wie der Prozess auf reibungslose Weise, ohne irgendwelche Zwangsbedingungen zu verletzen, auf das stationäre Optimum gebracht werden kann. Beispielsweise überprüft der Optimierer mit einer angegebenen Häufigkeit, z. B. jede Minute, den aktuellen Zustand des Prozesses und berechnet ein neues Optimum. Vom Optimierer erfährt die Steuerung, wo sich Prozessvariablen im endgültigen stationären Zustand befinden sollten. Der Steuerungsalgorithmus berechnet dann einen dynamischen Satz von Änderungen für die Prozessvariablen, um den Prozess auf reibungslose Weise ohne dynamische Verletzungen von Zwangsbedingungen in den stationären Zustand zu bringen. Beispielsweise können für eine Prozessvariable 60–120 Steuerbewegungen in die Zukunft vorausberechnet werden. Im Allgemeinen wird eine der berechneten Steuerbewegungen implementiert und der Rest verworfen. Diese Schritte werden dann wiederholt. Das Steuerziel für die modellgestützte prädiktive Steuerung ist im Allgemeinen optimal gesteuerte Variablen (unten definiert) durch Berechnung mittels eines Modells, das auf wirtschaftlichen Werten beruht, vorzusehen.

[0042] Beispielsweise kann eine modellgestützte prädiktive Steuerung durch Verwendung von Produkten, die von mehreren Unternehmen bezogen werden können, durchgeführt werden. Beispielsweise wird, wie vorhin im Abschnitt Allgemeiner Stand der Technik angeführt wurde, eine modellgestützte prädiktive Steuerung mittels eines Dynamic-Matrix-Control(DMC)-Produkts von Aspen Tech (Cambridge, MA) und durch ein auf Robust Multivariable Predictive Control Technology (RMPCT) basierendes Produkt von Honeywell, Inc. (Minneapolis, MN), wobei es sich um ein Mehrgrößen-Steuerungsanwendungsprodukt handelt, das hochgradig interaktive industrielle Prozesse steuert und optimiert, realisiert. Wenngleich in diesem Dokument mehrere Steuerungen aufgelistet werden, ist die vorliegende Erfindung nicht auf die Verwendung im Zusammenhang mit nur diesen Steuerungen beschränkt. Derartige Steuerungen werden lediglich zu veranschaulichenden Zwecken aufgelistet, und die grafischen Benutzerschnittstellenmethoden, welche in diesem Dokument beschrieben werden, sind auf alle Steuerungen anwendbar, bei denen eine Überwachung und/oder Bedienung einer oder mehrerer Prozessvariablen angestrebt wird. Weiterhin ist die in diesem Dokument enthaltene Beschreibung in Bezug auf die modellgestützte prädiktive Steuerung **14** sehr allgemein gehalten, zumal einschlägig versierte Fachleute mit derartigen Steuerungen und deren Eingängen und Ausgängen vertraut sind.

[0043] Im Allgemeinen umfasst eine modellgestützte prädiktive Steuerung **14** drei Arten von Variablen; und zwar Steuergrößen (CVs), Stellgrößen (MVs) und Störgrößen (DVs) (welche mitunter auch als Aufschaltgrößen (FFs) bezeichnet werden), wenngleich andere Steuerungen andere Arten von Variablen beinhalten können. In diesem Dokument sind Steuergrößen jene Variablen, welche die Steuerung innerhalb von Zwangsbedingungen zu halten bemüht ist. Weiterhin kann es auch erstrebenswert sein, einige der Steuergrößen zu minimieren, zu maximieren oder auf einem Zielwert zu halten (z. B. eine Einspeisdurchsatz-Prozessvariable zu maximieren). Stellgrößen sind jene Variablen, beispielsweise Ventile oder "Handgriffe", welche die Steuerung öffnen und schließen kann, um zu versuchen, ein Ziel der Steuerung (z. B. Maximieren des Einspeisdurchsatzes) zu erreichen, wobei alle anderen Variablen innerhalb ihrer Zwangsbedingungen gehalten werden. Störgrößen sind jene Variablen, welche gemessen, jedoch nicht gesteuert werden können. Störgrößen unterstützen die Steuerung durch Bereitstellen von benötigten Informationen, beispielsweise von Informationen bezüglich bestimmter Faktoren, z. B. der Außenlufttemperatur. Die Steuerung **14** kann dann erkennen, wie sich derartige Faktoren auf andere Prozessvariablen in der Steuerung auswirken, um besser vorhersagen zu können, wie die Anlage auf Änderungen dieser Faktoren reagieren wird. Die Untersteuerungen **16** können aus einer Untermenge von Stellgrößen und Steuergrößen bestehen. Allerdings versuchen derartige Untersteuerungen **16** für gewöhnlich, eine Stellgröße über Rückkopplung dahingehend zu steuern, dass sie innerhalb bestimmter Grenzen bleibt.

[0044] Einem Benutzer der modellgestützten prädiktiven Steuerung **14** (z. B. einem Techniker, einer Bedienperson usw.) werden gemäß der vorliegenden Erfindung durch die grafische Benutzerschnittstelle **50**, welche unten ausführlicher beschrieben wird, verschiedene Arten von Informationen hinsichtlich der verschiedenen Prozessvariablen zur Verfügung gestellt, einschließlich Informationen, welche die Steuergrößen, Stellgrößen und Störgrößen der Steuerung **14** betreffen. Der Benutzer kann derartige Informationen überwachen und mit der Steuerung **14** auf verschiedene Arten interagieren, wie ebenfalls unten ausführlicher beschrieben wird. Beispielsweise kann der Benutzer verschiedene Arten von Grenzen, die in der Steuerung beinhalteten Prozessvariablen auferlegt wurden, ändern (z. B. untere oder obere Grenzen für einzelne Prozessvariablen ändern).

[0045] Die grafische Benutzerschnittstelle **50** ermöglicht einem Benutzer (z. B. einem Techniker, einer Bedienperson usw.), die Steuerung **14** zu überwachen, zu verstehen und einzustellen, derart, dass der Benutzer wirksam mit der Steuerung interagieren kann, um beispielsweise den Benutzer wissen zu lassen, ob die Steuerung in der Lage sein wird, eine Prozessstörung zu bewältigen. Überdies ermöglicht die

grafische Benutzerschnittstelle **50** dem Benutzer, mehrere Prozessvariablen (z. B. Einspeiseraten, Produktraten, benutzerdefinierte Marken usw.) zu überwachen, um nach Dingen wie schwankenden Variablen Ausschau zu halten, wenn die Prozessvariable optimiert wird, und Hauptprozessvariablen, die für die Gesundheit der Steuerung entscheidend sind, zu überwachen, und das alles auf einem einzigen Schirmbild. Die grafische Benutzeroberfläche **50** bietet einem Benutzer Tools wie die Beziehung zwischen Stellgrößen und Steuergrößen, eine Anzeige darüber, welche Prozessvariablen bei Grenzen eingeschränkt werden, und eine Anzeige der Beziehungen zwischen Prozessvariablen, um bei der Diagnose eines bestimmten Problems in der Steuerung **14** eine Hilfestellung zu leisten.

[0046] Beispielsweise können verschiedene Situationen voraussetzen, dass der Benutzer mit der Steuerung **14** interagiert. Beispielsweise kann es während der Wartung der Prozessanlage erforderlich sein, verschiedene Prozessvariablen zum Kalibrieren von Instrumenten oder andere Wartungstätigkeiten aus der Steuerung auszunehmen. Eventuell besteht ein Bedarf daran, zwischen einem Wechsel der Bedienpersonenschichten zu bestimmen, wie die Dinge gelaufen sind; es kann eine Weisung von der Betriebs- oder Technikabteilung ergangen sein, das Modell, die Zwangsbedingungen, die Ziele usw. zu ändern; es kann erforderlich sein, dass die Bedienperson Störungen handhabt, entweder indem sie die Steuerung unterstützt oder indem sie die Steuerung die Störung handhaben lässt oder indem sie die Steuerung abschaltet; oder es können verschiedene andere Diagnoseumstände eintreten, beispielsweise dass die Steuerung nicht gut eingestellt ist, dass die Steuerung eine vorübergehende Maßnahme ergreift, um eine Störung zu kompensieren; usw.

[0047] Wie aus **Fig. 1** hervorgeht, empfängt eine grafische Benutzerschnittstelle **50** im Allgemeinen Daten betreffend die eine oder mehreren Prozessvariable(n) von der Steuerung **14**. Wie zuvor in diesem Dokument erwähnt wurde, kann die grafische Benutzerschnittstelle **50** hinsichtlich einer einzelnen Prozessvariablen, die gesteuert wird, verwendet werden, oder empfängt vorzugsweise Daten, die mehreren Prozessvariablen zugeordnet sind, von der Steuerung **14**.

[0048] Die grafische Benutzerschnittstelle **50** umfasst, wie in **Fig. 1** dargestellt ist, eine Anzeige **58**, welche unter der Kontrolle der Anzeigensteuerung **56** und der Rechnerverarbeitungseinheit **52** bedient werden kann. Verschiedene Benutzereingabeperipheriegeräte **60** können zum Übermitteln von Informationen an die Rechnerverarbeitungseinheit **52** verwendet werden. Beispielsweise können zu den Benutzerperipheriegeräten **60** gehören: Schreibestifte, eine Maus, eine Tastatur, ein berührungsempfindlicher Anzeigeschirm oder jedes beliebige andere Benutzereingabeperipheriegerät, das gemeinhin für grafische Benutzerschnittstellen verwendet wird. Die



Rechnerverarbeitungseinheit **52** wirkt mit einem Speicher **54** zum Abarbeiten eines oder mehrerer darin gespeicherter Programme zusammen. Der Speicher **54** ermöglicht unter der Steuerung der Rechnerverarbeitungseinheit **52** die Speicherung verschiedener Informationen, z. B. Schirmbildinformationen, Formatinformationen, anzuzeigende Daten oder jedwede andere Informationen, wie aus der in diesem Dokument enthaltenen Beschreibung hinsichtlich der verschiedenen auf der Anzeige **58** angezeigten Schirmbilder klar zu erkennen ist.

[0049] Die Rechnerverarbeitungseinheit **52** dient dazu, durch diese empfangene Informationen anzupassen. Beispielsweise werden Informationen, die von der modellgestützten prädiktiven Steuerung **14** empfangen wurden, für die Übergabe von Anzeigeeinformationen an die Anzeigesteuereinheit **56** zur Anzeige auf einem Anzeigeschirm **58** angepasst. Darüber hinaus werden beispielsweise Informationen, die über Benutzereingabeperipheriegeräte **60** empfangen wurden, zur Verwendung, z. B. für die Navigation, oder zur Übergabe an die Steuerung **14**, z. B. Grenzwertänderungen für die Steuerung **14**, angepasst. Der Anzeigenbetrieb und die Benutzereingabe-Steuerungsfunktionalität mittels Benutzereingabe-Peripheriegeräten **60** sind im Stand der Technik allgemein bekannt. Beispielsweise können Textinformationen bearbeitet werden, Prozessvariablen ausgewählt werden, Hinterlegen durch Anklicken vorgenommen werden, Elemente verschoben werden, um Änderungen der Informationen einzugeben, usw.

[0050] Der Speicher **54**, welcher in **Fig. 1** dargestellt ist, umfasst ein grafisches Benutzerschnittstellen(GUI)-Modul **70**, welches die Programmierung zur Verwendung beim Bereitstellen der verschiedenen Anzeigeschirmbilder, welche in diesem Dokument ausführlicher beschrieben werden, und beim erforderlichen Bearbeiten derartiger Anzeigeschirmbilder auf Echtzeitbasis, wenn Daten von der Steuerung **14** durch die Rechnerverarbeitungseinheit **52** empfangen werden, umfasst. Beispielsweise ermöglicht das GUI-Modul **70** die Übergabe von Aktuellwertdaten, welche von der Steuerung empfangen wurden, direkt an das geeignete Objekt auf dem Anzeigeschirmbild. Weiterhin ist im Speicher **54** ein Datenanalysemodul **72** gespeichert, das eine Programmierung umfasst, welche beim Verarbeiten in Bezug auf von der Steuerung **14** empfangene Daten unterstützend wirkt, welche in deren allgemeiner Natur modifiziert werden müssen, ehe derartige Daten zum Aktualisieren des Anzeigeschirmbildes übergeben werden. Beispielsweise wird das Datenanalysemodul **72** zum Verarbeiten historischer Daten verwendet, um derartige Daten auf ein bestimmtes Trendformelement zum Anzeigen zu reduzieren, wie unten ausführlicher beschrieben wird.

[0051] Vorzugsweise werden Anzeigefunktionen mittels eines Standardmonitors ausgeführt (vorzugsweise groß genug, um alle Anzeigeregionen, welche unten beschrieben werden, anzuzeigen), und die an-

gezeigten grafischen Elemente werden durch Verwendung des Visual-Basic-Codes implementiert. Außerdem wird bevorzugt ein NT-System zur Ausführung der erforderlichen Verarbeitung verwendet. Allerdings werden einschlägig versierte Fachleute erkennen, dass alle beliebigen geeigneten Komponenten und Codes, welche in der Lage sind, die in den Anzeigeschirmbildern der grafischen Benutzerschnittstelle ausgeführten Methoden durchzuführen und die Interaktion mit der Steuerung **14** zu ermöglichen, wie gemäß der vorliegenden Erfindung vorgesehen verwendet werden können.

[0052] **Fig. 2** zeigt ein veranschaulichendes Datenflussdiagramm **100** für eine modellgestützte prädiktive Steuerung **14**, die mit einer grafischen Benutzerschnittstelle **50** gemäß der vorliegenden Erfindung versehen ist. Daten **102** der modellgestützten prädiktiven Steuerung umfassen Prozesssteuerungsbefehle **105** zum Steuern der Prozessanlage **12** auf eine herkömmliche, im Stand der Technik bekannte Weise. Beispielsweise berechnet eine modellgestützte prädiktive Steuerung **14** in bestimmten Zeitabständen einen optimalen stationären Zustand, der vorgibt, wo die Werte bestimmter Prozessvariablen sein sollten. Daraufhin berechnet die Steuerung einen dynamischen Satz von Änderungen für die Stellgrößen, um den Prozessor durch Übergeben der gewünschten Änderungen für die Stellgrößen an die Vorrichtungen zum Implementieren derartiger Änderungen, z. B.

[0053] Untersteuerungen **16**, Ventile, andere "Handgriffe" usw., auf reibungslose Weise in den stationären Zustand zu bringen. Mit anderen Worten: die Prozesssteuerbefehle **105** werden zum Steuern der Stellgrößen bereitgestellt.

[0054] Die modellgestützte prädiktive Steuerung **14** generiert verschiedene Werte, die der grafischen Benutzerschnittstelle **50** als Daten bereitgestellt werden, welche sich auf die verschiedenen Prozessvariablen beziehen, die in der Steuerung **14** beinhaltet sind. Die Daten **102** der modellgestützten prädiktiven Steuerung, welche der grafischen Benutzerschnittstelle **50** zur Verfügung gestellt werden, umfassen zumindest Prognosewertdaten, Aktuellwertdaten und Modelldaten **103**. Beispielsweise umfassen die Prognosewertdaten jene Daten, die auf den zukünftigen Steuerbewegungen beruhen, welche für die verschiedenen Prozessvariablen berechnet werden, wie vorhin beschrieben wurde. Beispielsweise kann, wie oben angeführt wurde, die modellgestützte prädiktive Steuerung **14** 60–120 Steuerbewegungen in die Zukunft hinein berechnen, wobei zugeordnete Prognosewerte für die Prozessvariablen, insbesondere für die Stellgrößen und die Steuergrößen, generiert werden.

[0055] Die Aktuellwertdaten, welche der grafischen Benutzerschnittstelle **50** zur Verfügung gestellt werden, umfassen aktuell gemessene Werte von einer beliebigen Anzahl von Quellen. Beispielsweise können aktuelle Werte von einer beliebigen der Unter-

steuerungen, einschließlich Sensoren, Ventilstellungen usw., gemessen werden. Ferner können derartige Daten direkt von einer Komponente der Prozessanlage **12** zur Verfügung gestellt werden oder ein Wert sein, der für eine Prozessvariable, z. B. eine Steuergröße, von der Steuerung **14** generiert wird.

[0056] Modelldaten umfassen statische Informationen, beispielsweise jene, welche sich auf die Steuerung **14** selbst beziehen, z. B. Verstärkungsbeziehungen zwischen einer Steuergröße und einer Stellgröße, Verzögerungswerte, Koeffizienten verschiedener Modellgleichungen usw. Im Allgemeinen sind derartige Daten feste Daten und werden im Gegensatz zu den anderen Datenarten, die sich laufend ändern, in vielen Fällen der grafischen Benutzerschnittstelle einmal übergeben.

[0057] Die Prognosewertdaten, Aktuellwertdaten und Modelldaten werden der Rechnerverarbeitungseinheit **52** zur Verfügung gestellt und vom grafischen Benutzerschnittstellenmodul **70** und Datenanalysemodul **72** wie erforderlich verwendet, um die Schirmbilder anzuzeigen, wie in diesem Dokument ausführlicher beschrieben wird. Beispielsweise empfängt das grafische Benutzerschnittstellenmodul **70** Aktuellwertdaten von der Steuerung **14** und verwendet derartige aktuelle Daten, um Anzeigegenstände **108** zur Anzeige zu aktualisieren. Ferner werden beispielsweise über die Rechnerverarbeitungseinheit **52** an das grafische Benutzerschnittstellenmodul **70** Benutzereingabedaten **110** zur Rückübertragung an die modellgestützte prädiktive Steuerung **14** übergeben. Benutzereingabedaten können beispielsweise geänderte Grenzen für eine bestimmte Prozessvariable umfassen, welche der Steuerung **14** zur Verwendung bei weiteren Steuer- und Optimierungsberechnungen zur Verfügung gestellt werden.

