



(10) **DE 11 2016 004 614 T5** 2018.06.28

(12)

Veröffentlichung

der internationalen Anmeldung mit der
(87) Veröffentlichungs-Nr.: **WO 2017/062805**
in der deutschen Übersetzung (Art. III § 8 Abs. 2
IntPatÜG)
(21) Deutsches Aktenzeichen: **11 2016 004 614.6**
(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/US2016/056054**
(86) PCT-Anmeldetag: **07.10.2016**
(87) PCT-Veröffentlichungstag: **13.04.2017**
(43) Veröffentlichungstag der PCT Anmeldung
in deutscher Übersetzung: **28.06.2018**

(51) Int Cl.: **G05B 19/05 (2006.01)**
G05B 23/02 (2006.01)

(30) Unionspriorität:
62/239,657 **09.10.2015** **US**

(71) Anmelder:
**Fisher-Rosemount Systems, Inc., Round Rock,
Tex., US**

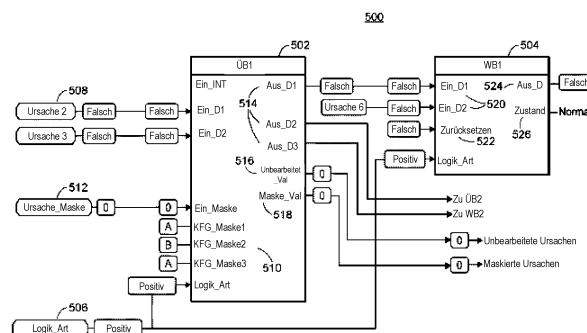
(74) Vertreter:
**Meissner Bolte Patentanwälte Rechtsanwälte
Partnerschaft mbB, 80538 München, DE**

(72) Erfinder:
**Law, Gary K., Georgetown, Tex., US; Sherriff,
Godfrey R., Austin, Tex., US**

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen.

(54) Bezeichnung: **System und Verfahren zum Erstellen eines Satzes Überwachungs- und Wirkungsblöcke aus einer Ursache-Wirkungs-Tabelle**

(57) Zusammenfassung: Ein System und Verfahren zum Konfigurieren von Überwachungsblöcken und Wirkungsblöcken, die mit einem Prozessleitsystem für eine Prozessanlage verbunden sind, beinhalten ein Bewirken, dass eine Anzeigevorrichtung eine grafische Benutzeroberfläche anzeigt, wobei die grafische Benutzeroberfläche einen ersten Überwachungsblock, einen zweiten Überwachungsblock und einen Wirkungsblock anzeigt. Das System und Verfahren beinhalten ferner ein Befähigen eines Benutzers, Konfigurationsdaten über die Eingabevorrichtung einzugeben, beinhaltend: (i) Konfigurieren einer der Ausgaben des ersten Überwachungsblocks, damit sie als eine der Eingaben des zweiten Überwachungsblocks dient, (ii) Konfigurieren einer zusätzlichen der Ausgaben des ersten Überwachungsblocks, damit sie als Eingaben in den Wirkungsblock dienen, und (iii) Designieren zumindest einer aus der Vielzahl von Zellen von jedem von dem ersten Überwachungsblock, dem zweiten Überwachungsblock und dem Wirkungsblock als Auslöser, der mit dem jeweiligen Eingabe/Ausgabe-Paar der jeweiligen Zelle verbunden ist und einer Bedingung in der Prozessanlage entspricht.



Beschreibung

Verwandte Anmeldungen

[0001] Diese Patentanmeldung ist eine reguläre Patentanmeldung, welche die Priorität und den Vorteil des Einreichungsdatum der vorläufigen US-Patentanmeldung mit der Seriennummer 62/239.657 und dem Titel „A System and Method for Configuring Separated Monitor and Effect Blocks of a Process Control System“ beansprucht, die am 09. Oktober 2015 eingereicht wurde und die hiermit durch Bezugnahme ausdrücklich in den vorliegenden Gegenstand mit einbezogen wird.

Gebiet der Offenbarung

[0002] Die vorliegende Offenbarung betrifft im Allgemeinen das Bedienen eines Prozessleitsystems in einer Prozessanlage und insbesondere das Konfigurieren von Ursache-Wirkungs-Tabellen (Cause and Effect Matrices - CEM), die mit dem Prozessleitsystem verbunden sind, und das Erstellen damit verbundener Überwachungsblöcke und Wirkungsblöcke.

Allgemeiner Stand der Technik

[0003] Prozessleitsysteme wie jene, die in chemischen, erdöltechnischen oder anderen Prozessen verwendet werden, beinhalten typischerweise einen oder mehrere Prozessregler, die über analoge, digitale oder eine Kombination aus analogen/digitalen Busse(n) oder Leitungen mit mindestens einer Host- oder Bedienerarbeitsstation und mit einem oder mehreren Feldgeräten in Kommunikationsverbindung stehen. Die Feldgeräte, bei denen es sich z. B. um Ventile, Ventilstellungsregler, Schalter und Messumformer (z. B. Temperatur-, Druck- und Durchflusssensoren) handeln kann, führen in der Prozessanlage Funktionen wie etwa das Öffnen oder Schließen von Ventilen und das Messen von Prozessparametern aus. Die Prozessregler empfangen Signale, die von den Feldgeräten vorgenommene Prozessmessungen und/oder andere die Feldgeräte betreffende Informationen angeben, verwenden diese Informationen zum Implementieren von Regelungsroutinen und erzeugen dann Signale, die zur Regelung des Betriebs des Prozesses über die Busse oder Leitungen zu den Feldgeräten gesendet werden. Informationen von den Feldgeräten und den Reglern werden typischerweise für eine oder mehrere Anwendungen verfügbar gemacht, die von der Bedienerarbeitsstation ausgeführt werden, um es einem Bediener zu ermöglichen, eine beliebige gewünschte Funktion bezüglich des Prozesses durchzuführen, wie etwa ein Konfigurieren des Prozesses, Beobachten des Istzustands des Prozesses, Modifizieren des Betriebs des Prozesses usw.