[0058] Das Datenanalysemodul **72** arbeitet mit Daten, welche von der Steuerung **14** zur Verfügung gestellt werden, um Daten zum Anzeigen von Objekten **108** bereitzustellen. Beispielsweise kann das Datenanalysemodul **72** aktuelle Daten über einen Zeitraum empfangen und speichern, um Trends in derartigen historischen gespeicherten Daten für eine oder mehrere Prozessvariable(n) zu beschreiben. Derartige Trends können dann angezeigt werden, wie in diesem Dokument ausführlicher beschrieben wird, unter Verwendung grafischer Trendformelemente, welche verallgemeinerten Kurven derartiger Daten ähneln. Ferner kann das Datenanalysemodul **72** Vergleiche zwischen Aktuellwertdaten und eingestellten Grenzen durchführen, um geeignete Farbinformationen als Möglichkeit des Lenkens der Aufmerksamkeit eines Benutzers auf bestimmte auf der grafischen Benutzerschnittstelle **50** angezeigte Informationen anzuzeigen. Das Datenanalysemodul kann nach Abschluss der Verarbeitung der dadurch empfangenen Daten Daten für die direkte Bedienung von Anzeigegenständen **108** zur Verfügung stellen oder dem grafischen Benutzerschnittstellenmodul **70** Informationen zur Verfügung stellen, wobei das grafische Benutzer-

schnittstellenmodul **70** jedwede erstrebenswerte Bedienung von Anzeigegenständen **108** ermöglicht.

[0059] **Fig. 3** ist ein allgemeines Diagramm, welches ein veranschaulichendes Anzeigeschirmbild für die grafische Benutzerschnittstelle **50** darstellt. Im Allgemeinen ist das betrachtbare Feld des Anzeigeschirmbildes in drei funktionelle Bereiche geteilt, umfassend die Mehrvariablen-Prozessübersichtsanzeigeregion **150**, die Mehrvariablen-Prozessmatrixanzeigeregion **200** und die Prozessvariablendetail- und -änderungsansichtsanzeigeschnittstellenregion **250**.

[0060] **Fig. 4** ist eine Objektmodellübersicht **300** für das Anzeigeschirmbild, das in **Fig. 3** dargestellt ist. Im Allgemeinen ist das Hauptdatenobjekt ein Punkt **306** aus einer Mehrzahl von Punkten **304**, welche Punkte vom Stellgrößentyp, vom Steuergrößentyp oder vom Störgrößentyp sein können. Der Punkt weist zahlreiche damit verbundene Attribute und Verfahren auf. Jeder Punkt ist dafür zuständig, sich selbst in dem(dem) geeigneten Anzeigegenstand(en) anzuzeigen. Jeder Punkt wird gegebenenfalls, wenn sich Daten ändern, aktualisiert und aktualisiert Anzeigegenstände je nach Bedarf.

[0061] Das Shell-Objekt **302** ist der Behälter für die grafische Benutzerschnittstellenanwendung und umfasst alle Punkte/Objekte, die nicht getrennt auf der Objektmodellübersicht dargestellt werden, z. B. die Iterationszeituhr **157**, die allgemeinen Steuerungsinformationen **151**, Registerkarten für Behälter für visuelle Objekte wie in der Registerkartenregion **211**, Datum **146** usw. Das Shell-Objekt **302** entspricht dem Anzeige-Shell **140** aus **Fig. 3**.

[0062] Die Objektverbindbarkeit und Steuerung der anderen Punkte/Objekte, welche getrennt auf der Objektmodellübersicht angezeigt werden, sollen durch Beschreiben einiger der Objekte umfassend beschrieben werden. Beispielsweise kann das Prozessvariablenübersichtsanzeigegenstand **308**, welches der Trendübersichtsanzeige **152** entspricht, ein Rahmenbehältergehäuse für Grafiken sein. Derartige Behälter können für einen Satz von Bildern, die Zustandsinformationen von Punktobjekten darstellen, vorgesehen sein. Eine Bildlistensteuerung ist ein Teil dieses Objekts **308** und enthält alle möglichen Bilder für die Icons, welche unten ausführlicher beschrieben werden. Während der Systemkonfiguration werden die Positionen der möglichen Icon-Bilder den Punktobjekten zugeordnet. Zum Zeitpunkt der Datenaktualisierung werden die Punktobjekte das Anzeigegenstand **308** auffordern, die Icons, welche für den Zustand der Punkte geeignet sind, welcher durch die Auswertung von Zustandsschätzalgorithmen bestimmt wurde, z. B. Algorithmen zum Reduzieren historischer Daten zu Trendverhaltenweisen, anzuzeigen, was unten ausführlicher beschrieben wird.

[0063] Ferner ist beispielsweise das Prozessvariablen-Maßobjekt **308**, welches der Prozessvariablen-Maßschnittstelle **256** entspricht, einem Punktobjekt

jekt, welches die Anzeige ändert, zueigen. Der Benutzer kann über diese Schnittstelle Änderungen an den Punktojektattributen, z. B. an Grenzen, vornehmen, und die Änderung kann durch Verwendung einer Texttafel oder durch Verschieben eines Grafikelements, z. B. eines Grenzwertmerkers, der mittels einer Maus verschoben wird, vorgenommen werden. [0064] Gleichweise ist jeder Punkt dafür zuständig, sich selbst als geeignetes Prozessvariablen-Maßobjekt **308** darzustellen.

[0065] Es wird zu erkennen sein, dass jedes der Objekte in **Fig. 4** einem in **Fig. 3** dargestellten Objekt entspricht. Beispielsweise entspricht das Blasenmaßobjekt **310** einer zusammenfassenden Grafikvorrichtung **212**, das Änderungsansichtsanzeigebjekt **311** entspricht der Anzeigeschnittstellenregion **250**, das Änderungsprotokollobjekt **316** entspricht dem Protokoll **260**, das Matrixanzeigeobjekt **312** entspricht der Matrixanzeige **201**, das kritische Parameterlistenobjekt **314** entspricht der kritischen Parameterliste **154**, das Funktionswertkurvenobjekt **320** entspricht der Funktionskurve **159** und das Prozessvariablen-detailanzeigeobjekt **324** entspricht der PV-Detailanzeige, welche durch Verwendung der Registerkarte "PV Detail" in der Registerkartenregion **211** ausgewählt werden kann.

[0066] Die Mehrvariablen-Prozessübersichtsanzeigeregion **150** ist im Allgemeinen in vier funktionelle Bereiche geteilt, um Benutzer auf vor kurzem erfolgte Änderungen und mögliche Probleme hinzuweisen. Diese Übersichtsanzeigeregion **150** bietet eine besondere Unterstützung für Schichtwechsel, z. B. den Wechsel von Bedienpersonen zwischen Schichten, und das periodische Überwachen der Steuerung **14**. Im Allgemeinen umfassen die vier funktionellen Bereiche der Übersichtsanzeigeregion **150** die Steuerungsinformationen **151**, die Mehrvariablenprozess-trendanzeige **152**, die kritische Parameterliste **154** und die Trendkurvenregion **156**. Jede dieser vier funktionellen Regionen wird unten beschrieben, wobei die Mehrvariablenprozess-trendanzeige **152** besonders ausführlich mit Bezugnahme auf **Fig. 5A–5B** beschrieben wird.

[0067] Die Steuerungsinformationen **151** erscheinen am oberen Ende der Übersichtsanzeigeregion **150** in Form einer Anzahl von Textfeldern und Pull-Down-Menüs. Zunächst befindet sich in der linken oberen 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**, welche den Namen der betreffenden angezeigten Steuerung anzeigt. Wenn mehr als eine Steuerung verfügbar ist, kann eine Pull-Down-Menü-Schaltfläche verwendet werden, um dem Benutzer zu ermöglichen, eine Auswahl aus einer Liste anderer Namen zu treffen. Unter diesen Punkten befinden sich Steuerungsmodi **153** und die Statusanzeige **155**. Beispielsweise können die Statusanzeigen Anzeigen wie Optimierung, Bedienungszwangsbedingungen

usw. umfassen. Der Benutzer kann beispielsweise mittels eines Pull-Down-Menüs einen Steuerungsmodus **153** wie ein, aus, warm usw. auswählen. Der Modus kann sich in Abhängigkeit des Steuerungszustands ändern. Schließlich hält eine Uhr **157** die Sekunden seit dem Beginn der letzten Steuerungsabarbeitung fest.

[0068] Die kritische Parameterliste **154** liefert benutzerdefinierte Informationen über einen Satz standortspezifischer Parameter. Diese Parameter könnten ein vorgegebener Satz kritischer Prozessvariablen oder eine dynamische Liste, beispielsweise Prozessvariablen nahe oder außerhalb ihrer Grenzen oder Prozessvariablen, die andere Kriterien erfüllen, sein. Die kritischen Parameterinformationen liefern Detailinformationen über einen kleinen Satz von Variablen, welche einige Kriterien für ein kritisches Wesen erfüllen. Beispielsweise kann eine derartige kritische Parameterliste **154** benutzerdefiniert sein, derart, dass alle verfügbaren besonderen Eigenschaften regelmäßig aktualisiert werden können.

[0069] Die Trendregion **156** kann eine beliebige Anzahl von Trendkurven umfassen, welche für eine Gesamtfunktionalität des Systems repräsentativ sind.

[0070] Beispielsweise bietet, wie aus der Trendregion **156** hervorgeht, eine objektive Funktionswertkurve **159** einem Benutzer einen gewissen Einblick in wie gut die Steuerung den Prozess optimiert. Ferner kann beispielsweise eine Energiekurve, die ausgebildet ist, um dem Benutzer ein Gefühl dafür zu geben, wie hart die Steuerung arbeitet, um die Stellgrößen einzustellen, gezeigt werden. Wie durch die objektive Funktionswertkurve **159** dargestellt wird, können verschiedene Farbtöne verwendet werden, um Grenzen anzuzeigen, um dem Benutzer weitere Informationen zu liefern, beispielsweise wann die Kurvenwerte den Benutzer warnen sollten, dass die Steuerung nicht wirksam funktioniert.

[0071] Die Mehrvariablen-Prozessübersichtstrendanzeige **152** ist in **Fig. 5A** und **5B** ausführlicher dargestellt. Die Trendanzeige **152** codiert historische Trends für Prozessvariablen in Trendformelemente. Jedes Trendformelement ist für ein Trendverhalten repräsentativ. Vorzugsweise ist jedes der Trendformelemente für eine aus einem vorgegebenen Satz von Prozess-trendverhaltensweisen repräsentativ. Allerdings können derartige Trendformelemente dynamische Trends, z. B. Diagramme von tatsächlichen Datenpunkten wie ausgewählten oder abgetasteten Datenpunkten, darstellen. In diesem Dokument bezeichnet der Begriff 'historisch' jedweden Zeitraum vor einer aktuellen Referenzzeit.

[0072] Die Prozess-trendverhaltensweisen umfassen vorzugsweise, wie unten in einem veranschaulichenden Satz von Trendelementen beschrieben wird, Verhaltensweisen, welche die Änderungsrate der Prozessvariablen (z. B. Geschwindigkeit (erste Ableitung)) und die Änderungsrate der Geschwindigkeit (d. h. Beschleunigung (zweite Ableitung)) anzeigen. Zweck der Mehrvariablenprozess-trendanzeige

**152** ist es, dem Benutzer eine übergeordnete Übersicht über den Zustand des Prozesses und der Steuerung zur Verfügung zu stellen. Die Trendanzeige **152** vertraut auf die Fähigkeit des Benutzers, Anomalien in optischen Mustern zu erkennen.

[0073] Die Trendanzeige **152** ist eine grafische Anzeige für die Resultate eines Signaltrendanalysealgorithmus des Datenanalysemoduls **72**, welcher hinsichtlich Daten von der Steuerung **14** ausgeführt wurde. Diese Art einer Massendatenanzeige liefert eine einfach zu erfassende Anzeige des Status vieler Prozessvariablen, hinsichtlich derer der Algorithmus ausgeführt wird. Der Algorithmus ist in der Lage, andere Arten von Informationen (z. B. Abweichung von Prognosewerten, Auswahl einer Variablen und unerwartete Zustandsänderung) optisch zu kodieren, und unterstützt die Navigation für die grafische Benutzerschnittstelle **50**.

[0074] Die Mehrvariablen-Prozessübersichtstrendanzeige **152** umfasst ein Feld von Übersichtsanlagenkomponenten-Icons, in welche Trendformelemente **176** eingebettet sind. Die Trendformelemente **176** können beispielsweise Teil eines Feldes eines Pixelmusters sein, z. B. eines Pixelmusters mit  $16 \times 16$  Bildpunkten, was in diesem Dokument als ein Prozessvariablen-trend-Icon **172** bezeichnet wird. Die Anlagenkomponenten-Icons **161-164** sind vorzugsweise ausgebildet, um einer Anlagenkomponente der Prozessanlage **12** zu entsprechen. Ferner sind derartige Anlagenkomponenten-Icons **161-164** auf der Trendanzeige **152** vorzugsweise gemäß ihrem funktionellen Ort im kontinuierlichen Mehrvariablenprozess, der gesteuert wird, angeordnet.

[0075] Die Prozessvariablen-trend-Icons **172** sind in den Rahmen eingebettet, der durch die Anlagenkomponenten-Icons **161-164** definiert wird; wobei jedes ein Trendformelement **176** umfasst. Die Anlagenkomponenten-Icons **161-164** weisen in ihnen eingebettet ein Prozessvariablen-trend-Icon **172** für jede Prozessvariable auf, welche jener betreffenden Anlagenkomponente der Prozessanlage zugeordnet ist. Beispielsweise umfasst, wie in **Fig. 5A** dargestellt ist, das Anlagenkomponenten-Icon **161** zwei Stellgrößen **166**, zwei Störgrößen **168** und vier Steuergrößen **170**, welche einer bestimmten Anlagenkomponente **161** zugeordnet sind. Das Anlagenkomponenten-Icon **162** umfasst zwei Prozessvariablen-trend-Icons **172**, das Anlagenkomponenten-Icon **163** umfasst dreizehn Prozessvariablen-trend-Icons **172** und das Anlagenkomponenten-Icon **164** umfasst acht Prozessvariablen-trend-Icons **172**. Vorzugsweise sind die Trendformelemente in nächster Nähe zueinander angeordnet, um zu ermöglichen, dass ein Benutzer Änderungsmuster zwischen derartigen angeordneten Trendformelementen **176** wahrnehmen kann.

[0076] Das Prozessvariablen-trend-Icon **172** vermittelt mehrere Arten von Informationen. Zunächst sorgt der Signaltrendanalysealgorithmus, der ein Teil des Datenanalysemoduls **72** der grafischen Benutzerschnittstelle **50** ist, für die Reduktion des Trendverhaltens einer Prozessvariablen zu primitiven Trendelementen, die für Verhaltensweisen repräsentativ sind. Beispielsweise wird, wie aus **Fig. 5B** hervorgeht, ein Satz von Trendformelementen **176** dargestellt. Der Satz von Trendformelementen **176** umfasst sieben grafische Elemente **180-186**; wobei jedes für ein anderes Trendverhalten repräsentativ ist. Zur Veranschaulichung sei festgehalten, dass die sieben Grafikelemente **180-186** die folgenden Trendverhaltensweisen darstellen, welche die Änderungsrate (d. h. Geschwindigkeit) von Prozessvariablenwerten und auch die Änderungsrate von Geschwindigkeit (d. h. Beschleunigung) für die Prozessvariablenwerte anzeigen. Das Trendformelement **180** stellt ein stationäres Verhalten dar, das Trendformelement **181** stellt ein Anstiegsverhalten dar, das Trendformelement **182** stellt ein Abfallverhalten dar, das Trendformelement **183** stellt ein Verhalten mit Zunehmen bei einer abnehmenden Rate dar, das Trendformelement **184** stellt ein Verhalten mit Zunehmen bei einer zunehmenden Rate dar, das Trendformelement **185** stellt ein Verhalten mit Abnehmen bei einer abnehmenden Rate dar und das Trendformelement **186** stellt ein Verhalten mit Abnehmen bei einer zunehmenden Rate dar.

[0077] Der Signaltrendanalysealgorithmus reduziert historische Daten, die von der modellgestützten prädiktiven Steuerung **14** empfangen werden, zu einem der Trendformelemente **180-186** aus dem Satz von Trendformelementen **176**. Der Algorithmus ermöglicht nach dem Vergleichen und Bestimmen, welches Trendverhalten die historischen Daten für die analysierte Prozessvariable besser darstellt, die Anzeige des geeigneten Trendformelements **180-186**, welches dem ermittelten Trendverhalten entspricht. Vorzugsweise wird jede Prozessvariable auf diese Weise zu einem Trendverhalten reduziert, und ein entsprechendes Trendformelement wird für die Prozessvariable angezeigt.

[0078] Im Allgemeinen und vorzugsweise sind die Trendformelemente **176** jeweils eindimensionale Formen. Die eindimensionalen Formen ähneln vorzugsweise einer generischen Kurve des spezifischen Trendverhaltens, welchem sie entsprechen, z. B. eine horizontale gerade Linie für ein stationäres Verhalten.

[0079] Einschlägig versierte Fachleute werden der in diesem Dokument enthaltenen Beschreibung entnehmen können, dass jeder beliebige Algorithmus, der in der Lage ist, historische Daten für eine Prozessvariable zu einer aus einem Satz von Trendverhaltensweisen zu reduzieren, gemäß der Erfindung verwendet werden kann. Ferner können verschiedene Arten von Trendelementformen verwendet werden, um die verschiedenen Arten von Trendverhaltensweisen darzustellen. Verschiedene Quellen beschreiben Algorithmen, die sich für die Trendanalyse eignen, unter anderem: Xia, Betty Bin. "Similarity Search in Time Series Data Sets", M.S. Thesis, Si-

mon Fraser University (1997); Bakshi, B.R. and Stephanopoulos, G. "Representation of Process Trends-III. Multiscale Extraction of Trends from Process Data", Computers & Chemical Engineering, Volume 18, S. 267–302 (1994); Janus, 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 patternrecognition 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, Bd. 14, Nr. 4–5, S. 495–510 (Mai 1990).

[0080] Jeder beliebige Algorithmus, der historische Daten, vorzugsweise junge historische Daten, auf Trendverhaltensweisen reduziert, die durch ein primitives Trendelement, z. B. verallgemeinerte Kurven, die durch einfache Linienelemente dargestellt werden, angezeigt werden können, kann gemäß der vorliegenden Erfindung verwendet werden.