[0004] Zudem ist in vielen Prozessen ein separates Sicherheitssystem bereitgestellt, um wesentliche sicherheitsrelevante Probleme in der Prozessanlage zu erkennen und in der Anlage automatisch Ventile zu schließen, Vorrichtungen Energie zu entziehen, Strömungen zu ändern usw., wenn ein Problem auftritt, das eine schwerwiegende Gefahr in der Anlage, wie etwa ein Auslaufen giftiger Chemikalien, eine Explosion usw., zur Folge haben oder dazu führen kann. Diese Sicherheitssysteme verfügen typischerweise über einen oder mehrere separate Regler abgesehen von den standardmäßigen Reglern zur Prozessführung, sogenannte Logiklöser, die über separate Busse oder Kommunikationsleitungen, welche innerhalb der Prozessanlage installiert sind, an Sicherheitsfeldgeräte angeschlossen sind. Die Logiklöser verwenden die Sicherheitsfeldgeräte, um Prozessbedingungen zu erkennen, die mit wesentlichen Ereignissen verbunden sind, wie etwa mit der Position von bestimmten Sicherheitsschaltern oder Abschaltventilen, Überläufen oder Unterläufen im Prozess, dem Betrieb wichtiger Energieerzeugungs- oder Regelvorrichtungen, dem Betrieb von Fehlererkennungsvorrichtungen usw., um dadurch „Ereignisse“ in der Prozessanlage zu erkennen. Wenn ein Ereignis (typischerweise als „Ursache“ bezeichnet), bei dem es sich um eine Einzelbedingung oder das simultane Eintreten von zwei oder mehr Bedingungen handeln kann, erkannt wird, trifft der Sicherheitsregler gewisse Maßnahmen (typischerweise als „Wirkung“ bezeichnet), um die nachteilige Eigenschaft des Ereignisses einzugrenzen, wie etwa ein Schließen von Ventilen, Abschalten von Vorrichtungen, Entziehen von Energie von Teilen der Anlage usw. Zu diesen Maßnahmen oder Wirkungen zählen im Allgemeinen das Schalten von Sicherheitsvorrichtungen in einen ausgelösten oder „sicheren“ Betriebsmodus, der dazu ausgelegt ist, eine schwerwiegende oder gefährliche Bedingung in der Prozessanlage zu verhüten.

[0005] Bediener einer Prozessanlage wie etwa Manager oder Techniker pflegen typischerweise eine Datenbankstruktur, in der zusammenhängende Ursachen und Wirkungen gespeichert werden. Beispielsweise kann eine Tabelle eine Vielzahl an Zeilen und Spalten aufweisen, wobei jede Zeile einer Ursache entspricht, jede Spalte einer Wirkung entspricht und jede Zelle der Tabelle einem Ursache-Wirkungs-Zusammenhang entspricht. Die Zellen können mit verschiedenen Auslösern befüllt sein, welche den Zusammenhang zwischen jeder Ursache und Wirkung angeben. Sogenannte Ursache-Wirkungs-Tabellen (CEMs) sind im Allgemeinen gemäß Anforderungsdokumenten konfiguriert, welche die sicherheitstechnische Gestaltung für das Leitsystem oder die Anlage vorgeben. Ein Regelungstechniker kann die CEMs nutzen, um das Leitsystem derart zu entwickeln, dass die sicherheitstechnische Gestaltung entsprechend implementiert wird. Allerdings sind solche CEMs durch die vorgegebene Größe der Tabel-

le begrenzt und häufig nicht groß genug, um alle gewünschten Zusammenhänge zwischen Ursache-Wirkungs-Daten zu bewältigen. Ferner vermögen es solche CEMs nicht, komplexere/anspruchsvollere Ursache-Wirkungen wie etwa Verkettungen, Verknüpfungen, Abgleichen, Schleifenbildung usw. zu bewältigen. Darüber hinaus ist die Implementierung einer umfangreichen CEM in Steuerlogik umständlich und damit bei der Implementierung fehleranfällig. In Sicherheitssystemen ist es unerlässlich, eine akkurate CEM zu pflegen, da Fehler in der CEM schwerwiegend sein können, weil es zu gravierenden Verletzungen oder gar zum Tod auf Seiten des Anlagenpersonals und zum Verlust von möglicherweise Millionen Dollar an Ausrüstung und Material in einer Anlage führen kann, wenn das Sicherheitssystem nicht einwandfrei arbeitet.

Kurzdarstellung

[0006] Ein Prozessleitsystem für eine Prozessanlage kann über ein Sicherheitssystem verfügen, das derart implementiert oder gestaltet sein kann, die in einer Ursache-Wirkungs-Tabelle (CEM) definierte Steuerlogik zu erwirken, wobei es sich bei der CEM um eine Übersicht über die Sicherheitsmaßnahmen für die Prozessanlage handelt, die in einer visuellen Darstellung angezeigt wird. Allgemein gesprochen, definiert die CEM die grundlegenden Ursache-Wirkungs-Zusammenhänge für verschiedene Sicherheitsprotokolle oder -abläufe in der Prozessanlage. Im Allgemeinen kann eine CEM einen Satz Eingaben und einen Satz Ausgaben beinhalten, wobei jede von dem Satz Eingaben eine Bedingung in der Prozessanlage repräsentiert und jede von dem Satz Ausgaben eine Wirkung oder Maßnahme repräsentiert, die in der Prozessanlage durchzuführen ist. Ferner hängen zumindest manche von dem Satz Eingaben und dem Satz Ausgaben als Ursache-Wirkungs-Paare zusammen, wobei die jeweilige Wirkung als Reaktion auf ein Eintreten der entsprechenden Bedingung oder Ursache aktiviert wird.