[0081] Farbcodieren kann ebenfalls verwendet werden, um andere Eigenschaften der Prozessvariablen zu definieren. Beispielsweise kann das Trendformelement **176**, welches im Prozessvariablenübersichts-Icon **172** angezeigt wird, farbcodiert sein, um die Beziehung zwischen einem aktuellen Wert der Prozessvariablen und benutzerdefinierten Grenzen für die Prozessvariable widerspiegeln. Beispielsweise kann das Trendformelement **176** im Anlagenübersichts-Icon **162** schwarz gefärbt sein, um anzuzeigen, dass der aktuelle Wert für die Prozessvariable innerhalb der benutzerdefinierten Grenzen liegt, es kann gelb gefärbt sein, um anzuzeigen, dass der aktuelle Wert der Prozessvariablen innerhalb eines bestimmten Prozentsatzes der benutzerdefinierten Grenzen liegt, oder es kann rot gefärbt sein, um anzuzeigen, dass der aktuelle Wert für die Prozessvariable zumindest um einen bestimmten Prozentsatz außerhalb der benutzerdefinierten Grenzen liegt. Derartige Grenzen werden unten mit Bezug auf andere Abschnitte der grafischen Benutzerschnittstelle **50** ausführlicher beschrieben.

[0082] Ferner kann Farbcodieren für den Hintergrund **177** eines Prozessvariablen-Trend-Icons **172** verwendet werden, wie es im Anlagenkomponenten-Icon **162** dargestellt wird. Beispielsweise können Farben aus einem Satz Farben in jeden beliebigen Algorithmus, Alarm oder Sensor eingegeben werden, welcher sich für eine bestimmte Anwendung eignet. Wenn beispielsweise ein Alarmfall für die Prozessvariable offensichtlich ist, kann der Hintergrund **177** des Trend-Icons eine grüne Farbe aufweisen.

[0083] Jedes der Prozessvariablen-Trend-Icons **172** ist mit einer entsprechenden Prozessvariablen verknüpft, für welche der Trendanalysealgorithmus abgearbeitet wird. Die Prozessvariablen-Trend-Icons **172** sind in zugeordnete statische Anlagenkomponen-

ten-Icons **161–164** oder Pixelmuster eingebettet, welche die Anlagenkomponente widerspiegeln, für welche die Prozessvariable gilt, z. B. zwei Prozessvariablen gelten für die Anlagenkomponente **162**. Die Anlagenkomponenten-Icons **161–164** gruppieren die Prozessvariablen-Trend-Icons **172** sowohl optisch als auch konzeptuell, um dem Benutzer eine bessere Übersicht darüber zu bieten, wo ein Problem für die Steuerung **14** lokalisiert sein könnte. Ein derartiges Gruppieren von Trend-Icons **172** wird durch Gruppieren der Trend-Icons **172** in Gruppen von Prozessvariablentypen (z. B. Stellgrößen, Steuergrößen und Störgrößen) weiter verstärkt. Wie beispielsweise aus **Fig. 5A** hervorgeht, sind dort mit Bezugnahme auf das Anlagenkomponenten-Icon **161** Stellgrößen **166** im oberen Bereich des Anlagenkomponenten-Icons **161** gruppiert, Störgrößen **168** unter den Stellgrößen **166** gruppiert und Steuergrößen **170** in der unteren Region des Anlagenkomponenten-Icons **161** gruppiert. Die Gruppierungen von Variablen nach Typen werden durch dünne Linien getrennt, um die Gruppen zu unterscheiden.

[0084] Die Prozessvariablen-Trend-Icons **172** müssen nicht in Anlagenkomponenten-Icons **161–164** eingebettet werden, um wirksam zu sein. Beispielsweise können derartige Trend-Icons **172** in einem Zeilen-und-Spalten-Format angeordnet werden, mit Text, der den Namen der Prozessvariablen angibt, angeordnet werden oder auf andere Weise, die vorteilhaft dafür sein kann, den Benutzer beim Erkennen der relevanten Informationen daraus zu unterstützen, konfiguriert werden.

[0085] Ferner können Trendformelemente **176**, die für das Verhalten der Prozessvariablen repräsentativ sind, allein oder als Teil eines Pixelmusters wie jenes des Trend-Icons **172**, welches einen Hintergrund für das Trendformelement bereitstellt, angezeigt werden. Einschlägig versierte Fachleute werden erkennen, dass mehr als ein Trendformelement in einem Trend-Icon **172** verwendet werden kann, um den Verhaltenstrend darzustellen. Beispielsweise kann ein Trendformelement, welches einen Winkel von 45°, der sich im Trend-Icon **172** nach oben erstreckt, gemeinsam mit einem Symbol, das für eine abnehmende Rate, z. B. ein D, repräsentativ ist, verwendet werden, um eine bestimmte Rate darzustellen, mit welcher die Prozessvariable ansteigt. Gleichermassen kann jede beliebige Anzahl von Kombinationen aus primitiven Trendformen verwendet werden, um Verhaltenstrends für die Prozessvariable darzustellen. Die vorliegende Erfindung ist weder auf einen bestimmten Satz von Trendformelementen noch auf einen Satz von dadurch dargestellten Verhaltenstrends beschränkt. Gleichermassen können Elemente, die für Grenzen für die Prozessvariable repräsentativ sind, im Trend-Icon angezeigt werden, z. B. eine Linie am oberen Ende des Icons **172** für eine obere Grenze. Beispielsweise könnte die Anzeige einer Grenzlinie verwendet werden, um zu zeigen, dass sich der aktuelle Wert für die Prozessvariable in die Nähe eines

benutzerdefinierten oberen Grenzwertes bewegt.

[0086] Ferner umfasst die Mehrvariablenprozessübersichtstrendanzeige **152** einen Statusbalken **160**, um Benutzer dabei zu unterstützen, zusätzliche Informationen über die Trend-Icons **172** in Erfahrung zu bringen. Beispielsweise wird, wenn eine Maus über ein Übersichtstrend-Icon **172** geführt wird, eine Beschreibung der Prozessvariablen, welche dem Trend-Icon entspricht, gemeinsam mit einer Kurzbeschreibung von zusätzlichen Informationen, beispielsweise einem Bedenklichkeitsmerker oder einer Grenzannäherungswarnung in Textform oder jedem anderen gewünschten Textobjekt, angezeigt. Der Statusbalken **160** bietet dem Benutzer Gelegenheit, Informationen einzuholen, ohne zu zusätzlichen Schirmbildern hinzunavigieren, wenn der Benutzer einen ungewöhnlichen Zustand, beispielsweise ein Trendformelement **185** für Abnehmen mit einer abnehmenden Rate, wahrnimmt. Der Statusbalken **160** kann dazu dienen, die Erwartung eines abnormalen Signals durch einen Benutzer zu bestätigen oder die Problemlösetätigkeit, welche folgen sollte, zu lenken. [0087] Ferner ermöglicht die Mehrvariablenprozessübersichtstrendanzeige **152** die Navigation zu ausführlicheren Informationen. Beispielsweise ist jedes der Trend-Icons **172** mit einer bestimmten Zeile oder Spalte der Mehrvariablenprozessmatrixanzeige **201** verknüpft, wie unten mit Bezugnahme auf Fig. 9 und 10 ausführlicher beschrieben wird. Ferner kann jedes der Trend-Icons **172** oder nur das Trendformelement mit der Prozessvariablendetail- und -änderungsansichtsanszeigeschnittstellenregion **250** verknüpft sein. Wenn ein Benutzer eines der Trend-Icons **172** auswählt, wird eine entsprechende Zeile/Spalte einer Matrixanzeige **201** hinterlegt, und darüber hinaus werden ausführlichere Informationen in Bezug auf die Prozessvariable, welche dem ausgewählten Trend-Icon **172** entspricht, in der Prozessvariablendetail- und -änderungsansichtsanszeigeschnittstellenregion **250** dargestellt.

[0088] Einschlägig versierte Fachleute werden aus der in diesem Dokument enthaltenen Beschreibung erkennen, dass die Mehrvariablenprozessübersichtstrendanzeige **152** Benutzern dabei hilft, die Leistung eines Mehrvariablenprozesses zu überwachen. Für einen stabilen Prozess erscheinen die Trend-Icons **172** flach und unauffällig. Wenn Prozessvariablen im Prozess von stabilen Zuständen abweichen und beginnen, in andere Zustände überzugehen, werden die Trend-Icons **172** durch geneigte und gekrümmte Linien verzerrt, wie durch die bevorzugten Trendformelemente **176** in Fig. 5B dargestellt wird. Diese Verzerrung ist einfach zu erkennen und lenkt die Aufmerksamkeit des Benutzers auf die in einem Übergang befindlichen Prozessvariablen und macht sie auf derartige Änderungen aufmerksam. Im Kontext der gesamten Prozessschnittstelle können die einzelnen Trend-Icons **172** mit ausführlicheren Informationen über die wie oben beschrieben in einem Übergang befindliche Prozessvariable verknüpft werden,

beispielsweise durch Auswahl mittels Mausklick oder durch Auswahl mittels einer Tastatur.

[0089] Ferner werden einschlägig versierte Fachleute erkennen, dass die ausführlicheren Informationen, die in der Prozessvariablendetail- und -änderungsansichtsanszeigeschnittstellenregion **250** für ein ausgewähltes Übersichtstrend-Icon **172** angezeigt werden, besonders vorteilhaft sind, insofern, als sowohl die Anzeigeregion **150** als auch die Anzeigeschnittstellenregion **250** auf einem einzigen Schirmbild angezeigt werden. Dadurch wird die Navigation für den Benutzer überaus einfach gestaltet, und der Benutzer verfügt über mehr als eine Art von auszuwertenden Informationen auf demselben Schirmbild. [0090] Die Prozessvariablendetail- und -änderungsansichtsanszeigeschnittstellenregion **250** wird weiterhin in Fig. 6 ausführlich dargestellt. Die Prozessvariablendetail- und -änderungsansichtsanszeigeschnittstellenregion **250** ermöglicht dem Benutzer, Steuergrenzen einer Prozessvariablen zu bedienen und sowohl eine optische als auch eine schriftliche Geschichte der Grenzbereiche und aktuellen Werte einer Prozessvariablen zu betrachten. Die Anzeigeschnittstellenregion **250** versucht, den Benutzer dabei zu unterstützen, exakte und gut informierte Grenzwertänderungen in einem sinnvollen Zusammenhang vorzunehmen.

[0091] Die Prozessvariablendetail- und -änderungsansichtsanszeigeschnittstellenregion **250** umfasst eine Trendgeschichte/Prognose-Kurve **252**, eine Prozessvariablenmaßschnittstelle **256** und eine Schaltflächenschnittstelle **258**. Einschlägig versierte Fachleute werden erkennen, dass Fig. 6 gegenüber der Anzeigeregion **250**, die in Fig. 3 dargestellt ist, geringfügig modifiziert ist. Allerdings sind im Allgemeinen nur Teile des Anzeigeschirmbilds neu angeordnet und andere Namen für verschiedene Schaltflächen mit Bezug auf die Schaltflächenschnittstelle **258** vorgesehen.

[0092] Im Allgemeinen ermöglicht die Prozessvariablenmaßschnittstelle **256** der Anzeigeschnittstellenregion **250** dem Benutzer, aktuelle Grenzen im Zusammenhang mit dem aktuellen Wert der Prozessvariablen zu betrachten und zu bedienen, wie unten ausführlicher beschrieben wird. Die Schaltflächenschnittstelle **258** ermöglicht dem Benutzer, Prognosen und die Auswirkung, welche eine kleine Änderung einer Grenze nach sich ziehen wird, zu betrachten, die Steuerung anzuweisen, diese Änderungen durchzuführen, und die Grenzen auf Werte zurückzusetzen, die in einem vorherigen Steuerzeitraum verwendet wurden. Beispielsweise stößt die Schaltfläche "What If" **601** die Steuerung dazu an, eine Iteration durchzuführen, derart, dass Prognosen hinsichtlich einer geänderten Grenze, welche vom Benutzer realisiert wurde, wie unten ausführlicher beschrieben wird, generiert und in der Anzeigeregion **260** betrachtet werden können. Die Schaltfläche "Enter" **602** weist dann die Steuerung an, diese Grenzwertänderungen durchzuführen, wenn der Benutzer dies

wünscht. Ferner setzt die Schaltfläche "Restore" **603**, wenn sie betätigt wird, die Grenzen auf die Werte, die im vorhergehenden Steuerzeitraum verwendet wurden, wenn der Benutzer keine Grenzwertänderungen vornehmen möchte.

[0093] Die Trendgeschichte/Prognose-Kurve **252** bietet erweiterte Trenderstellungskapazitäts- und -flexibilitätszeitskalenbedienungen. Ein ausführlicheres Diagramm der Trendgeschichte/Prognose-Kurve **252** ist in **Fig. 8** dargestellt. Neben einer Nachverfolgung **350** historischer Werte einer bestimmten Prozessvariablen zeigt diese Kurve **252** auch eine Prognosetrendnachverfolgung **352** des erwarteten Verhaltens für die Prozessvariable. Ferner kann eine Zeitskala (z. B. ein kürzerer oder längerer Zeitraum) und/oder ein Zeitrahmen (z. B. ein früherer oder späterer Zeitraum), welche in der Trendgeschichte-Kurve **350** und in der Prognose-Kurve **352** widerspiegelt werden, eingestellt werden.

[0094] Die vertikale Skala **357** der Trendgeschichte/Prognose-Kurve **252** entspricht der Skala, welche durch die Prozessvariablenmaßschnittstelle **256** vorgegeben wird, wie unten ausführlicher beschrieben wird. Mit anderen Worten sind harte obere und untere Engineering-Grenzen für die Kurve **252** und die Prozessvariablenmaßschnittstelle **256** gleichwertig. Eine derartige Gleichwertigkeit macht es einfach, den Trend mit der Prozessvariablenmaßschnittstelle **256** zu vergleichen. Zwei Balken, ein Balken am oberen Ende **354** und ein Balken am unteren Ende **355**, stellen die Geschichte von Grenzen, die für die Prozessvariable eingestellt wurden, dar. Beispielsweise spiegelt der untere Balken **355** das  $\Delta$  zwischen den Einstellungen für die benutzerkonfigurierte untere Grenze und die harte untere Engineering-Grenze und der obere Balken **354** das  $\Delta$  zwischen den Einstellungen für die benutzerkonfigurierte obere Grenze und die harte obere Engineering-Grenze wider. Wie aus **Fig. 8** hervorgeht, spiegelt der untere Balken **355** wider, dass das  $\Delta$  während des Zeitfensters gleich bleibt, wohingegen der obere Balken **354** dicker wird, was ein erhöhtes  $\Delta$  anzeigt. Die Farbe des Zwangsbedingungsgeschichte-Balkens kann sich in Abhängigkeit vom grenznahen Status des aktuellen Wertes der Prozessvariablen in Bezug auf benutzerdefinierte Grenzen ändern. Wenn beispielsweise der aktuelle Wert der Prozessvariablen zwischen dem benutzerkonfigurierten oberen und dem benutzerkonfigurierten unteren Grenzwert liegt, dann weist der Zwangsbedingungsgeschichte-Balken eine bestimmte Farbe, z. B. grau, auf. Wenn sich der aktuelle Wert nahe dem harten oberen oder dem harten unteren Benutzerergrenzwert befindet, dann nimmt der Balken eine andere Farbe, z. B. gelb, an. Weiterhin nimmt, wenn beispielsweise der aktuelle Wert der Prozessvariablen eine der benutzerkonfigurierten oberen oder unteren Grenzen um mehr als 1% überschreitet, der Balken noch eine andere Farbe, z. B. rot, an.

[0095] Weiterhin ist in der Prozessvariablendetail- und -änderungsansichtsanzeigschnittstellenregion

**250** ein Änderungsprotokoll **260** enthalten, wie in **Fig. 6** zu sehen ist. Das Änderungsprotokoll **260** dokumentiert automatisch kritische Informationen über Grenzwertänderungen und fordert Benutzer dazu auf, Erläuterungen für diese anzugeben. Wenn der Benutzer eine Grenzwertänderung über die Schaltflächenschnittstelle **258** mittels "Enter" eingibt, werden ein Protokolleintrag mit Feldern, welche die Prozessvariable und verschiedene Parameter angeben, beispielsweise alte und neue Werte, ein Datum- und Zeitstempel **270**, **272** und der Akteur, vorgesehen.

[0096] Die Prozessvariablenmaßschnittstelle **256** wird in **Fig. 7A–7B** ausführlicher dargestellt und mit Bezugnahme auf verschiedene ihrer Ausführungsformen beschrieben. Die verschiedenen Prozessgrenzen, welche mittels der grafischen Benutzerschnittstelle **50**, welche in diesem Dokument beschrieben wird, implementiert werden können, können eine beliebige Anzahl von Sätzen von Grenzen umfassen, und die vorliegende Erfindung ist nicht spezifisch auf eine bestimmte Art von Satz oder irgendeine Anzahl von Sätzen beschränkt. Allerdings werden bei der Prozessvariablenmaßschnittstelle **256** vorzugsweise vier Arten von Grenzen verwendet, welche mit Bezugnahme auf **Fig. 7A–7G** beschrieben werden sollen. In diesem Dokument soll zunächst eine Definition von jeder der vier Grenzen vorgesehen werden, um das Verstehen der Prozessvariablenmaßschnittstelle **256** zu erleichtern.

[0097] In diesem Dokument bezeichnen physikalische Engineering-Grenzwerte Grenzwerte, welche die physikalischen Grenzen eines Betriebsmittels oder einer Instrumentierung definieren. Sie stellen den breitestmöglichen Bereich von sinnvoller Quantifizierung einer Prozessvariablen dar. Beispielsweise kann es physikalische Engineeringgrenzen für Messungen geben, welche ein Sensor bereitstellen kann. [0098] In diesem Dokument bezeichnen harte Engineering-Grenzwerte jene Grenzwerte, welche von einem Benutzer, insbesondere von einem Regeltechniker, eingestellt werden, um einen Bereich einzurichten, in welchem eine Bedienperson oder ein anderer Benutzer sicher benutzerkonfigurierte Grenzwerte einstellen kann.