[0007] Ein Administrator des Prozessleitsystems kann die CEM als einen Satz unterschiedlicher Funktionsblöcke implementieren. Allerdings kann eine jeweilige CEM je nach Größe und/oder Komplexität der Prozessanlage zahlreiche Ursachen, Wirkungen und Ursache-Wirkungs-Paare enthalten, weshalb eine entsprechend große Menge an Funktionsblöcken zum Implementieren erforderlich sein kann. Diese Implementierung kann daher zeitintensiv, kompliziert und aufwändig werden, was zu potentiellen Implementierungsfehlern führt. Gemäß den beschriebenen Systemen und Verfahren sind verschiedene Techniken zum Implementieren einer CEM in einem Prozessleitsystem als ein Satz getrennter, aber vernetzter Funktionsblöcke, die als Überwachungsfunktionsblöcke und Wirkungsfunktionsblöcke beschrie-

ben werden, zum Implementieren von CEM-Logik bereitgestellt.

[0008] In einer Ausführungsform können die Systeme und Verfahren Muster und Gruppierungen in einer CEM identifizieren und einen Satz Überwachungsblocks und einen Satz Wirkungsblocks gemäß den identifizierten Mustern und Gruppierungen implementieren, um somit die Komplexität der Implementierung der CEM zu reduzieren. In einer Implementierung kann eine Gruppierung von Daten in einer CEM (bspw. eine Spalte der CEM) als numerische Repräsentation der Logik definiert werden, welche durch diesen Teil der CEM definiert wird, um eine einfache und weniger komplizierte Art und Weise des Verstehens und Bestätigens bereitzustellen, dass die Logik der CEM in den Funktionsblöcken (bspw. den Überwachungs- und Wirkungsblöcken), die zum Implementieren der CEM-Logik verwendet werden, implementiert wird. Ferner kann ein Werkzeug zum Analysieren und Neuordnen oder Umordnen einer CEM (bspw. der Zeilen und/oder Spalten einer CEM) verwendet werden, um bessere, logischere, einfachere zu implementierende usw. Gruppierungen der CEM-Logik bereitzustellen, die als einer oder mehrere Sätze von Ursache-Wirkungs-Blöcken zu implementieren sind.

[0009] Die vorliegende Offenbarung stellt zusätzliche Techniken zum Bedienen einer CEM bereit. Insbesondere können die hier beschriebenen Systeme und Verfahren zum derartigen Konfigurieren einer CEM verwendet werden, dass sie eine interaktive Funktionalität beinhaltet. Beispielsweise kann eine konfigurierte CEM beinhalten: Verknüpfungen oder Auswahlen zum Zugreifen auf ein oder mehrere Dokumente, die Sicherheitsprotokolle aufführen, welche die Ursache-Wirkungs-Zusammenhänge der CEM bilden, Graphen, welche die aktuellen und/oder vergangenen Status einer oder mehrerer Wirkungen der CEM abbilden, um es einem Benutzer zu ermöglichen, die vorherigen Bedingungen oder Operationen bezüglich bestimmter Wirkungen, wie in der Anlage implementiert, einfacher zu verstehen, und Diagramme der Prozessanlage, die Vorrichtungen beinhalten, die mit Ursachen und Wirkungen der CEM zusammenhängen.

[0010] Zudem kann es aufgrund der oftmals großen Informationsmenge, die in einer CEM enthalten ist, für einen Techniker schwierig sein, jegliche Abweichungen oder Fehler zu identifizieren, die in einem Prozessleitsystem enthalten sind. Die hier bereitgestellten Systeme und Verfahren ermöglichen ferner das Implementieren einer Technik und eines Systems zur Nachkonstruktion, um automatisch eine Test-CEM zu erstellen, welche die CEM-Logik, die tatsächlich durch die Vorrichtungen und Steuerlogik in der Prozessanlage (oder, in manchen Implementierungen, den Überwachungs- und Wirkungsblöcken

in dem Prozessleitsystem) implementiert wird, und die erforderlichen Sicherheitsprotokolle für die jeweilige Prozessanlage definiert. Dementsprechend können die hier beschriebenen Systeme und Verfahren die Test-CEM mit der bestehenden CEM vergleichen, um jegliche Abweichungen oder Fehler zwischen der tatsächlichen Konfiguration des Anlagenbetriebs und jener, die in einem Gestaltungsdokument aufgeführt sein kann, zu identifizieren.

Figurenliste

[0011] Die nachfolgend beschriebenen Figuren bilden unterschiedliche Aspekte des Systems und der Verfahren, die dort offenbart sind, ab. Es versteht sich, dass jede Figur eine Ausführungsform eines bestimmten Aspekts des Systems und der Verfahren, die offenbart sind, abbildet, und dass jede der Figuren dazu beabsichtigt ist, mit einer möglichen Ausführungsform davon übereinzustimmen. Ferner verweist die folgende Beschreibung, so möglich, auf die in den folgenden Figuren enthaltenen Bezugszeichen, wobei in mehreren Figuren abgebildete Merkmale durchgehend mit den gleichen Bezugszeichen gekennzeichnet sind.

[0012] In den Zeichnungen werden Anordnungen gezeigt, die vorliegend erläutert werden, wobei es sich allerdings versteht, dass die vorliegenden Ausführungsformen nicht auf die gezeigten exakten Anordnungen und Instrumentalitäten beschränkt sind, wobei:

Fig. 1 ein Blockdiagramm einer beispielhaften Prozessanlage ist;

Fig. 2 ein Blockdiagramm einer beispielhaften Arbeitsstation ist, die in **Fig. 1** schematisch dargestellt wird;

Fig. 3 eine Darstellung einer beispielhaften Ursache-Wirkungs-Tabelle ist;

Fig. 4 eine Darstellung eines beispielhaften Satzes von Überwachungs- und Wirkungsblöcken ist;

Fig. 5 eine Darstellung eines ersten Beispiels für einen Satz von Funktionsblöcken ist, die zum Implementieren von Überwachungs- und Wirkungsblöcken verwendet werden können;

Fig. 6 eine Darstellung eines zweiten Beispiels für einen Satz von Funktionsblöcken ist, die zum Implementieren von Überwachungs- und Wirkungsblöcken verwendet werden können;

Fig. 7 ein Ablaufdiagramm eines Beispielverfahrens zum Konfigurieren von Überwachungsblöcken und Wirkungsblöcken, die mit einer Prozessanlage verbunden sind, ist;

Fig. 8 eine Darstellung eines zweiten Beispiels für eine Ursache-Wirkungs-Tabelle ist;

Fig. 9 eine Darstellung des zweiten Beispiels für die Ursache-Wirkungs-Tabelle aus **Fig. 8** ist, die umorganisiert und in separate Logikblöcke konfiguriert wurde;

Fig. 10 ein Ablaufdiagramm eines Beispielverfahrens zum Umorganisieren einer Ursache-Wirkungs-Tabelle ist;

Fig. 11 eine Darstellung des zweiten Beispiels für eine Ursache-Wirkungs-Tabelle mit beispielhaften numerischen Repräsentationen ist;

Fig. 12 ein Ablaufdiagramm eines Beispielverfahrens zum Berechnen numerischer Repräsentationen für eine Logik einer Ursache-Wirkungs-Tabelle ist;

Fig. 13 eine beispielhafte Darstellung verschiedener miteinander verknüpfter Benutzerschnittstellen ist, welche der Sicherheitslogik einer Ursache-Wirkungs-Tabelle entsprechen;

Fig. 14 ein Flussdiagramm eines Beispielverfahrens zum Navigieren zwischen den miteinander verknüpften Benutzerschnittstellen aus **Fig. 13** ist;

Fig. 15 ein Flussdiagramm eines Beispielverfahrens zum Nachkonstruieren einer Ursache-Wirkungs-Testtabelle ist;

Die **Fig. 16A-Fig. 16D** Darstellungen beispielhafter Benutzerschnittstellen sind, die ein überwachtes Sicherheitsereignis anzeigen;

Fig. 17 ein Flussdiagramm eines Beispielverfahrens zum Anzeigen eines überwachten Sicherheitsereignisses ist;

Fig. 18 eine Darstellung einer beispielhaften Ursache-Wirkungs-Tabelle ist, die zulassende und zeitlich verzögerte Auslöser beinhaltet.

[0013] Die Figuren bilden nur zur Veranschaulichung bevorzugte Ausführungsformen ab. Für den Fachmann wird es sich aus der folgenden Erläuterung ohne Weiteres erschließen, dass alternative Ausführungsformen der hier dargestellten Systeme und Verfahren eingesetzt werden können, ohne von den Prinzipien der hier beschriebenen Erfindung abzuweichen.

Detaillierte Beschreibung

[0014] **Fig. 1** ist ein Blockdiagramm einer beispielhaften Prozessanlage **10**, die einen oder mehrere Knoten **12**, **16**, **18** und **20** beinhaltet. In der beispielhaften Prozessanlage **10** in **Fig. 1** beinhaltet jeder der Knoten **12** und **16** einen Prozessregler **12a**, **16a**, der mit einem oder mehreren Feldgeräten **22** und **23** über Ein-/Ausgangs(E/A)-Vorrichtungen **24** verbunden ist, bei denen es sich beispielsweise um Foundation-Feldbus-Schnittstellen, HART-Schnittstellen usw. handeln kann. Die Regler **12a** und **16a** sind auch mit ei-

ner oder mehreren Host- oder Bedienerarbeitsstation **18a** und **20a** in den Knoten **18** und **20** über ein Netzwerk **30** verbunden, das beispielsweise eines oder mehrere von einem Bus, einem drahtgebundenen lokalen Netzwerk (Local Area Network - LAN) wie etwa einem Ethernet-LAN, einem drahtlosen LAN, einem Weitverkehrsnetzwerk (Wide Area Network - WAN), einem Intranet usw. sein kann. Die Reglerknoten **12**, **16** und die E/A-Vorrichtungen **24** und Feldgeräte **22**, **23**, die damit verbunden sind, befinden sich zwar typischerweise unten und im Inneren und sind über die gesamte, manchmal raue Anlagenumgebung verteilt, die Bedienerarbeitsstation-Knoten **18** und **20** jedoch befinden sich zumeist in Leitständen oder anderen weniger rauen Umgebungen, die für mit der Regelung betrautem Personal leicht zugänglich sind.