[0099] In diesem Dokument sind benutzerkonfigurierte Grenzwerte Grenzwerte, durch welche Bedienpersonen einen Einfluss auf die Steuerung **14** ausüben. Derartige Grenzen legen den Bereich fest, in welchem die regeltechnische Lösung agieren darf, wenn dieser ausreichende Freiheitsgrade zugestanden werden.

[0100] Zuletzt sind in diesem Dokument weiche Optimierungsgrenzen, welche in diesem Dokument auch als weiche Deltabänder bezeichnet werden, Pseudogrenzen, welche einen Versatz innerhalb der benutzerkonfigurierten Grenzen beschreiben, welchen die Optimierungsberechnungen einzuhalten bestrebt sind.

[0101] Die Prozessvariablenmaßschnittstelle **256** umfasst ein Prozessvariablenmaß **280**, welches eine

Maßachse **285** (für gewöhnlich nicht auf dem Schirmbild angezeigt) und eine Skala **282** umfasst, die sich die Maßachse **285** entlang und parallel dazu erstreckt. Ein oder mehrere Balken **284** erstrecken sich die Maßachse **285** entlang. Jeder Balken ist für einen Satz aus einem oberen und einem unteren Prozessgrenzwert für eine bestimmte Prozessvariable repräsentativ. Ferner wird eine grafische Form, beispielsweise ein Zeiger **297**, entlang der Maßachse **285** angezeigt, welcher für den aktuellen Wert der Prozessvariablen repräsentativ ist. Wenngleich die grafischen Balkenelemente **284**, welche sich die Maßachse **285** entlang erstrecken, eine beliebige Anzahl verschiedener Arten von Grenzen in Bezug auf die spezifische Prozessvariable darstellen können, stellt(stellen) das grafische Balkenelement oder die grafischen Balkenelemente **284** vorzugsweise einen aus der Gruppe umfassend harte Engineering-Grenzwerte und benutzerkonfigurierte Grenzwerte dar. Wahlweise können eine oder mehrere zusätzliche grafische Formen, z. B. ein Zeiger **298**, entlang der Skala **282** angeordnet werden, welche einen oder mehrere Prognosewerte für die Prozessvariable anzeigen. Beispielsweise kann der Prognosewert ein Zukunftswert oder ein stationärer Prognosewert sein. Ferner könnte(n) die zusätzliche(n) grafische(n) Formen) verwendet werden, um historische Werte, z. B. einen Mittelwert, Extremwerte, usw., anzuzeigen.

[0102] Wie aus **Fig. 7A** hervorgeht, umfasst umfassen) der eine oder die mehreren grafische(n) Balken **284** einen ersten Balken **281**, der sich die Maßachse **285** entlang erstreckt. Ein erstes oberes Ende **286** des ersten Balkens **281** ist für eine harte obere Engineering-Grenze repräsentativ, und ein zweites Ende **288** ist für eine harte untere Engineering-Grenze repräsentativ. Ferner umfassen das eine oder die mehreren grafische(n) Balkenelement(e) **284** einen zweiten Balken **283**, welcher vorzugsweise innerhalb des ersten Balkens **281** angezeigt wird. Der zweite Balken **283** ist für benutzerkonfigurierte Grenzen repräsentativ. Ein erstes Ende **290** des zweiten Balkens **283** ist für eine benutzerkonfigurierte obere Grenze repräsentativ und ein zweites Ende **291** des zweiten Balkens **283** ist für eine benutzerkonfigurierte untere Grenze repräsentativ. Es wird festgehalten, dass die Grenzen auch in Textform neben dem Maß angezeigt werden. Beispielsweise wird der harte obere Engineering-Grenzwert im Textfeld **301** angezeigt, der benutzerkonfigurierte obere Grenzwert im Textfeld **302** angezeigt, der benutzerkonfigurierte untere Grenzwert im Textfeld **304** angezeigt und der harte untere Engineering-Grenzwert im Textfeld **305** angezeigt. Der aktuelle Wert der Prozessvariablen wird im Textfeld **303** angezeigt.

[0103] Die schraffierten Regionen neben dem ersten und dem zweiten Ende **290**, **291** des zweiten Balkens **283**, welche für den benutzerkonfigurierten oberen bzw. den benutzerkonfigurierten unteren Grenzwert repräsentativ sind, sind die weichen Optimierungsgrenzen. Diese Grenzen definieren das weiche

obere Delta-Band **295** und das weiche untere Delta-Band **296**. Die schraffierten Marken sind derart ausgebildet, dass, wenn die weiche obere Delta-Grenze und die weiche untere Delta-Grenze einander überlappen (z. B. wenn die weiche obere Delta-Grenze und die weiche untere Delta-Grenze im Vergleich zur Region, welche durch die benutzerkonfigurierte obere und die benutzerkonfigurierte untere Grenze definiert wird, groß sind), die diagonalen Schraffiermarken an einem Punkt, z. B. einer Linie auf dem Graph (siehe **Fig. 7C**), relativ zum jeweiligen Ausmaß der weichen oberen und der weichen unteren Delta-Grenze, zusammenlaufen. Dieses entstehende Merkmal der grafischen Anzeige stellt exakt einen Pseudo-Sollwert, d.h. den Zieloptimierungswert, welcher vom Optimierungsalgorithmus verwendet wird, wenn die weichen Delta-Bänder einander überlappen, dar. Die Steuerung **14** wird versuchen, die Prozessvariable auf den Pseudo-Sollwert zu steuern, wenn dies irgendwie möglich ist.

[0104] Das Prozessvariablenmaß **280** umfasst weiterhin einen Obergrenzenbedienmerker **292** und einen Untergrenzenbedienmerker **293**. Diese Bedienmerker **292**, **293** können von einem Benutzer verwendet werden, um die eingestellten Grenzwerte zu ändern. Beispielsweise werden in Abhängigkeit von einer Berechtigungebene eines Benutzers die Bedienmerker an den Grenzbalken festgemacht, derart, dass dem Benutzer ermöglicht wird, diese zu bedienen, falls er dazu berechtigt ist. Beispielsweise können sich, wenngleich (wie aus **Fig. 7A** hervorgeht) nur der Obergrenzenbedienmerker **292** und der Untergrenzenbedienmerker **293** dargestellt sind, welche sich von den benutzerkonfigurierten Grenzwerten derart weg erstrecken, dass Grenzen durch einen berechtigten Benutzer geändert werden können, zusätzliche Bedienmerker von den Enden des ersten Balkens **281** auf gleiche Weise wegerstrecken, um einem Benutzer, z. B. einem Techniker mit der entsprechenden Berechtigung, zu ermöglichen, die harten Engineering-Grenzwerte zu ändern. Ferner können sich derartige Bedienmerker von Enden der weichen Delta-Bänder **295**, **296** wegerstrecken, um einem Benutzer zu ermöglichen, die weichen Optimierungsgrenzen zu modifizieren.

[0105] Die dargestellten Grenzen und der dargestellte aktuelle Wert für eine Prozessvariable werden auf einer einzigen Skala entlang einer einzigen Maßachse **285** angezeigt, um einen einheitlichen Bezugsrahmen zu schaffen. Benutzer können mittels herkömmlicher Texteintragsänderungen in Textfeldern **301–302** und **304–305** oder durch Verschieben des Bedienmerkers **292**, **293** die Maßachse **285** entlang Änderungen der Grenzen vornehmen. Diese Kombination aus Merkmalen fördert sinnvolle Änderungen von Grenzen, zumal sie es dem Benutzer ermöglicht, mit relevanten Informationen in einem einheitlichen Bezugsrahmen zu interagieren.

[0106] Die Skala **282** des Prozessvariablenmaßes **280** stellt sich automatisch ein, um sicherzustellen,



dass die Daten des Maßes in einem sinnvollen Kontext angezeigt werden. Wie aus Figur 7C hervorgeht, wird beispielsweise, wenn sich ein aktueller Prozessvariablenwert, welcher durch den Pfeil 297 dargestellt wird, außerhalb des Bereichs der harten Engineering-Grenzen befindet, die Skala 282 dynamisch umkalibriert, um auf der Skala 282 den Bereich der benutzerkonfigurierten Grenzwerte zuzüglich eines zusätzlichen Spielraums von 20% anzuzeigen. Mit anderen Worten: die Skala wurde insofern geändert, als sie nun nicht mehr bei 2.000, sondern bei 2.200 endet. Nur ein Ende der Skala 282, wo die Überschreitung stattfindet, wird rückgesetzt, und die anderen grafischen Elemente werden angepasst, um der neuen Skala zu entsprechen. Die Skala 282 wird sich schrittweise anpassen, wenn der aktuelle Prozessvariablenwert weiterhin den Bereich der harten Engineering-Grenzen überschreitet. Jedes Mal, wenn sich der Pfeil innerhalb 5% des Endes der Skala 282 bewegt, wird der Bereich der Skala um zusätzliche 20% des Bereichs der harten Engineering-Grenzen erweitert. Ein derartiges Erweiterskalieren wird beispielsweise in Fig. 7D dargestellt, wenn sich der aktuelle Wert 2.160 nähert, was durch den Zeiger 297 dargestellt wird. Der Skalenbereich wird dann auf 2.640 erweitert, was zusätzlichen 20% des vorherigen Skalenbereichs, der in Fig. 7C dargestellt ist, gleichkommt.

[0107] Farbcodieren des Zeigers 297 und anderer Elemente des Prozessvariablenmaßes 280 kann verwendet werden, um Beziehungen zwischen dem aktuellen Wert der Prozessvariablen und den benutzerkonfigurierten Grenzen für die Prozessvariable widerzuspiegeln. Beispielsweise kann die grafische Form oder der Zeiger 297 eine bestimmte Farbe, z. B. grau, aufweisen, wenn der aktuelle Wert der entsprechenden Prozessvariablen innerhalb des oberen und des unteren harten Engineering-Grenzwerts liegt (siehe Fig. 7B). Ferner kann, wenn der aktuelle Wert der entsprechenden Prozessvariablen rund um einen aus dem Paar aus oberem und unterem harten Engineering-Grenzwert liegt, beispielsweise innerhalb von 1%, der Zeiger 297 eine andere Farbe, z. B. gelb, aufweisen (siehe Fig. 7C). Darüber hinaus kann, wenn der aktuelle Wert der entsprechenden Prozessvariablen, welcher durch den Aktuellwert-Zeiger 297 dargestellt wird, um mindestens einen bestimmten Prozentsatz außerhalb der harten oberen und der harten unteren Engineering-Grenze liegt, der Zeiger 297 wiederum eine andere Farbe, z. B. rot, aufweisen (siehe Fig. 7D).

[0108] Wie aus Fig. 7D hervorgeht, liegt der aktuelle Wert für die Prozessvariable außerhalb der harten Engineering-Grenzen, welche durch den Balken 281 dargestellt werden. In einem derartigen Fall können die physikalischen Engineering-Grenzen für die Prozessvariable die Maßachse 285 entlang dargestellt sein, wie durch den in gestrichelten Linien dargestellten Balken 299 dargestellt wird. Ferner kann ein derartiger Balken 299 eine bestimmte Farbe aufweisen,

welche den Benutzer auf derartige Überschreitungen des aktuellen Werts hinweist, oder das grafische Element 299 kann eine einfache Linie oder ein Zeiger auf der Skala 282 sein, welche r) für die physikalischen Engineering-Grenzen für die Prozessvariable repräsentativ ist. Allerdings sind die physikalischen Engineering-Grenzen auf irgendeine Weise entlang der Maßachse 285 dargestellt.

[0109] Zwei weitere veranschaulichende Ausführungsformen von Fällen, bei denen das Prozessvariablenmaß 280 ein anderes Erscheinungsbild aufweisen kann, sind, wenn die Prozessvariable eine Störgröße ist und wenn die harten Engineering-Grenzwerte nicht definiert sind. Wie aus Fig. 7E hervorgeht, ist beispielsweise das Prozessvariablenmaß 280 für eine Störgröße ziemlich einfach, wobei es lediglich eine Skala 282 und einen Zeiger 297 für den aktuellen Wert der Störgröße umfasst. Es sollte angemerkt werden, dass sich die Einfachheit des Störgrößenmaßes aus der Tatsache ergibt, dass Störgrößen nicht steuerbar sind, sondern lediglich die Steuerungsinformationen liefern.

[0110] Fig. 7F stellt ein veranschaulichendes Prozessvariablenmaß 280 dar, wenn harte Engineering-Grenzwerte nicht definiert wurden. Wie dort zu sehen ist, wurden derartige Grenzen einfach vom Prozessvariablenmaß 280 entfernt. Die Skala 282 beruht, wenn die harten Engineering-Grenzwerte nicht definiert sind, auf benutzerkonfigurierten Grenzen. Beispielsweise kann die Skala 120% des Bereichs der benutzerkonfigurierten Grenzen umspannen.

[0111] Andere veranschaulichende Ansichten des Prozessvariablenmaßes 280 sind ebenfalls möglich. Beispielsweise kann, wenn ein gemeldeter Wert einer Prozessvariablen nicht innerhalb des Bereichs zwischen der oberen und der unteren Engineering-Grenze liegt oder Daten empfangen werden, die nicht zweckmäßig sind, die Hintergrundfarbe in ein helles Gelb umschlagen und/oder ein Pfeil in einem Schattenmodus angezeigt werden, welcher am letzten bekannten gültigen Wert angeordnet ist. Der Schattenpfeil wird verwendet, um anzuzeigen, dass der Wert der Prozessvariablen ungewiss ist. Der Schattenpfeil könnte einen Analysatorwert, der bei der aktuellen Steuerungs-Iteration nicht aktualisiert wurde, oder den letzten bekannten gültigen Wert für eine Variable, welche ihr Signal verloren hat, darstellen.

[0112] Wie aus Fig. 7G hervorgeht, überlappen einander die schraffierten Regionen für das weiche obere Delta-Grenzband und das weiche untere Delta-Grenzband 295, 296, wenn das weiche obere Delta-Grenzband zuzüglich des weichen unteren Delta-Grenzbandes größer als der Bereich zwischen dem benutzerkonfigurierten unteren und dem benutzerkonfigurierten oberen Grenzwert ist. Wenn dies eintritt, begegnen die beiden schraffierten Bänder einander auf einer Linie, welche angeordnet ist an: (benutzerkonfigurierter unterer Grenzwert) + [(wei-

ches unteres Delta-Grenzband)/(weiches oberes Delta-Grenzband + weiches unteres Delta-Grenzband)]. Wenn eine derartige weiche Delta-Überlappung stattfindet, sollte sich der aktuelle Wert, welcher durch den Zeiger **297** dargestellt wird, an der Kreuzung der schraffierten Regionen, d. h. am Pseudo-Sollwert, optimieren. Demnach können das weiche obere und das weiche untere Delta-Grenzband eingestellt werden, um eine Prozessvariable vorzusehen, welche auf einen Ruhewert, d. h. einen Pseudo-Sollwert, optimiert ist, wie aus **Fig. 7G** hervorgeht. Es wird zu erkennen sein, dass der Bereich des weichen oberen Delta-Grenzbands gegenüber dem weichen unteren Delta-Grenzband bestimmen wird, wo innerhalb der weichen Delta-Überlappung sich der aktuelle Wert optimieren wird. Beispielsweise wird sich, wenn das weiche obere Delta-Grenzband zweimal so groß ist wie das weiche untere Delta-Grenzband, der aktuelle Wert an einer Position optimieren, welche sich zwei Drittel von der benutzerkonfigurierten unteren Grenze nach oben in den schraffierten Regionen befindet, die für die weiche Delta-Überlappung repräsentativ sind, was durch die oben angeführte Berechnung, d. h. (benutzerkonfigurierter unterer Grenzwert) + [(weiches unteres Delta-Grenzband)/(weiches oberes Delta-Grenzband + weiches unteres Delta-Grenzband)] angegeben wird.

[0113] Benutzer können die Grenzen, auf welche sie Zugriff haben, auf mehrere Arten bedienen. In diesem Dokument werden beispielsweise mindestens zwei davon dargestellt. Benutzer können sich eines herkömmlichen Texteintrags bedienen, beispielsweise in Bezug auf Textfelder **301–302** und **303–304**, die rechts von dem Prozessvariablenmaß **280** dargestellt sind. Alternativ dazu können sie die Grenzwertmerker **292**, **293** verwenden, um die betreffenden Grenzen direkt zu bedienen. Dies könnte beispielsweise durch Anklicken des Grenzwertmerkers und Verschieben desselben zu dem neuen Wert erfolgen. Wenn der Benutzer die beiden Benutzergrenzwertmerker zu demselben Wert verschiebt, erscheint eine einzige schwarze Linie, wobei die beiden Grenzwertmerker sichtbar sind. Dies wird ein Indikator für die Sollwertsteuerung sein. Vorzugsweise ist es dem Benutzer nicht möglich, den Merker **293** für die benutzerkonfigurierte untere Grenze auf einen Wert zu verschieben, der größer als der Merker **292** für die benutzerkonfigurierte obere Grenze ist, oder umgekehrt. Ungeachtet der Methode, die verwendet wird, um eine Änderung vorzunehmen, werden die Textfelder rechts vom Prozessvariablenmaß **280** blau, bis die Schaltfläche 'Enter' oder 'Restore' der Schaltflächenschnittstelle **258** betätigt wird, um entweder die Änderung der Grenzen zu implementieren oder zuvor angezeigte Grenzen wiederherzustellen.

[0114] Das Prozessvariablenmaß **280** wird verwendet, um Parameter zu überwachen und zu bedienen, die einer bestimmten Prozessvariablen zugeordnet sind, vorzugsweise in einem kontinuierlichen Mehrvariablenprozess. Das Integrieren der Darstellung

von relevanten Informationen, z. B. des Balkenmaßes, und die Fähigkeit, steuerbare Parameter zu ändern, ermöglicht es einem Benutzer, schwierige Steuerungsänderungen vorzunehmen.

[0115] Die Mehrvariablenprozessmatrixanzeigeregion **200** umfasst eine Mehrvariablenprozessmatrixanzeige **201** und andere Anzeigen, beispielsweise das Prozessvariablendetailbild, welches in diesem Dokument mit Bezugnahme auf **Fig. 11** dargestellt und ausführlicher beschrieben wird. Beispielsweise bewirkt das Anklicken der Matrixregisterkarte im Registerkartenabschnitt **211** der Region **200**, dass die Matrixanzeige **201** angezeigt wird, wohingegen ein Anklicken oder Auswählen der Prozessvariablendetail-Registerkarte aus der Registerkartenregion **211** die Prozessvariablendetailansicht **230**, welche aus **Fig. 11** hervorgeht, zur Anzeige bringen wird.

[0116] Die Mehrvariablenprozessmatrixanzeige **201** umfasst im Allgemeinen eine Informationsmatrixanordnung **218**, welche Informationen beinhaltet, die mindestens eine Beziehung zwischen einer oder mehreren Steuergrößen und einer oder mehreren Stellgrößen beschreiben, oder Informationen, welche eine oder mehrere Eigenschaften einer oder mehrerer Prozessvariablen beschreiben. Vorzugsweise werden eine oder mehrere Steuergrößen **204** entlang einer ersten Achse der Matrixanordnung **218** angezeigt, und eine oder mehrere Stellgrößen **206** werden entlang einer zweiten Achse der Matrixanordnung **218** dargestellt. Ferner können, wie aus **Fig. 9** hervorgeht, Störgrößen **208** ebenfalls entlang derselben Achse wie die Stellgrößen **206** angezeigt werden.

[0117] Die Steuergrößen **204** und die Stellgrößen **206** und Störgrößen **208** sind ein Satz von Textbezeichnungen, die entlang den Achsen der Matrix **218** angezeigt werden. Vorzugsweise umfasst die Informationsmatrixanordnung **218** jedwede Informationen, die eine Beziehung zwischen den Steuergrößen und den Stellgrößen **206**, beispielsweise Verstärkungswerte, Verstärkungsverzögerungskurven, Verzögerungswerte, Beeinflussungsrichtung usw., beschreiben. Insbesondere umfassen derartige Informationen Verstärkungswerte **408**. Eine Verstärkungswertmatrix, welche die Beziehung zwischen Steuergrößen **204** und Stellgrößen **206** darstellt, wurde zumindest zum Teil in früheren Anzeigen zur Verwendung bei Steuerungen verwendet. Wie beispielsweise auf Seite 93 des Honeywell Users Guide beschrieben wird, welcher diesem Dokument in seiner Gesamtheit durch Bezugnahme einverleibt wird, wird eine Matrixanordnung, welche Verstärkungswerte für eine Tabelle von Stellgrößen, Steuergrößen und Störgrößen umfasst, auf einem Anzeigeschirmbild dargestellt.

[0118] Die Matrixanzeige **201**, welche in **Fig. 9** dargestellt ist, bedient sich der bekannten Verstärkungsmatrix. Beispielsweise ist eine derartige Verstärkungsmatrixanordnung **218** eine Tabelle mit stationären Verstärkungswerten **408** zwischen Stellgrößen und Störgrößen, welche spaltenweise angeordnet

sind, bezogen auf jede der Steuergrößen, die zeilenweise angeordnet sind. Die Verstärkungswerte **408** weisen sowohl eine Intensität als auch ein Vorzeichen auf. Um die Komplexität der Matrixinformationen zu reduzieren, können die Verstärkungswerte **408** durch  $-/0/+$ -Symbole ersetzt werden, um die Beeinflussungsrichtung anzugeben, welche eine Stell- oder Störgröße auf eine Steuergröße ausübt, ohne die Verstärkungsintensität anzugeben. Wenn die Anzahl von Spalten oder Zeilen für eine große Anzahl von Prozessvariablen den verfügbaren Anzeigeplatz überschreitet, können Bildlaufleisten **216** und **214** verwendet werden, um den Zugriff auf alle Prozessvariablen zu ermöglichen.

[0119] Allerdings sieht, wenngleich eine Verstärkungsmatrix bekannt ist, die vorliegende Erfindung zusätzliche oder ergänzende Elemente und/oder Methoden in Kombination mit der bekannten Verstärkungsmatrix vor, um einem Benutzer jene Tools zur Verfügung zu stellen, damit dieser die Verstärkungsmatrix wirksam verwenden kann. Wie aus **Fig. 9** hervorgeht, können angewählte Prozessvariablen in der Matrixanzeige **201** beispielsweise mit einem farbigen Rechteck hinterlegt werden, welches rund um die gesamte angewählte Spalte oder Zeile gezogen wird. Beispielsweise wird eine derartige angewählte Prozessvariable durch ein Rechteck **406** angezeigt, welches rund um "C3 yield" und die zugehörige Zeile konstruiert wird. Eine derartige hinterlegte Zeile ermöglicht es einem Benutzer, sich auf eine bestimmte Prozessvariable zu konzentrieren, und zeigt, wie weiter unter beschrieben wird, ausführlichere Informationen betreffend der Prozessvariablen in Region **250** an.

[0120] Ferner ist beispielsweise ein anderes ergänzendes Grafik-Tool, das bei der herkömmlichen Verstärkungsmatrix zum Einsatz kommt, die Verwendung von Farbe, um als optischer Anhaltspunkt zu dienen. Beispielsweise werden in normalen Bedingungen die Verstärkungswerte als schwarzer Text auf einem weißen Hintergrund angezeigt. Allerdings können die Textfarbe und die Hintergrundfarbe geändert werden, um als optische Anhaltspunkte zu dienen. Beispielsweise kann ein ausgegrauter Text in einer Spalte oder Zeile, wie beispielsweise durch die Zeilen **403**, **405** veranschaulicht wird, anzeigen, dass eine Prozessvariable aus der Steuerung ausgenommen wurde. Ferner können eine ausgegraute Zeile oder Spalte anzeigen, dass sich eine Prozessvariable in einem Zustand befindet, welcher der Steuerung einen Freiheitsgrad kostet, z.B. die Steuergröße, welche auf einen Sollwert oder bis zu einem Grenzwert eingeschränkt ist, wie in den Zeilen **402**, **404** und der Spalte **400** angegeben ist. Darüber hinaus könnten beispielsweise Spaltenhinterlegungs- oder Zeilenhinterlegungs-Schirmbilder aus einem Pull-Down-Menü in der Tool-Leiste ausgewählt werden. Eine Möglichkeit ist beispielsweise, eine ausgegraute Zeile oder Spalte darzustellen, um eine Variable in einem Zustand anzuzeigen, welcher kein Teil der endgültigen

Lösungsgleichung ist, z. B. eine Steuergröße nicht an einer Zwangsbedingung oder eine Stellgröße an einer Zwangsbedingung. Ferner besteht eine alternative Möglichkeit darin, die Zeilen und Spalten, welche Variablen zugeordnet sind, zu hinterlegen, damit der Benutzer Änderungen daran vornehmen kann, um die Gesundheit der Steuerung zu verbessern (z. B. eine Stellgröße an einer benutzerkonfigurierten Grenze, welche innerhalb der harten Engineering-Grenzen liegt oder eine auf einen Sollwert eingeschränkte Steuergröße). Zudem können andere Bezeichnungsmethoden hinzugefügt oder bestehende Methoden modifiziert werden, um Benutzeranwendungen gerecht zu werden.

[0121] Ferner und vorzugsweise ist ein ergänzendes Grafik-Tool, welches einen Teil der Mehrvariablen-Matrixanzeige **201** darstellt, die zusammenfassende Maßanzeige **210**. Die zusammenfassende Maßanzeige **210** umfasst eine Mehrzahl von Grafikvorrichtungen **212**. Jede Grafikvorrichtung **212** ist für mindestens einen Zustand einer entsprechenden Prozessvariablen repräsentativ. Beispielsweise kann die Grafikvorrichtung **212** jedwede grafische Darstellung des Zustands des aktuellen Werts für die Prozessvariable, welche sie darstellt, sein. Ferner kann die Grafikvorrichtung **212** beispielsweise sogar Textinformation bezüglich des aktuellen Werts einer bestimmten Prozessvariablen in Kombination mit einem oder mehreren Sätzen von Grenzwerten, die der Prozessvariablen zugeordnet sind, sein.

[0122] Vorzugsweise umfasst die zusammenfassende Maßanzeige **210** eine Grafikvorrichtung **212** für jede Prozessvariable, welche in der Matrixanzeige **201** angezeigt wird. Vorzugsweise ist die Grafikvorrichtung in der Nähe der Prozessvariablen, welcher sie entspricht, angeordnet, z. B. in einer Position, in welcher ein Benutzer sowohl den Zustand der Prozessvariablen, welche durch die Grafikvorrichtung **212** angezeigt wird, als auch die Verstärkungswerte in der Matrixanordnung **218** optisch auswerten kann. Insbesondere ist die Grafikvorrichtung **212** der Textauflistung der Prozessvariablen direkt benachbart angeordnet, z. B. zwischen der Matrixanordnung **218** und der Auflistung der Prozessvariablen. Insbesondere ist jede der Grafikvorrichtungen **212** eine zusammenfassende oder verallgemeinerte Grafikvorrichtung, wie unten mit Bezug auf **Fig. 10** ausführlicher beschrieben wird.

[0123] Die Matrixanzeige **201** umfasst überdies eine Freiheitsgradanzeige **213**. Die Freiheitsgradanzeige **213**, welche in der linken oberen Ecke der Matrixanzeigenschnittstelle **201** angeordnet ist, sieht eine Anzeige der Gesundheit der Steuerung vor. Die Freiheitsgradanzeige **213** umfasst eine diagonale Linie, welche sich von der Verstärkungsmatrix **218** weg erstreckt, ein kleines Kästchen am Ende dieser Linie und eine Ziffer auf jeder Seite dieser Linie. Die Ziffer oberhalb der Linie (stets als positiver Wert ausgedrückt) ist ein Zählwert der Anzahl von Stellgrößen in der Steuerung, welche sich nicht an einer Zwangsbe-

dingung oder einem Grenzwert befinden, d. h. Stellgrößen, die zur Steuerung von Steuergrößen verwendet werden können. Die Ziffer unter der Linie (als negativer Wert ausgedrückt) ist ein Zählwert der Anzahl von Steuergrößen, welche auf Sollwerte eingeschränkt sind oder welche sich an oder außerhalb von Zwangsbedingungen befinden, d.h. Steuergrößen, die von der Steuerung **14** adressiert werden müssen. Der Wert im Kästchen stellt die Summe dieses positiven und dieses negativen Wertes dar und wird als Freiheitsgradanzeigewert bezeichnet. Solange die Summe größer gleich 0 ist, kann die Steuerung die Steuergrößen auf ihren Sollwerten oder innerhalb deren Bereichen halten. Wenn die Summe ein negativer Wert wird, schlägt die Hintergrundfarbe des Kästchens vorzugsweise in eine bestimmte Farbe, z. B. in violett, um, um anzuzeigen, dass ein bedeutender Wandel stattgefunden hat.

[0124] Die Fähigkeit, exakte Freiheitsgradberechnungen durchzuführen, hängt von der Identifikation von stationären Verstärkungskoeffizienten zwischen jeder Stellgröße und Störgröße und jeder Steuergröße in der Steuerung ab. Dies wird als "Vollmatrix" bezeichnet.

[0125] Eine Vollmatrix ist für die effiziente Steuerung des Prozesses nicht erforderlich und wird aus Kostengründen oder Gründen der Rechenkomplexität mitunter nicht erreicht. Daher werden die Daten, die erforderlich sind, um ein Freiheitsgradanzeigeelement zu generieren, nicht bei allen Ausgestaltungen der Steuerung verfügbar sein.

[0126] Ein zusätzliches Merkmal der Matrixanzeige **201** ist die Fähigkeit, die Matrixanzeige **201** als Anzeigetafel zu verwenden, auf welcher auf andere Informationen zugegriffen werden kann. Da alle Prozessvariablen in der Steuerung **14** in der Matrixanzeige **201** dargestellt werden, kann beispielsweise die Matrixanzeige **201** als Navigations-Tool im Kontext einer größeren Schnittstelle verwendet werden. Die Zeilen und Spalten können mit ausführlicheren Informationen für Prozessvariablen (z. B. in anderen Anzeigeregionen) verknüpft werden, auf welche mittels eines Anwahlmechanismus, beispielsweise des Doppelklicks einer Maus, zugegriffen werden kann. Beispielsweise wird das Auswählen einer der Prozessvariablen **204**, **206**, **208** dazu führen, dass ausführliche Informationen in der Prozessvariablendetail- und -änderungsansichtsanzeigeschnittstellenregion **250**, die auf demselben Schirmbild gemeinsam mit der Matrixanzeige **201** dargestellt wird, angezeigt wird.

[0127] Darüber hinaus können die angezeigten Prozessvariablen in Abhängigkeit von einer oder mehreren Eigenschaften, z. B. Eigenschaften der Prozessvariablen wie die Nähe zu Grenzen, Optimierungseigenschaften usw. oder Eigenschaften von Beziehungen zwischen Prozessvariablen wie die stärkste Verstärkungsbeziehung zwischen Stellgrößen und Steuergrößen, positive Verstärkungsbeziehungen usw., gefiltert oder sortiert werden. Wenn sie in Abhängigkeit von der einen oder den mehreren Eigenschaften

sortiert werden, werden die angezeigten Prozessvariablen in der Matrixanzeige neu geordnet, z. B. werden bestimmte Variablen am oberen Ende der aufgelisteten Variablen angezeigt. Wenn sie gefiltert werden, dann werden nur bestimmte der Prozessvariablen, welche Filterkriterien erfüllen, in der Matrixanzeige angezeigt.

[0128] Ferner kann die Matrixanzeige **201** dazu dienen, Informationen über Rechenalgorithmen, welche unabhängig ablaufen, darzubieten. Beispielsweise kann eine Empfindlichkeitsanalyse bestimmen, wie weit eine variable Prozessgrenze gelockert werden kann, ehe es zu einer Änderung in den anderen Prozessvariablenwerten kommt. Diese Art von Informationen kann auf die Matrixanzeige **201** abgebildet werden, da alle Prozessvariablen dargestellt werden und die Verstärkungen einen bedeutenden Beitrag zum Algorithmus selbst leisten. Zusammengefasst sieht die Matrixanzeige **201** einen geeigneten Hintergrund für die Präsentation nützlicher Informationen für Benutzer vor.

[0129] Darüber hinaus umfasst die Matrixanzeige **201** eine Bildlaufleiste **421** oder ein beliebiges anderes bedienbares Element, welches verwendet werden kann, um den Zeitrahmen, der auf die Matrixanzeige **201** und die zusammenfassende Grafikanzeige **210** anwendbar ist, zu ändern. Beispielsweise könnte an Stelle von aktuellen Werten, die von jeder der Grafikvorrichtungen **212** dargestellt werden, ein Wert für ein vergangenes oder zukünftiges Datum dargestellt werden.

[0130] Die Matrixanzeige **201** kann verwendet werden, um die stationäre Wirkung, welche eine Änderung einer Stellgröße **206** oder Störgröße **208** auf eine Steuergröße **204** nach sich ziehen wird, zu prognostizieren. Derartige Informationen können Benutzern verstehen helfen, was eine beobachtete Verhaltensänderung einer Steuergröße verursachen könnte, oder die Auswirkung, welche eine geplante Bedienung auf eine Steuergröße haben wird, zu prognostizieren. Um einen derartigen Nutzen zu bieten, werden die Grafikvorrichtungen **212** vorzugsweise in der Nähe ihrer entsprechenden Prozessvariablen dargestellt.

[0131] Diese zusammenfassenden Grafikvorrichtungen **212**, welche in einer Ausführungsform als Blasenmaße bezeichnet werden, sind einfache Grafikvorrichtungen, welche den Zustand einer Prozessvariablen im Kontext ihrer Steuerparameter und gegebenenfalls ihrer Optimierungsparameter beschreiben. Eine derartige einfache Grafikeinrichtung **212** zielt in erster Linie darauf ab, einem Benutzer ein allgemeines Gefühl für die Beziehung zwischen dem aktuellen Wert einer Prozessvariablen und einer oder mehreren benutzerdefinierten Grenzen, z.B. den benutzerkonfigurierten Grenzen und den harten Engineering-Grenzen für eine derartige Prozessvariable, zu vermitteln. Durch die einfache Darstellung von derartigen Informationen wird Benutzern zusammenfassend gezeigt, wo sie Platz haben, Grenzen zu be-

dienen, um eine Steuerung **14** auf Zwangsbedingungsbasis zu unterstützen, und es wird dem Benutzer ermöglicht, den aktuellen Status der Prozessvariablen bezogen auf eingestellte Grenzen auszuwerten. Ferner können derartige einfache Grafikvorrichtungen **212** verwendet werden, um den aktuellen Wert einer Prozessvariablen im Kontext ihres Optimierungsziels anzuzeigen. Dies ermöglicht dem Benutzer auszuwerten, wie gut dieses Ziel durch eine bestimmte Prozessvariable erfüllt wird.

[0132] Ein veranschaulichender Satz von zusammenfassenden Grafikvorrichtungen **452** wird in **Fig. 10** dargestellt. Der Satz von zusammenfassenden Grafikvorrichtungen **452**, z. B. von Blasenmaßen, ist veranschaulichend für verschiedene Zustände einer Prozessvariablen. Im Allgemeinen umfasst jede der zusammenfassenden Grafikvorrichtungen **452** eine Achse **501** und zumindest ein Paar aus einem hohen und einem tiefen Grenzelement (z. B. **500**, **502**), welche auf der Maßachse angezeigt werden und für benutzerdefinierte Prozessgrenzwerte für eine entsprechende Prozessvariable repräsentativ sind. Eine grafische Form **504** (z. B. ein kleiner hohler Kreis im Fall einer zusammenfassenden Grafikvorrichtung vom Blasenmaßtyp) wird verwendet, um einen Zustand, z. B. den aktuellen Wert, der Prozessvariablen auf der Maßachse **501** bezogen auf die benutzerdefinierten Prozessgrenzwerte für die Prozessvariable darzustellen, d. h. die grafische Form **504** wird auf der Achse **501** an einer Position dargestellt, welche den aktuellen Wert der Prozessvariablen anzeigt. Vorzugsweise wird der aktuelle Wert der Prozessvariablen dargestellt. Allerdings können auch prognostizierte Zukunftswerte und/oder historische Werte zusätzlich zum aktuellen Wert oder an Stelle des aktuellen Wertes angezeigt werden.