[0015] Allgemein gesprochen, können die Arbeitsstationen **18a** und **20a** der Knoten **18** und **20** dazu verwendet werden, Anwendungen zu speichern und auszuführen, die zum Konfigurieren und Überwachen der Prozessanlage **10** und/oder zum Bedienen der Vorrichtungen **22**, **23**, **24** und Regler **12a**, **16a** in der Prozessanlage **10** verwendet werden. Beispielsweise können die Arbeitsstationen **18a** und/oder **20a** Werkzeuge wie etwa eine Systemnavigatorsanwendung **15**, ein Ursache-Wirkungs-Analysewerkzeug **17**, eine Prozessleitkonfigurationsanwendung **19** und eine Sicherheitskonfigurationsanwendung **21** enthalten, die implementiert werden können, um die Sicherheitsanforderungen der Prozessanlage **10** zu bedienen. Die Systemnavigatorsanwendung **15** kann implementiert werden, um eine Gruppe miteinander verknüpfter Benutzerschnittstellen bereitzustellen, die Informationen bezüglich der Sicherheitsanforderungen und -vorrichtungen in der Prozessanlage bereitstellen. Das Ursache-Wirkungs-Analysewerkzeug kann implementiert werden, um eine Ursache-Wirkungs-Tabelle (CEM) zu bedienen und/oder um Ursache-Wirkungs-Tabellen durch Nachkonstruieren auf Basis bekannter Sicherheitsanforderungen und/oder Funktionsblöcke zu erstellen. Ferner können die Prozessleitkonfigurationsanwendung **19** und Sicherheitskonfigurationsanwendung **21** einem Benutzer die Fähigkeit verschaffen, die Vorrichtungen der Prozessanlage durch die Arbeitsstationen **18a** und/oder **20a** zu bedienen. Eine Konfigurationsdatenbank **32** kann mit dem Netzwerk **30** verbunden werden und als Datenhistorieneinheit und/oder Konfigurationsdatenbank arbeiten, welche die aktuelle Konfiguration der Prozessanlage **10** speichert, als in den Knoten **12**, **16**, **18**, **20** heruntergeladen und/oder gespeichert. Die Konfigurationsdatenbank kann auch Regeln **31** zum Umordnen von CEMs und/oder numerische Repräsentationen **33** enthalten.

[0016] Jeder der Regler **12a** und **16a**, bei denen es sich beispielshalber um den von Emerson Process Management vertriebenen DeltaV™-Regler handeln kann, kann eine Regleranwendung speichern und

ausführen, die eine Regelungsstrategie unter Verwendung einiger verschiedener, unabhängig ausgeführter Regelmodule oder -blöcke implementiert. Die Regelmodule können jeweils daraus bestehen, was gemeinhin als Funktionsblöcke bezeichnet wird, wobei jeder Funktionsblock ein Teil einer Teilroutine einer Gesamtregelroutine ist und mit anderen Funktionsblöcken (über Kommunikationsverbindungen, die als Verknüpfungen bezeichnet werden) zusammenarbeitet, um Prozessleitschleifen in der Prozessanlage **10** zu implementieren. Wie allgemein bekannt, führen Funktionsblöcke typischerweise eine der Folgenden aus: eine Eingangsfunktion (wie etwa jene, die mit einem Messumformer, einem Sensor oder einer anderen Prozessparametermessvorrichtung verbunden ist), eine Regelfunktion (wie etwa jene, die mit einer Regelroutine verbunden ist, die eine PID-, Fuzzy-Logik- usw. Regelung ausführt) oder eine Ausgangsfunktion, welche den Betrieb einer Vorrichtung (wie etwa einem Ventil) regelt, um eine physische Funktion in der Prozessanlage **10** auszuführen. Selbstverständlich existieren Mischformen und andere Arten von Funktionsblöcken und können genutzt werden. Während ein Feldbusprotokoll und das DeltaV™-Systemprotokoll Regelmodule und Funktionsblöcke verwenden können, die in einem objektorientierten Programmierungsprotokoll gestaltet und implementiert sind, könnten die Regelmodule unter Verwendung eines beliebigen gewünschten Regelprogrammierungsschemas gestaltet werden, darunter beispielsweise eines sequenziellen Funktionsblocks, einer Leiterlogik usw., und sie sind nicht darauf beschränkt, unter Verwendung eines Funktionsblocks oder einer sonstigen bestimmten Programmierungstechnik gestaltet zu werden. Typischerweise kann die Konfiguration des Regelmoduls, wie in den Prozessleitknoten **12** und **16** gespeichert, in der Konfigurationsdatenbank **32** gespeichert sein, auf die Anwendungen zugreifen können, die von den Arbeitsstationen **18a** und **20a** ausgeführt werden. Funktionsblöcke können beispielsweise in dem Regler **12a**, **16a** gespeichert und von diesem ausgeführt werden, was typischerweise der Fall ist, wenn diese Funktionsblöcke für standardmäßige 4-20-mA □ Vorrichtungen und einige Arten intelligenter Feldgeräte wie HART □ Vorrichtungen verwendet werden oder mit diesen verbunden sind, oder sie können in den Feldgeräten an sich gespeichert und von diesen implementiert werden, was bei Feldbus □ Vorrichtungen der Fall sein kann.