[0133] Diese äußerst einfache Form der Darstellung des Zustands, z. B. des aktuellen Wertes, einer Prozessvariablen in Bezug auf einen oder mehrere Sätze von Grenzen ermöglicht dem Benutzer, eine bestimmte Prozessvariable rasch zu bewerten. Ferner kann zusätzlich zu der grafischen Form, welche den aktuellen Wert der Prozessvariablen darstellt, ein grafisches Symbol wie jenes, welches in den veranschaulichenden zusammenfassenden Grafikvorrichtungen **452h**, **452i** und **452j** gezeigt wird, verwendet werden, um Optimierungsinformationen, welche der Prozessvariablen, die der Grafikvorrichtung entspricht, zugeordnet sind, darzustellen.

[0134] Die veranschaulichenden zusammenfassenden Grafikvorrichtungen **452a-j** werden nun ausführlicher beschrieben, um die Zustände zu veranschaulichen, welche durch derartige veranschaulichende Ausführungsformen dargestellt werden. Die zusammenfassende Grafikvorrichtung **452a** ist für einen normalen Zustand repräsentativ, wobei benutzerkonfigurierte Grenzen **502** und harte Engineering-Grenzen **500** dargestellt werden. Beispielsweise können derartige harte Engineering-Grenzen und benutzerkonfigurierte Grenzen **502** durch parallele Linien,

welche sich orthogonal zur Maßachse **501** erstrecken, dargestellt werden. Allerdings wird für einschlägig versierte Fachleute zu erkennen sein, dass derartige benutzerkonfigurierte Grenzen **502** und harte Engineering-Grenzen **500** durch jedes beliebige grafische Element dargestellt werden können, welches dem Wesen nach einfach ist und eine effiziente Auswertung durch den Benutzer ermöglicht. Beispielsweise können an Stelle von parallelen Linien andere grafische Elemente, beispielsweise Dreiecke, Kurven, Zeiger usw., verwendet werden, um derartige Grenzen darzustellen. Die grafische Form **504** wird an einer Position auf der Achse **501** dargestellt, welche für den aktuellen Wert der Prozessvariablen, welcher die Grafikvorrichtung entspricht, repräsentativ ist.

[0135] Die zusammenfassende Grafikvorrichtung **452b** ist für einen normalen Zustand repräsentativ, wobei benutzerkonfigurierte Grenzen auf den harten Engineering-Grenzen **500** eingestellt werden. Demnach erscheinen die parallelen Linien im Allgemeinen in doppelter Dicke an den äußeren Regionen der zusammenfassenden Grafikvorrichtung entlang der Maßachse **501**. Die grafische Form **504** wird an einer Position auf der Achse **501** angezeigt, welche für den aktuellen Wert der Prozessvariablen, welcher die Grafikvorrichtung entspricht, repräsentativ ist, z. B. in dieser Abbildung ist der aktuelle Wert am Mittelpunkt der harten Engineering-Grenzen **500** und der benutzerkonfigurierten Grenzen **502**.

[0136] Die zusammenfassende Grafikvorrichtung **452c** ist für einen normalen Zustand für den aktuellen Wert repräsentativ, wobei keine harten Engineering-Grenzen definiert sind. Demnach wird nur ein Satz paralleler Linien **502**, welche die benutzerkonfigurierten Grenzen darstellen, in der zusammenfassenden Grafikvorrichtung **452c** angezeigt. Die grafische Form **504** wird an einer Position auf der Achse **501** angezeigt, welche für den aktuellen Wert der Prozessvariablen, welcher die Grafikvorrichtung entspricht, repräsentativ ist, z. B. ist in dieser Abbildung der aktuelle Wert am Mittelpunkt der harten Engineering-Grenzen **500** und der benutzerkonfigurierten Grenzen **502**.

[0137] Die zusammenfassende Grafikvorrichtung **452d** ist für einen aktuellen Wert innerhalb 0,1% von einer aus dem Paar von benutzerkonfigurierten Grenzen **502** repräsentativ. Bei einer derartigen Konfiguration ist die grafische Form **504** einer der parallelen Linien, welche die benutzerkonfigurierten Grenzen darstellen, direkt benachbart.

[0138] Die zusammenfassende Grafikvorrichtung **452e** ist für einen aktuellen Wert der Prozessvariablen, welcher mehr als 1% jenseits der benutzerkonfigurierten Grenzen **502**, jedoch innerhalb der harten Engineering-Grenzen **500** liegt, repräsentativ. Demnach liegt die grafische Form **504** zwischen einer benutzerkonfigurierten Grenze **502** und einer harten Engineering-Grenze **500**.

[0139] Die zusammenfassende Grafikvorrichtung

**452** ist für einen normalen aktuellen Wert für die Prozessvariable, welche auf einen Sollwert eingeschränkt ist, repräsentativ. Bei einer derartigen Konfiguration ist die grafische Form **504** zwischen die harten Engineering-Grenzen **500** und auf eine einzelne tangentielle Linie mit Flügelspitzen **506** gesetzt, welche eingezeichnet ist, um den Ort des Sollwerts zu markieren. Es wird zu ersehen sein, dass jedes beliebige zusätzliche grafische Symbol gemeinsam mit der grafische Form **504** verwendet werden kann, um den Ort des Sollwerts zu kennzeichnen. Beispielsweise kann ein Zeiger, der zur Maßachse **501** hinweist, an Stelle der einzelnen tangentiellen Linie mit Flügelspitzen **506**, verwendet werden.

[0140] Die zusammenfassende Grafikvorrichtung **452g** ist für eine Prozessvariable in einem stillgelegten Zustand repräsentativ. Mit anderen Worten, andere Prozessvariablen, welche Grenzen aufweisen, welche diese bestimmte Prozessvariable beeinflussen, sind an Grenzwerten angelangt, und daher wird diese bestimmte Variable stillgelegt. Eine Steuerung **14** kann verwendet werden, um einen derartigen stillgelegten Prozessvariablenzustand zu erkennen, um für die grafische Schnittstelle eine Anzeige von einem derartigen Ereignis vorzusehen. Wie aus **Fig. 10** hervorgeht, wird der stillgelegte Zustand durch eine der grafischen Form **504** benachbarte gestrichelte Linie **508** dargestellt. Die grafische Form **504** wird an einer Position auf der Achse **501** dargestellt, welche für den aktuellen Wert der Prozessvariablen, welcher die Grafikvorrichtung entspricht, repräsentativ ist, z. B. in dieser Abbildung liegt der aktuelle Wert zwischen den harten Engineering-Grenzen **500** und den benutzerkonfigurierten Grenzen **502**. Wenn ein stillgelegter Zustand angezeigt wird, wird die gestrichelte Linie neben der grafischen Form in der Richtung, in welche sich die Variable nicht bewegen kann, eingezeichnet. Dieser Zustand zeigt an, dass, wenngleich es scheint, dass die Prozessvariable Platz hat, sich zu bewegen, sie dies nicht tun wird, da sie stillgelegt ist (z. B. die nachgelagerte Steuervorrichtung hat eine physikalische Grenze erreicht, wenngleich sich die Steuergröße innerhalb zulässiger Grenzen befindet).

[0141] Zusammenfassende Grafikvorrichtungen **452h**, **452i** und **452j** umfassen jeweils nicht nur Zustände, welche den aktuellen Wert der Prozessvariablen in Bezug auf einen oder mehrere Sätze von benutzerdefinierten Grenzen darstellen, sondern auch ein grafisches Symbol, welches für Optimierungsinformationen für die bestimmte Prozessvariable repräsentativ ist. Die zusammenfassende Grafikvorrichtung **452h** umfasst harte Engineering-Grenzen **500**, benutzerkonfigurierte Grenzen **502** und einen Zeiger oder Pfeil **510**, der zu den oberen Grenzen hinweist und eine Prozessvariable anzeigt, die maximiert werden soll, oder mit anderen Worten, eine Prozessvariable, welche einen negativen linearen Koeffizienten aufweist.

[0142] Die zusammenfassende Grafikvorrichtung **452i** ist der zusammenfassenden Grafikvorrichtung

**452h** äußerst ähnlich, außer dass die Prozessvariable minimiert werden soll, was durch das grafische Symbol eines Pfeils oder Zeigers **512**, der zur unteren harten Engineering-Grenze hinweist, angezeigt wird, oder mit anderen Worten für eine Prozessvariable repräsentativ ist, welche einen positiven linearen Koeffizienten aufweist.

[0143] Die zusammenfassende Grafikvorrichtung **452j** umfasst eine grafische Form **504** und weist ferner ein grafisches Symbol **514** auf, z. B. in diesem Fall ein Fadenkreuz, welches anzeigt, dass diese bestimmte Prozessvariable einen nicht nullquadratischen Koeffizienten aufweist, welcher anzeigt, dass der Optimierer einen Ruhewert für die Prozessvariable sucht. Die grafische Form **504** wird an einer Position auf der Achse **501** angezeigt, welche für den aktuellen Wert der Prozessvariablen, welcher die Grafikvorrichtung entspricht, repräsentativ ist, z. B. bei dieser Abbildung liegt der aktuelle Wert am Mittelpunkt der harten Engineering-Grenzen **500** und der benutzerkonfigurierten Grenzen **502**.

[0144] Die Endpunkte der Achse **501** für jede der Grafikvorrichtungen **452** sind fest, und sie spiegeln einen von zwei Skalenbereichen wider. Wenn harte Engineering-Grenzwerte vorgegeben werden, dann wird der Skalenbereich auf den Bereich dieser Werte genormt. Wenn die harten Engineering-Grenzwerte nicht verfügbar sind, dann wird der Skalenbereich eingestellt, um die obere benutzerkonfigurierte bzw. die untere benutzerkonfigurierte Grenze  $\pm 20\%$  widerzuspiegeln. In jedem der Fälle bezeichnen vorzugsweise Grenzlinien, welche orthogonal zur Achse gezogen werden, die benutzerkonfigurierten Grenzwerte. Im Allgemeinen werden harte Engineering-Grenzen als dunkelgraue orthogonale Linien eingezeichnet, welche über Endlinien gelegt werden, welche sich über mehrere Grafikvorrichtungen erstrecken können, was durch die Linien **540** und **541** veranschaulicht wird. Vorzugsweise sind die Linien, welche für die benutzerkonfigurierten Grenzen repräsentativ sind, kürzer als die Linien, welche für die harten Engineering-Grenzen repräsentativ sind.

[0145] Einschlägig versierte Fachleute werden erkennen, dass jede beliebige andere grafische Form als ein kleiner hohler Kreis **504**, welcher in diesem veranschaulichenden Beispiel dargestellt wird, verwendet werden kann, um den aktuellen Wert der Prozessvariablen im Kontext der genormten Bereiche, die im Kontext der benutzerdefinierten Grenzen definiert werden, anzuzeigen. Ferner kann Farbcodieren im Zusammenhang mit der grafischen Form verwendet werden, genauso wie es bei zuvor genannten veranschaulichenden Ausführungsformen in diesem Dokument verwendet wurde. Beispielsweise kann eine Farbe (z. B. grau) aus einer Menge von Farben verwendet werden, um anzuzeigen, dass der aktuelle Wert der Prozessvariablen zwischen benutzerkonfigurierten Grenzen liegt (siehe zusammenfassende Grafikvorrichtung **452a**), eine andere Farbe (z. B. gelb) kann für die grafische Form verwendet werden,

wenn der aktuelle Wert für die Prozessvariable in der Nähe der benutzerkonfigurierten Grenzen liegt (siehe zusammenfassende Grafikvorrichtung **452d**), und eine andere Farbe (z. B. rot) kann verwendet werden, wenn der aktuelle Wert der Prozessvariablen die benutzerkonfigurierten Grenzen überschreitet (siehe zusammenfassende Grafikvorrichtung **452e**).

[0146] Die Verwendung der zusammenfassenden Grafikvorrichtungen **452** ermöglicht das Überwachen des Verhaltens einer Prozessvariablen im Kontext ihrer Steuergrenzen und auch ihrer Optimierungsziele. Ein Benutzer kann dies durch Erfassen der Position der grafischen Form, z. B. einer Blase, in Bezug auf ihre Grenzen, z. B. ihre harten Engineering-Grenzen oder benutzerkonfigurierten Grenzen, realisieren. Zudem kann der Benutzer die Beziehung zwischen den beiden Sätzen von Grenzwerten durch Betrachten des Raums zwischen den jeweiligen oberen und unteren Werten erfassen. Ferner kann der Benutzer die Optimierungsleistung der Variablen anhand von Optimierungsschlangen und der Aktuellwertanzeige bewerten, z. B. bestimmen, ob die Variable sich in Anbetracht ihrer Optimierungsziele erwartungsgemäß verhält. Diskrepanzen zwischen erwartetem und beobachtetem Verhalten können wiederum den Benutzer dazu veranlassen, weitere Untersuchungen anzustellen.

[0147] Verschiedene andere Matrixanordnungen mit Informationen betreffend mehrerer Prozessvariablen können wie durch das veranschaulichende Diagramm aus **Fig. 11** dargestellt angezeigt werden. In **Fig. 11** wird beispielsweise eine Matrixanordnungsanzeige **230** von Prozessvariablenmaßen **280** für verschiedene Stellgrößen, Steuergrößen und Störgrößen angezeigt, wenn ein Benutzer die Registerkarte "PV Detail" aus der Registerkartenregion **211**, welche in **Fig. 9** abgebildet ist, auswählt. Gleicherweise kann nach Auswahl einer Registerkarte "Trend" in der Registerkartenregion **211** aus **Fig. 9** eine Trendansicht, welche mehrere Trendgeschichted/Prognose-Kurven wie jene, welche in **Fig. 6** dargestellt sind, z. B. Kurven **252**, umfasst, in einer Anzeigensicht parallel angeordnet werden. Gleicherweise kann durch Auswahl der Registerkarte "Parameter" in der Registerkartenregion **211** aus **Fig. 9** eine Ansicht mit Detail- und Einstellschirmbildern aufgeschaltet werden.

### Patentansprüche

1. Grafische Benutzerschnittstelle (**50**) zum Bereitstellen von Echtzeit-Prozessinformationen für einen Benutzer in Bezug auf einen Prozess, der unter der Kontrolle einer oder mehrerer Prozessvariablen bedient werden kann, wobei die grafische Benutzerschnittstelle (**50**) umfasst:

eine Skala (**282**), die sich eine Maßachse (**285**) entlang erstreckt;

einen oder mehrere Balken (**284**), der/die sich die Maßachse (**285**) entlang erstreckt/erstrecken, wobei

jeder Balken für einen Satz oberer und unterer Prozessgrenzwerte für eine Prozessvariable repräsentativ ist, wobei der eine oder die mehreren Balken (**284**), welcher/welche sich die Maßachse (**285**) entlang erstreckt/erstrecken, umfasst/umfassen:

einen ersten Balken (**281**), der sich die Maßachse (**285**) entlang erstreckt, wobei ein erstes Ende (**286**) des ersten Balkens (**281**) für eine harte obere Engineering-Grenze für die Prozessvariable repräsentativ ist und ein zweites Ende (**288**) des ersten Balkens (**281**) für eine harte untere Engineering-Grenze für die Prozessvariable repräsentativ ist; und

einen zweiten Balken (**283**), der sich die Maßachse (**285**) entlang erstreckt, wobei ein erstes Ende (**290**) des zweiten Balkens (**283**) für eine benutzerkonfigurierte obere Grenze für die Prozessvariable repräsentativ ist und ein zweites Ende (**291**) des zweiten Balkens für eine benutzerkonfigurierte untere Grenze für die Prozessvariable repräsentativ ist; und

eine grafische Form (**297**), die entlang der Maßachse (**285**) angezeigt wird und für einen aktuellen Wert der Prozessvariablen repräsentativ ist.

2. Grafische Benutzerschnittstelle (**50**) aus Anspruch 1, wobei sich der zweite Balken (**283**), der sich die Maßachse (**285**) entlang erstreckt und für eine benutzerkonfigurierte obere und eine benutzerkonfigurierte untere Grenze für die Prozessvariable repräsentativ ist, die Maßachse (**285**) innerhalb des ersten Balkens (**281**) entlang erstreckt, welcher für die harte obere und die harte untere Engineering-Grenze für die Prozessvariable repräsentativ ist.

3. Grafische Benutzerschnittstelle nach Anspruch 1, wobei die grafische Benutzerschnittstelle (**50**) weiterhin Benutzerbedienelemente (**292**, **293**) umfasst, die bewegt werden können, um einen oder mehrere der oberen und unteren Prozess-Grenzwerte zu ändern.

4. Rechnerimplementiertes Verfahren zum Bereitstellen einer grafischen Benutzerschnittstelle (**50**) zum Bereitstellen von Echtzeit-Prozessinformationen für einen Benutzer für einen Prozess, welcher unter der Kontrolle einer oder mehrerer Prozessvariablen bedient werden kann, wobei das Verfahren umfasst:

das Anzeigen einer Skala (**282**), die sich eine Maßachse (**285**) entlang erstreckt;

das Anzeigen eines Balkens oder mehrerer Balken (**284**), der/die sich die Maßachse (**285**) entlang erstreckt/erstrecken, wobei jeder Balken für einen Satz von oberen und unteren Prozessgrenzwerten für eine Prozessvariable repräsentativ ist, wobei der Schritt des Anzeigens eines oder mehrerer Balken (**284**), welcher/welche sich die Maßachse (**285**) entlang erstreckt/erstrecken, umfasst:

das Anzeigen eines ersten Balkens (**281**), der sich die Maßachse (**285**) entlang erstreckt, wobei ein erstes Ende (**286**) des ersten Balkens (**281**) für eine harte obere Engineering-Grenze für die Prozessvariable

repräsentativ ist und ein zweites Ende (**288**) des ersten Balkens (**281**) für eine harte untere Engineering-Grenze für die Prozessvariable repräsentativ ist; und

das Anzeigen eines zweiten Balkens (**283**), der sich die Maßachse (**285**) entlang erstreckt, wobei ein erstes Ende (**290**) des zweiten Balkens (**283**) für eine benutzerkonfigurierte obere Grenze für die Prozessvariable repräsentativ ist und ein zweites Ende (**291**) des zweiten Balkens (**283**) für eine benutzerkonfigurierte untere Grenze für die Prozessvariable repräsentativ ist;

das Bereitstellen von Daten, die zumindest für den aktuellen Wert der Prozessvariablen repräsentativ sind; und

das Anzeigen einer grafischen Form (**297**) entlang der Maßachse (**285**), welche für den aktuellen Wert der Prozessvariablen in Bezug auf den Satz oberer und unterer Prozessgrenzwerte repräsentativ ist.