[0017] In dem in **Fig. 1** dargestellten System kann es sich bei den mit den Reglern **12a** und **16a** gekoppelten Feldgeräten **22** und **23** um standardmäßige 4-20-mA □ Vorrichtungen handeln, oder es kann sich um intelligente Feldgeräte wie etwa HART, Profibus oder Foundation-Fieldbus-Feldgeräte handeln, die einen Prozessor und einen Speicher beinhalten. Manche dieser Vorrichtungen, wie etwa Foundation-Fieldbus-Feldgeräte (in **Fig. 1** mit dem Bezugszei-

chen **23** gekennzeichnet) können Module oder Teilmodule wie etwa Funktionsblöcke, die mit der in den Reglern **12a** und **16a** implementierten Regelungsstrategie verbunden sind, speichern und ausführen. Selbstverständlich kann es sich bei den drahtgebundenen Feldgeräten **22**, **23** um beliebige Arten von Vorrichtungen handeln, wie etwa Sensoren, Ventile, Messumformer, Stellungsregler usw., und bei den E/A-Vorrichtungen **24** kann es sich um beliebige Arten von E/A-Vorrichtungen handeln, die einem beliebigen gewünschten Kommunikations- oder Regelungsprotokoll entsprechen, wie etwa HART, Foundation Fieldbus, Profibus usw.

[0018] Die Regler **12a** und **16a** beinhalten jeweils einen Prozessor, der eine oder mehrere Prozessleitroutinen implementiert oder überwacht, die in einem Speicher gespeichert sind, der Regelschleifen beinhalten kann, die darin gespeichert oder anderweitig damit verbunden sind. Die Regler **12a** und **16a** kommunizieren mit den Feldgeräten **22**, **23**, den Arbeitsstationen **18a**, **20a** und der Datenbank **32**, um einen Prozess auf beliebige gewünschte Art und Weise zu leiten. Die Regler **12a**, **16a** können jeweils dazu konfiguriert sein, eine Regelungsstrategie oder Regelungsroutine auf beliebige gewünschte Art und Weise zu implementieren.

[0019] Die Prozessanlage **10** kann zudem ein Sicherheitssystem **14** (anhand gepunkteter Linien angegeben) beinhalten, das mit den Prozessleitknoten **12** und **16** integriert ist. Das Sicherheitssystem **14** kann im Allgemeinen als Safety Instrumented System (SIS) arbeiten, um die Regelung, welche durch die Prozessleitknoten **12** und **16** bereitgestellt wird, zum Maximieren des wahrscheinlich sicheren Betriebs der Prozessanlage **10** zu überwachen und darin einzugreifen.

[0020] Jeder der Knoten **12** und **16** kann einen oder mehrere Sicherheitssystem-Logiklöser **50** beinhalten. Jeder der Logiklöser **50** ist eine E/A-Vorrichtung mit einem Prozessor und einem Speicher und dazu konfiguriert, in dem Speicher gespeicherte Sicherheitslogikmodule auszuführen. Jeder Logiklöser **50** ist kommunikativ gekoppelt, um Regelsignale an Sicherheitssystem-Feldgeräte **60** und **62** bereitzustellen und/oder Signale von diesen zu empfangen. Außerdem kann jeder Knoten **12** und **16** zumindest eine Mitteilungsverbreitungsvorrichtung (Message Propagation Device - MPD) **70** beinhalten, die über eine Ring- oder Busverbindung **74** (wovon in **Fig. 1** nur ein Teil dargestellt ist) kommunikativ mit anderen MPDs **70** gekoppelt ist. Die Sicherheitssystem-Logiklöser **50**, die Sicherheitssystem-Feldgeräte **60** und **62**, die MPDs **70** und der Bus **74** bilden im Allgemeinen das Sicherheitssystem **14** von **Fig. 1**.

[0021] Bei den Logiklösern **50** in **Fig. 1** kann es sich um jede beliebige Art von Sicherheitssystem-Regel-

vorrichtungen handeln, die einen Prozessor und einen Speicher beinhalten, der Sicherheitslogikmodule speichert, die dazu ausgelegt sind, in dem Prozessor ausgeführt zu werden, um eine mit dem Sicherheitssystem **14** verbundene Regelfunktionalität unter Verwendung der Feldgeräte **60**, **62** bereitzustellen. Selbstverständlich kann es sich bei den Sicherheitssystem-Feldgeräten **60** und **62** um jede beliebige Art von Feldgeräten handeln, die jedem beliebigen oder gewünschten Kommunikationsprotokoll, wie etwa den weiter oben erwähnten, entsprechen oder diese verwenden. Insbesondere kann es sich bei den Feldgeräten **60** und **62** um sicherheitstechnische Feldgeräte der Art handeln, die herkömmlicherweise durch ein separates, dediziertes sicherheitstechnisches Leitsystem geregelt werden. Bei der in **Fig. 1** dargestellten Prozessanlage **10** sind die Sicherheitssystem-Feldgeräte **60** so abgebildet, dass sie ein dediziertes oder Punkt-zu-Punkt-Kommunikationsprotokoll wie etwa das HART- oder das 4-20-mA-Protokoll verwenden, wohingegen die Sicherheitssystem-Feldgeräte **62** der Darstellung nach ein Buskommunikationsprotokoll wie etwa ein Feldbus-Protokoll verwenden. Die Sicherheitssystem-Feldgeräte **60** können jede beliebige Funktion ausführen, wie etwa jene eines Abschaltventils, eines Schalters zum Abschalten usw. Allerdings könnte es sich bei den Sicherheitssystem-Feldgeräten **60** und **62** auch um andere Arten von Vorrichtungen handeln, und sie könnten andere Arten von Kommunikationsprotokollen zum Kommunizieren mit den Logiklösern **50** verwenden, einschließlich jedes beliebigen drahtgebundenen oder drahtlosen Kommunikationsprotokolls.