5. Verfahren nach Anspruch 4, wobei der Schritt des Anzeigens eines Balkens oder mehrerer Balken, der/die sich die Maßachse (**285**) entlang erstreckt/erstrecken, das Anzeigen des zweiten Balkens (**283**), welcher sich die Maßachse (**285**) entlang erstreckt und für die benutzerkonfigurierte obere und untere Grenze für die Prozessvariable repräsentativ ist, innerhalb des ersten Balkens (**281**), der für eine harte obere und eine harte untere Grenze für die Prozessvariable repräsentativ ist, umfasst.

6. Verfahren nach Anspruch 4, wobei das Verfahren weiterhin umfasst:

das Anzeigen von Benutzerbedienelementen (**292**, **293**), die bewegt werden können, um einen oder mehrere der oberen und unteren Prozessgrenzwerte zu ändern;

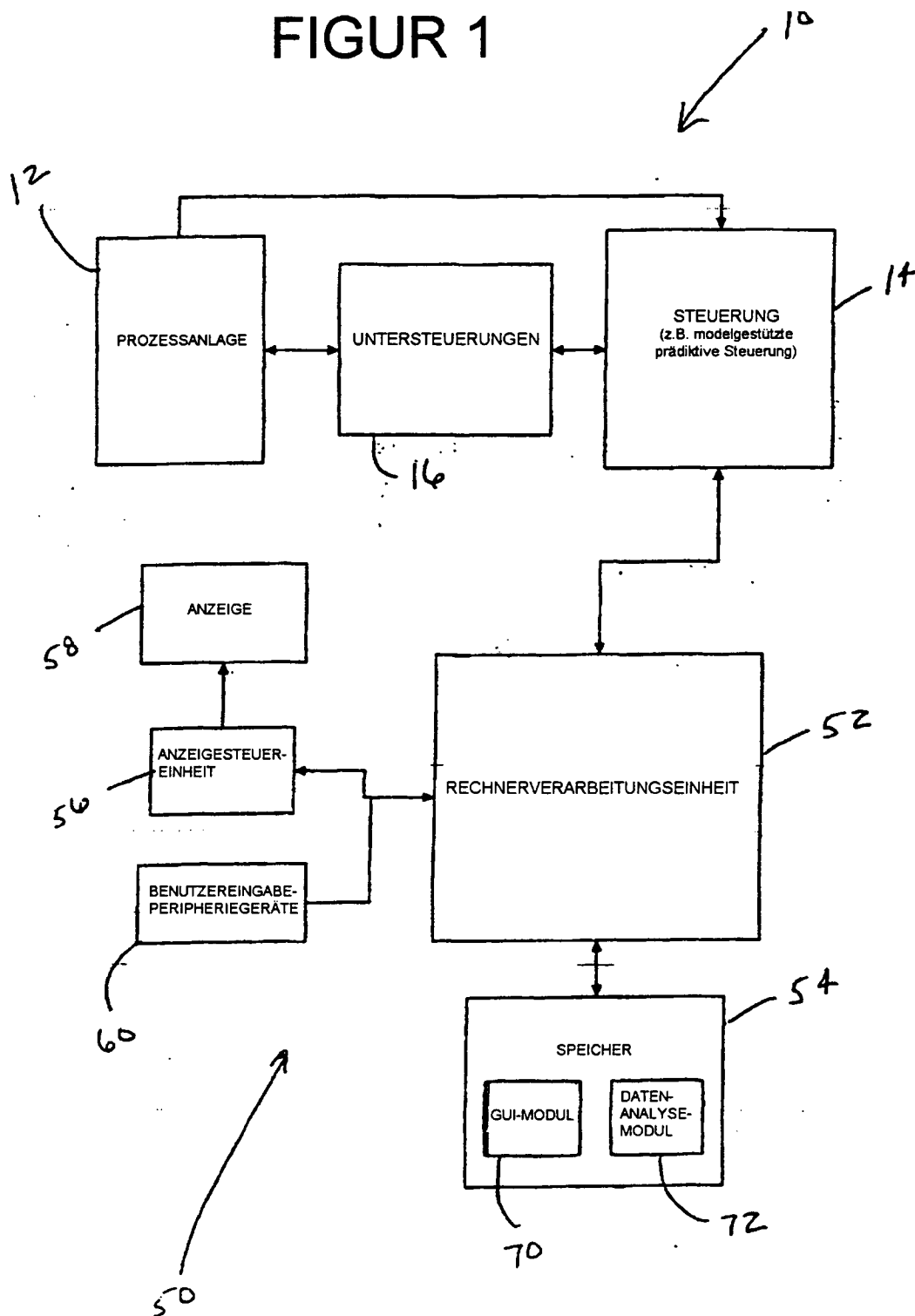
das Bewegen derartiger Benutzerbedienelemente (**292**, **293**), um Daten zu generieren, die für geänderte obere oder untere Prozessgrenzwerte repräsentativ sind; und

das Bereitstellen derartiger Daten für eine Steuerung des Prozesses.

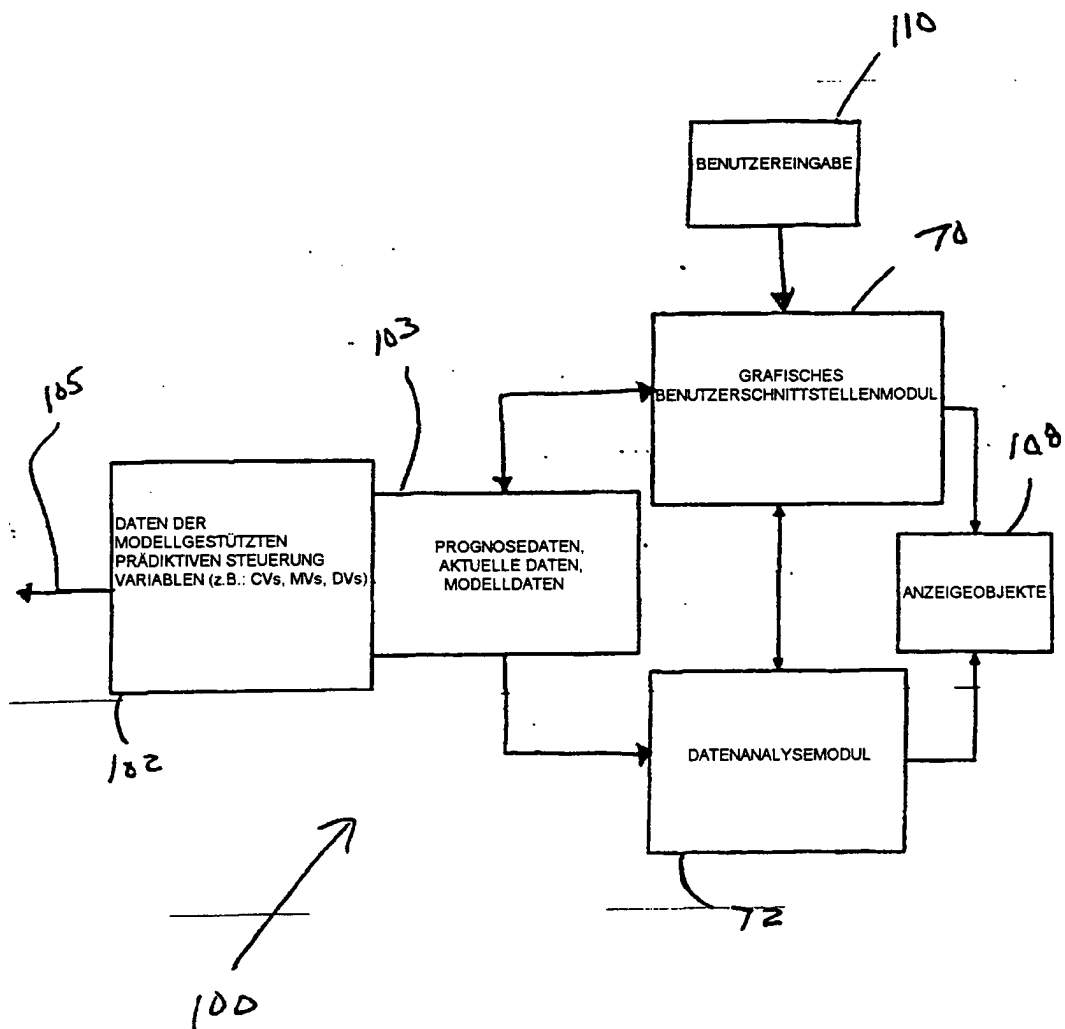
Es folgen 12 Blatt Zeichnungen



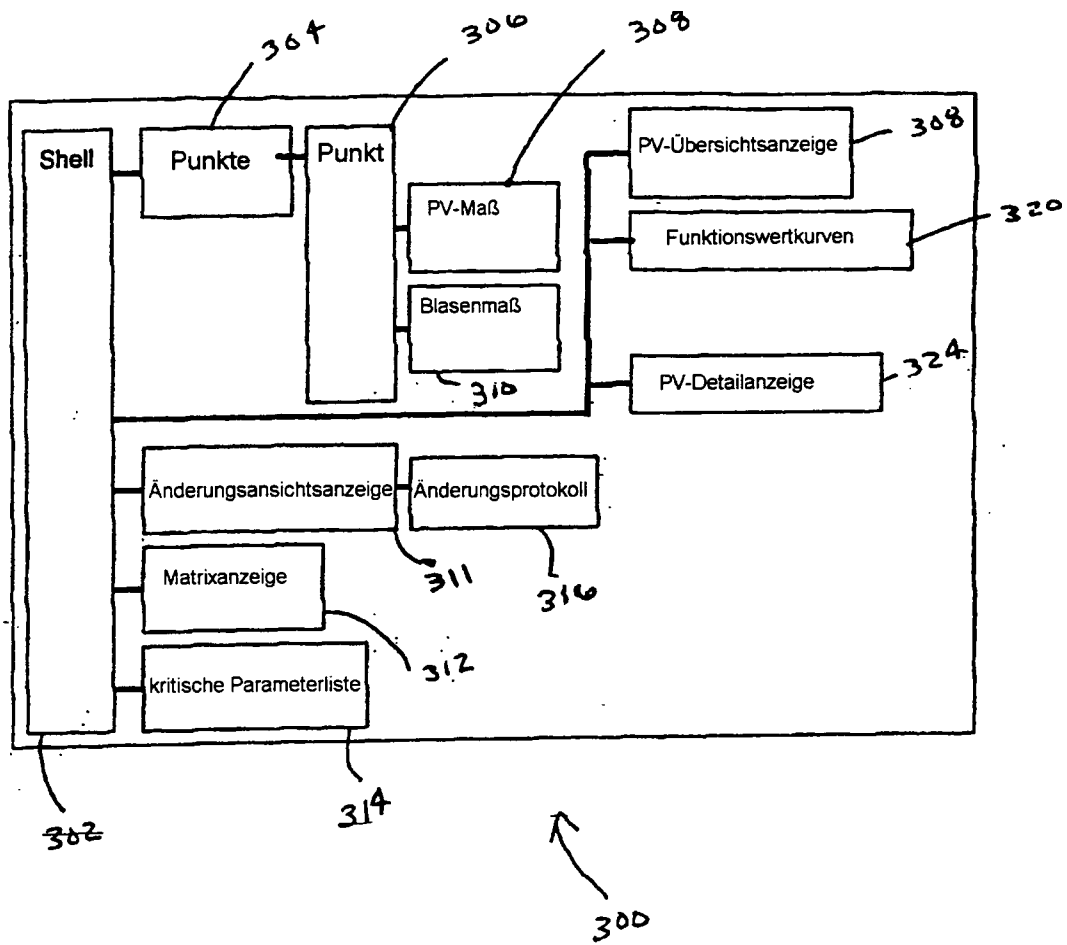
FIGUR 1



FIGUR 2

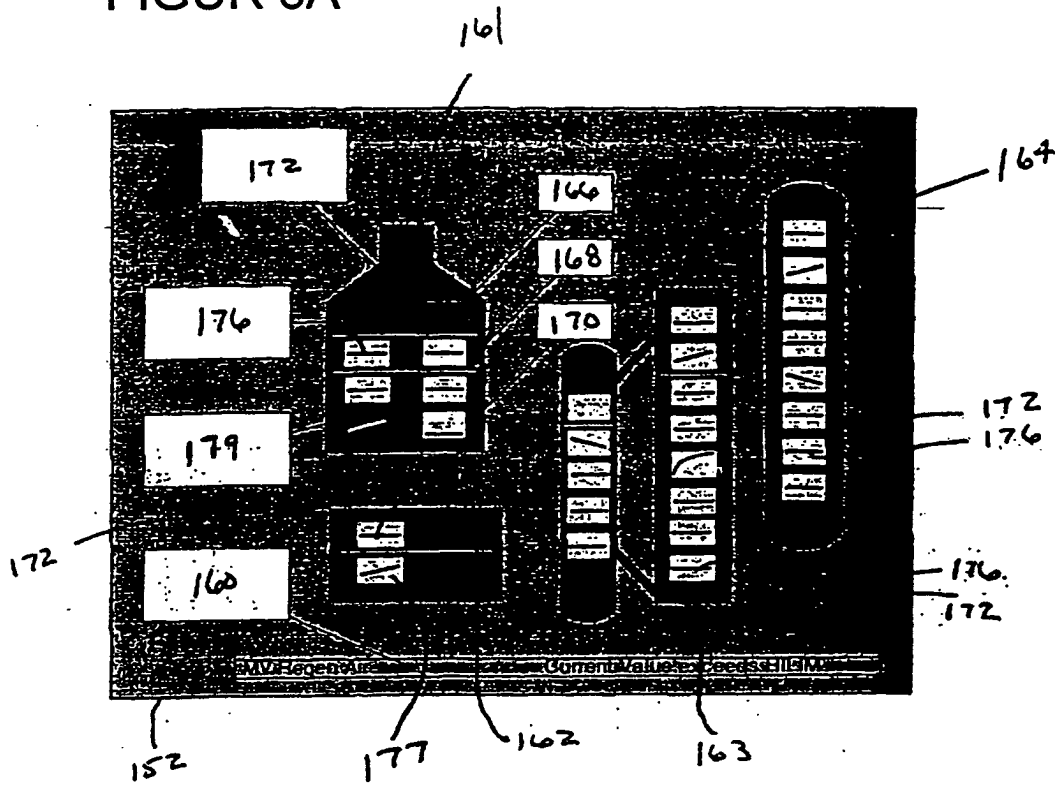




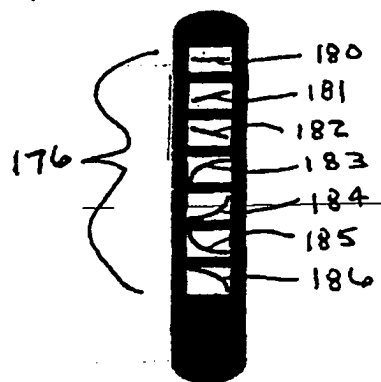


FIGUR 4

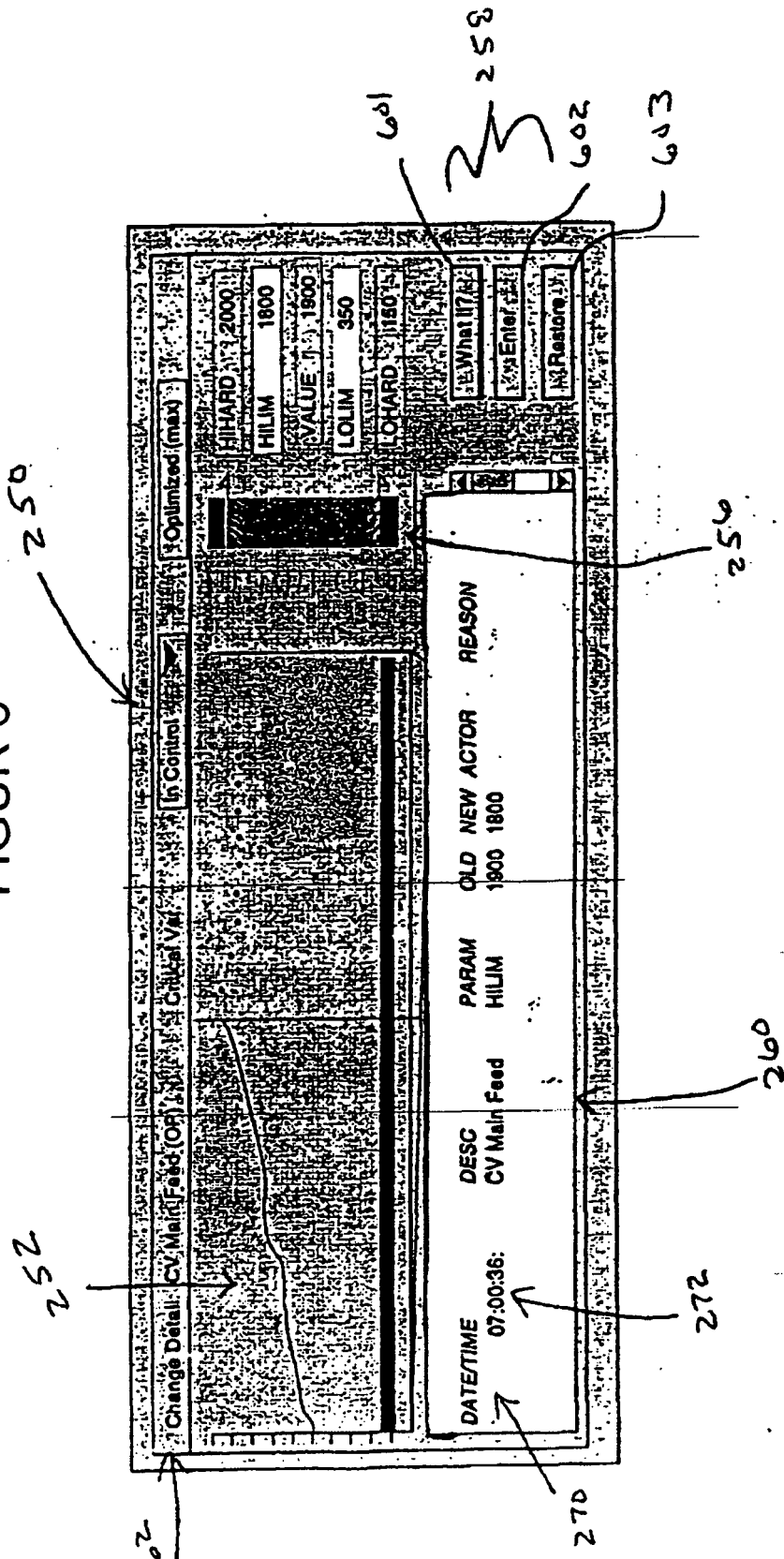
FIGUR 5A

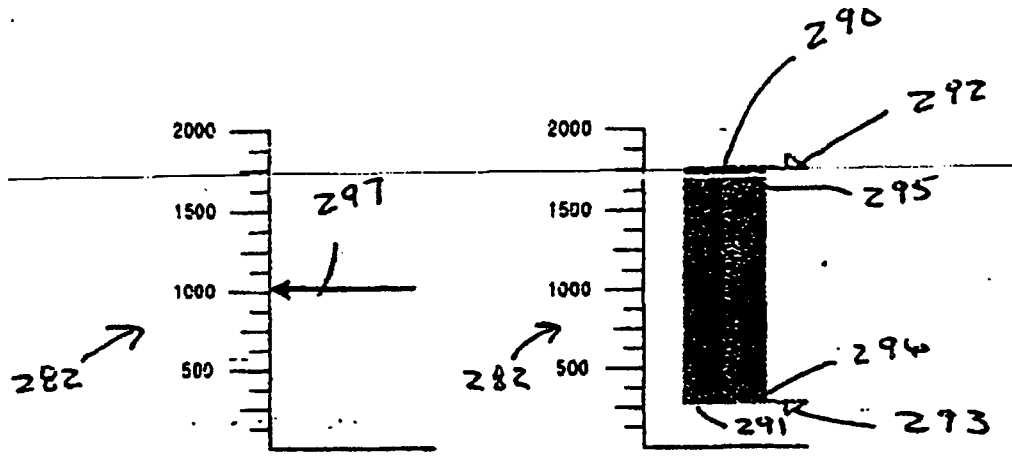


FIGUR 5B



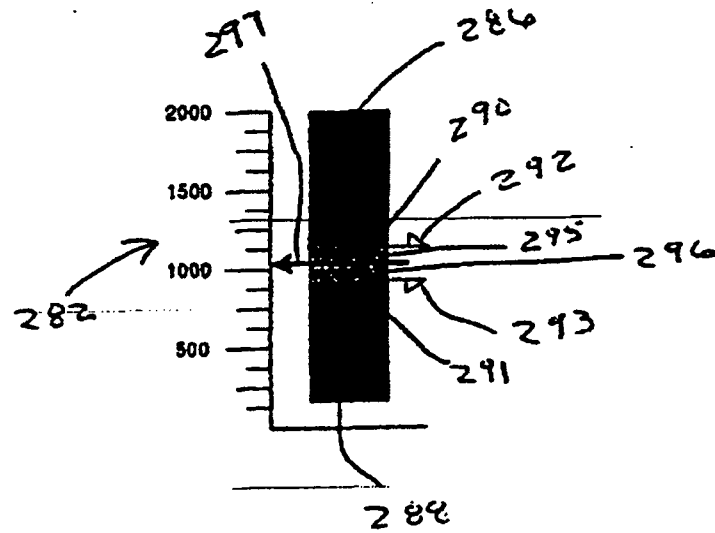
FIGUR 6





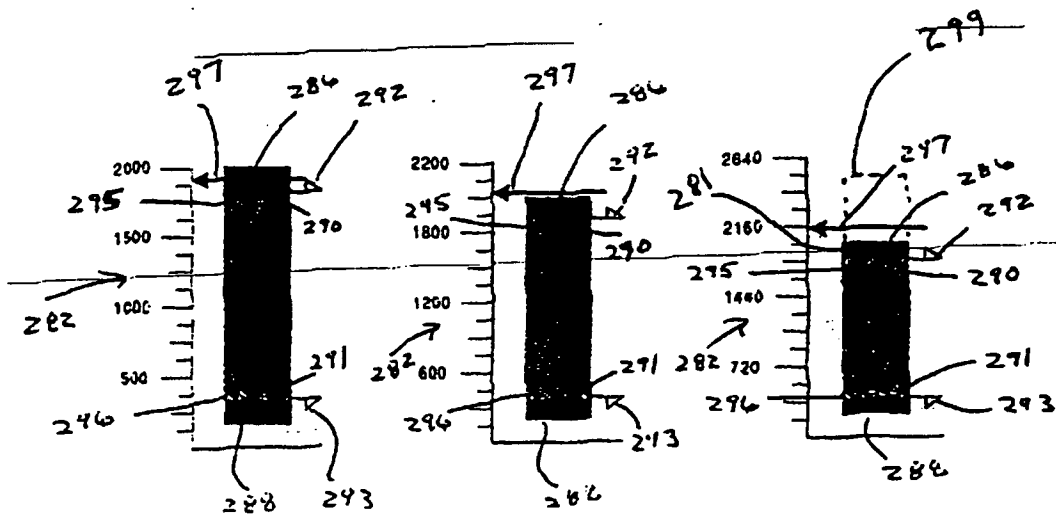
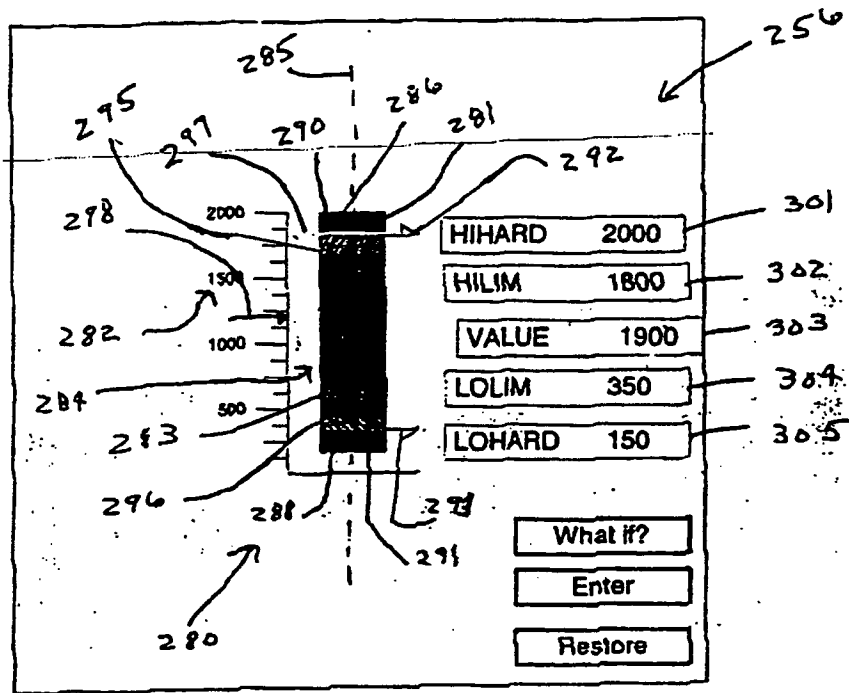
FIGUR 7E

FIGUR 7F



FIGUR 7G

FIGUR 7A

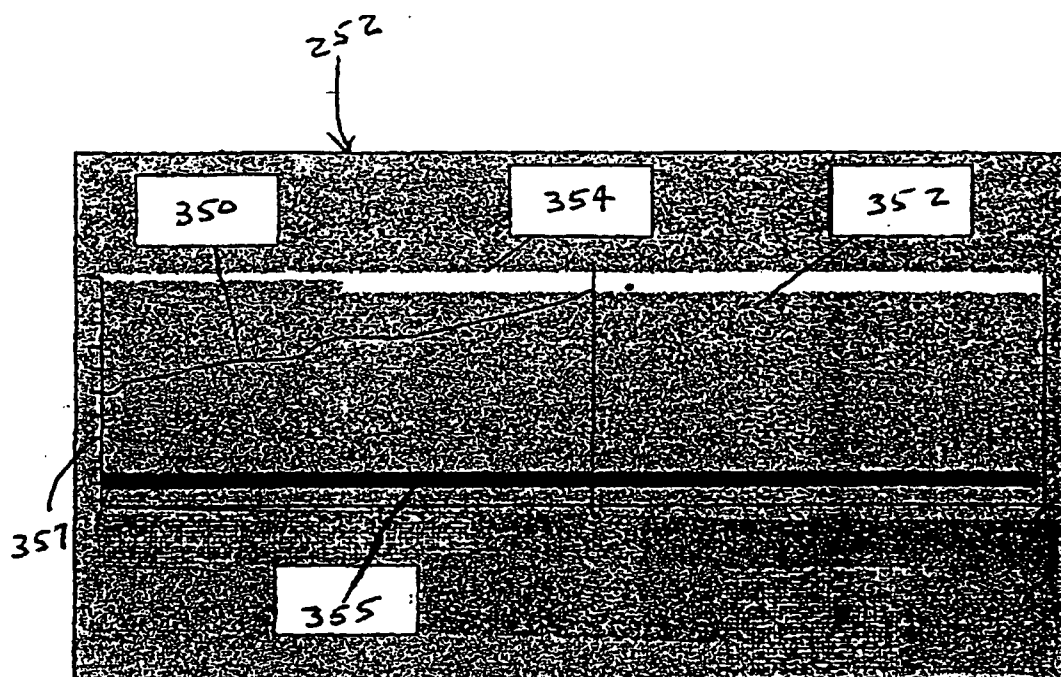


FIGUR 7B

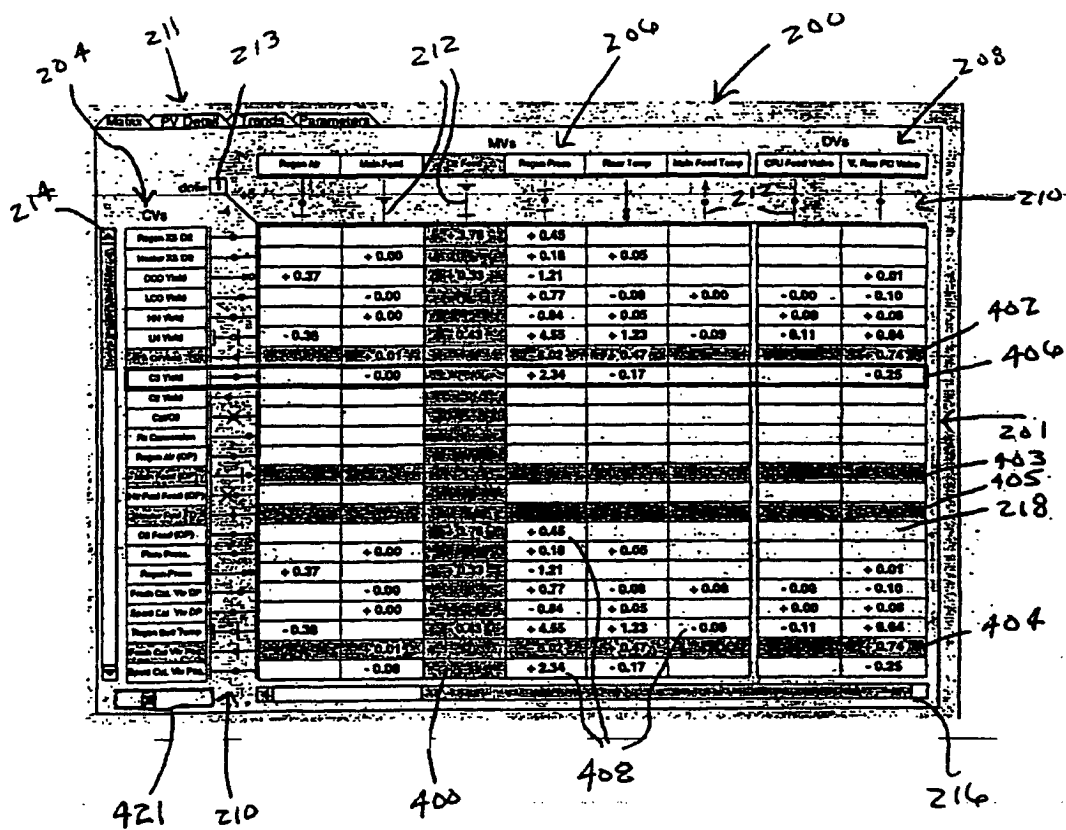
FIGUR 7C

FIGUR 7D



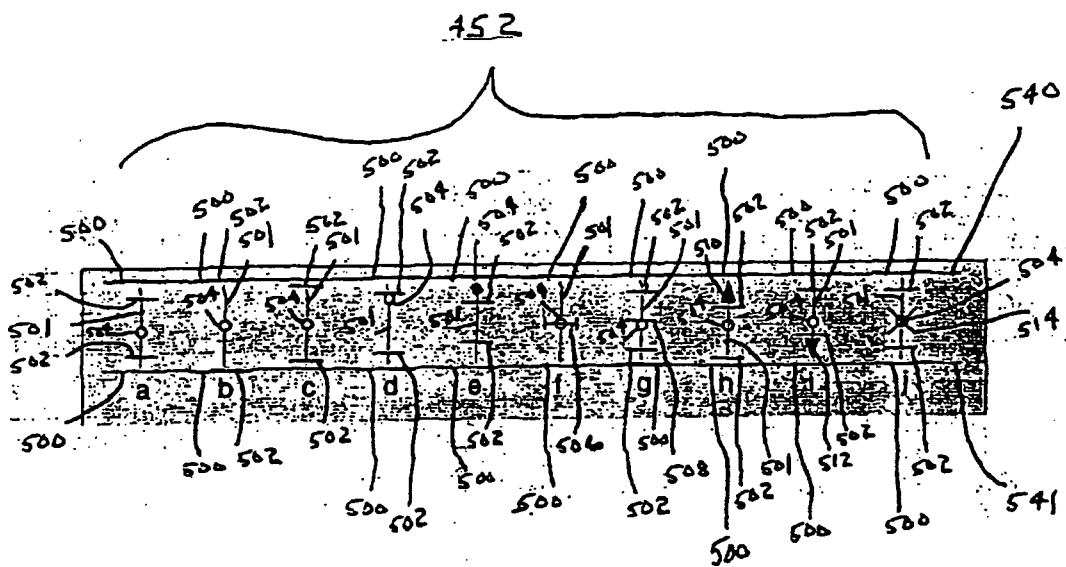


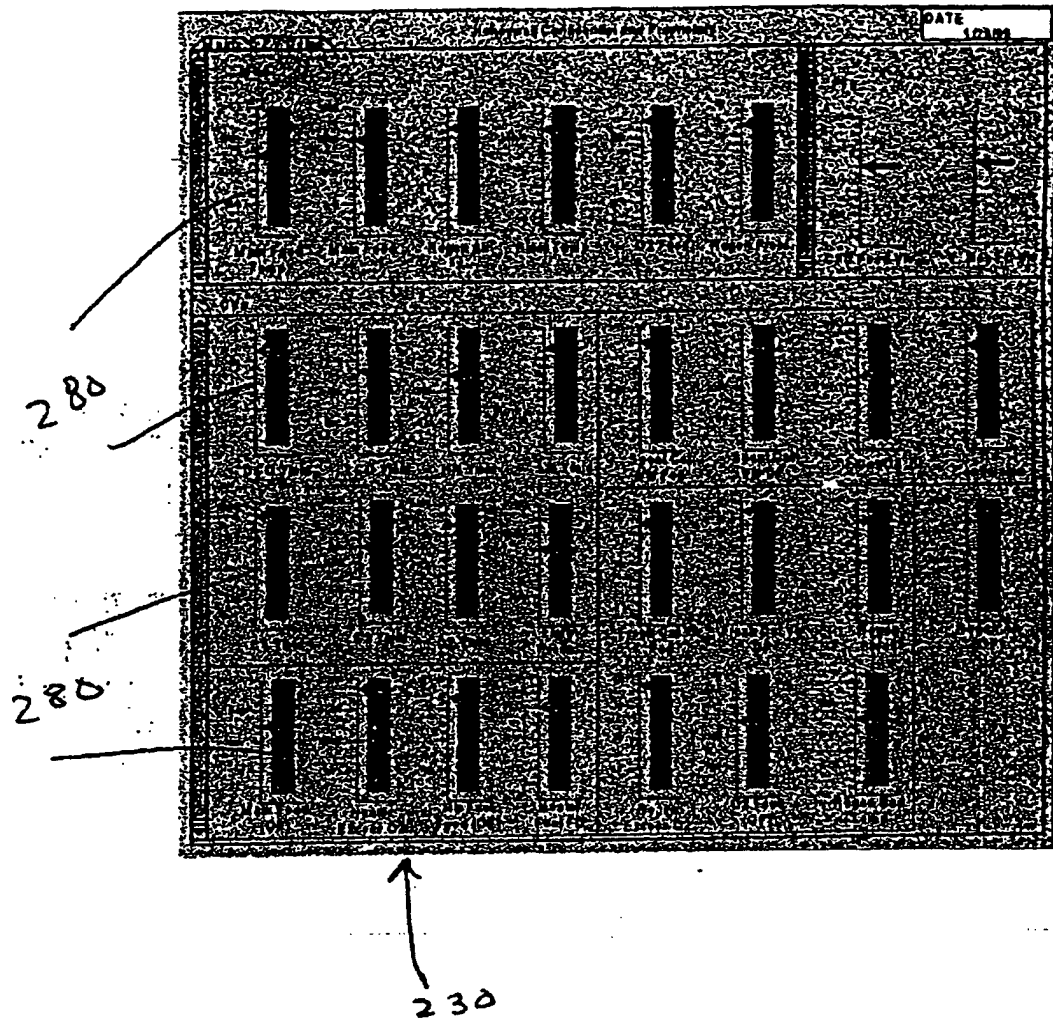
FIGUR 8



FIGUR 9

FIGUR 10





FIGUR 11