[0022] Eine (nicht gezeigte) gemeinsame Rückwand kann in jedem der Knoten **12** und **16** verwendet werden, um die Regler **12a** und **16a** kommunikativ mit den Prozessleit-E/A-Karten **24**, mit den Sicherheitslogiklösern **50** und mit den MPDs **70** zu koppeln. Die Regler **12a** und **16a** sind zudem kommunikativ mit dem Netzwerk **30** gekoppelt. Die Regler **12a** und **16a**, die E/A-Vorrichtungen **24**, die Logiklöser **50**, die MPDs **70** können über das Netzwerk **30** mit den Knoten **18** und **20** kommunizieren.

[0023] Wie es dem Durchschnittsfachmann ersichtlich sein wird, ermöglicht es die (nicht gezeigte) Rückwand in dem Knoten **12**, **16**, dass die Logiklöser **50** lokal miteinander kommunizieren, um durch diese Vorrichtungen implementierte Sicherheitsfunktionen zu koordinieren, um einander Daten zu kommunizieren und/oder um andere integrierte Funktionen auszuführen. Ähnlich dazu ermöglicht es die (nicht gezeigte) Rückwand in dem Knoten **16**, dass die Logiklöser **50** lokal miteinander kommunizieren, um durch diese Vorrichtungen implementierte Sicherheitsfunktionen zu koordinieren, um einander Daten zu kommunizieren und/oder um andere integrierte Funktionen auszuführen. Andererseits ermöglichen es die MPDs **70** von ihrem Betrieb her, dass Teile des Sicherheits-

systems **14**, die an sehr unterschiedlichen Stellen der Anlage **10** angeordnet sind, dennoch miteinander kommunizieren, um einen koordinierten Sicherheitsbetrieb an unterschiedlichen Knoten der Prozessanlage **10** bereitzustellen. Insbesondere ermöglichen es die MPDs **70** gemeinsam mit dem Bus **74**, dass die Logiklöser **50**, die mit verschiedenen Knoten **12** und **16** der Prozessanlage **10** verbunden sind, kommunikativ zusammen kaskadiert werden, um die Kaskadierung sicherheitstechnischer Funktionen in der Prozessanlage **10** gemäß einer zugewiesenen Priorität zuzulassen. Die MPDs **70** und der Bus **74** stellen dem Sicherheitssystem eine Kommunikationsverknüpfung bereit, die eine Alternative zu dem Netzwerk **30** darstellt.

[0024] Alternativ können zwei oder mehr sicherheitstechnische Funktionen an verschiedenen Stellen in der Prozessanlage **10** wechselseitig verriegelt oder miteinander verknüpft werden, ohne dass eine dedizierte Leitung zu einzelnen Sicherheitsfeldgeräten in den separaten Bereichen oder Knoten der Anlage **10** durch die Verwendung der MPDs **70** und der Kommunikationsleitungen **74** gelegt werden muss. Anders formuliert, ermöglicht es die Verwendung der MPDs **70** und des Busses **74** einem Sicherheitstechniker, ein Sicherheitssystem **14** zu gestalten und zu konfigurieren, das vom Wesen her über die Prozessanlage **10** verteilt ist, bei dem jedoch verschiedene Komponenten davon kommunikativ miteinander verknüpft sind, um es zu ermöglichen, dass die disparate sicherheitstechnische Hardware je nach Bedarf miteinander kommuniziert. Dieses Merkmal stellt zudem eine Skalierbarkeit des Sicherheitssystems **14** bereit, da es ein Hinzufügen zusätzlicher Sicherheitslogiklöser zu dem Sicherheitssystem **14** ermöglicht, je nach dem, ob diese notwendig sind, oder, ob der Prozessanlage **10** neue Prozessleitknoten hinzugefügt werden. Es versteht sich, dass die Logiklöser **50** typischerweise die Steuerlogik beinhalten, die eine Sicherheitslogik implementiert, welche durch eine oder mehrere Ursache-Wirkungs-Tabellen (CEMs) definiert wird.

[0025] Fig. 2 ist ein Blockdiagramm, das die Struktur einer beispielhaften Arbeitsstation 18a schematisch darstellt (die Arbeitsstation **20a** kann die gleiche oder eine ähnliche Vorrichtung umfassen). Die Arbeitsstation **18a** kann zumindest einen Prozessor **100**, einen flüchtigen Speicher **104** und einen nichtflüchtigen Speicher **108** beinhalten. Zu dem flüchtigen Speicher **104** kann beispielsweise ein Direktzugriffsspeicher (Random Access Memory - RAM) zählen. In manchen Ausführungsformen kann der RAM durch eine oder mehrere Batterien überbrückt werden, damit im Falle eines Netzausfalls keine Daten verloren gehen. Zu dem nichtflüchtigen Speicher **108** können beispielsweise eines oder mehrere der Folgenden zählen: eine Festplatte, ein Festwertspeicher (Read-Only Memory - ROM), ein Compact-Disk-ROM (CD-ROM),

ein programmierbarer ROM (PROM), ein löschbarer programmierbarer ROM (EPROM), ein elektrisch löschbarer programmierbarer ROM (EEPROM), eine Digital Versatile Disk (DVD), ein Flash-Speicher usw. Die Arbeitsstation 18a kann auch eine Arbeitsstation-E/A-Vorrichtung 112 beinhalten. Der Prozessor **100**, der flüchtige Speicher **104**, der nichtflüchtige Speicher **108** und die Arbeitsstation-E/A-Vorrichtung 112 können über einen Adress-/Datenbus **116** vernetzt werden. Die Arbeitsstation **18a** kann auch zumindest eine Anzeigevorrichtung **120** und zumindest eine Benutzereingabevorrichtung **124** beinhalten, bei der es sich beispielsweise um eines oder mehrere von einer Tastatur, einem Tastenfeld, einer Maus, einer Rollkugel, einem berührungsempfindlichen Bildschirm, einem Lichtgriffel usw. handeln kann. In manchen Ausführungsformen können eines oder mehrere von dem flüchtigen Speicher **104**, nichtflüchtigen Speicher **108** und der Arbeitsstation-E/A-Vorrichtung 112 über einen Bus, der von dem Adress-/Datenbus **116** (nicht gezeigt) getrennt ist, mit dem Prozessor **100** gekoppelt sein oder direkt mit dem Prozessor **100** gekoppelt sein.

[0026] Die Anzeigevorrichtung **120** und die Benutzereingabevorrichtung **124** sind mit der Arbeitsstation-E/A-Vorrichtung 112 gekoppelt. Zudem ist die Arbeitsstation **18a** über die Arbeitsstation-E/A-Vorrichtung 112 mit dem Netzwerk **30** gekoppelt. In Fig. 2 ist die Arbeitsstation-E/A-Vorrichtung 112 zwar als eine Vorrichtung dargestellt, doch kann sie mehrere Vorrichtungen umfassen. Außerdem können in manchen Ausführungsformen eine oder mehrere von der Anzeigevorrichtung **120** und der Benutzereingabevorrichtung **124** direkt mit dem Adress-/Datenbus **116** oder dem Prozessor **100** gekoppelt sein.

[0027] Eine Prozessleitkonfigurationsanwendung **19**, nun unter Bezug auf Fig. 1 und Fig. 2, die mit einem oder mehreren der Regelknoten **12**, **16** verbunden ist, kann in einer oder mehreren Arbeitsstationen **18a** und **20a** gespeichert und davon ausgeführt werden. Beispielsweise könnte die Prozessleitkonfigurationsanwendung **19** in dem nichtflüchtigen Speicher **108** und/oder dem flüchtigen Speicher **104** gespeichert und von dem Prozessor **100** ausgeführt werden. Dabei könnte diese Anwendung, so gewünscht, auch in anderen Computern, die mit der Prozessanlage **10** verbunden sind, gespeichert und davon ausgeführt werden. Allgemein gesprochen, gestattet es die Prozessleitkonfigurationsanwendung **19** einem Programmierer, Regelungstechniker oder anderem Personal, Regelroutinen, Regelmodule, Funktionsblöcke, Programme, Logik usw. zu erstellen und zu konfigurieren, welche durch die Regler **12a**, **16a**, E/A-Vorrichtungen 24 und/oder die Feldgeräte **22**, **23** implementiert werden sollen. Diese Regelroutinen, Regelmodule, Funktionsblöcke, Programme, Logik usw. können dann über das Netzwerk **30** auf geeignete von den Reglern **12a**, **16a**, E/A-Vorrichtungen 24

und/oder Feldgeräten **22**, **23** heruntergeladen werden.

[0028] Ähnlich dazu kann die mit dem Sicherheitssystem **14** verbundene Sicherheitssystemkonfigurationsanwendung **21** in einer oder mehreren Arbeitsstationen **18a** und **20a** gespeichert und davon ausgeführt werden. Beispielsweise könnte die Sicherheitssystemkonfigurationsanwendung **21** in dem nichtflüchtigen Speicher **108** und/oder dem flüchtigen Speicher **104** gespeichert und von dem Prozessor **100** ausgeführt werden. Dabei könnte diese Anwendung, so gewünscht, auch in anderen Computern, die mit der Prozessanlage **10** verbunden sind, gespeichert und davon ausgeführt werden. Allgemein gesprochen, gestattet es die Sicherheitssystemkonfigurationsanwendung einem Programmierer, Sicherheitstechniker oder anderem Personal, sicherheitstechnische Regelroutinen, Sicherheitslogikmodule, Funktionsblöcke, Programme, Logik usw. zu erstellen und zu konfigurieren, welche durch die Logiklöser **50** und/oder die Vorrichtungen **60**, **62** implementiert werden sollen. Diese Regelroutinen, Sicherheitsmodule, Funktionsblöcke, Programme, Logik usw. können dann über das Netzwerk **30** auf geeignete von den Reglern **12a**, **16a**, Logiklösern **50** und/oder Feldgeräten **60**, **62** heruntergeladen werden.

[0029] Sicherheitssysteme sind typischerweise in einer oder mehreren Sprachen programmiert, welche vom Standard **61131-3** der International Electrotechnical Commission (IEC) definiert sind, und in manchen Fällen kann die Sicherheitslogik aus einer Reihe vernetzter Funktionsblöcke oder anderer Routinen bestehen. Unabhängig von der Programmiersprache bildet normalerweise ein Dokument mit Ausführungen den Ausgangspunkt, in dem die Anforderungen für die Regelungs- und/oder Sicherheitsmaßnahmen spezifiziert werden. Im Falle von Sicherheitssystemen sind die Sicherheitsanforderungen in der Spezifikation der Sicherheitsanforderungen (Safety Requirement Specification - SRS) festgehalten. Die SRS, die nachfolgend ausführlicher beschrieben wird, kann Logikbeschreibungen bereitstellen, die entweder mittels Klartext, Logikdiagrammen oder Ursache-Wirkungs-Diagrammen (auch als Ursache-Wirkungs-Tabellen bezeichnet) repräsentiert werden könnten. Eine Ursache-Wirkungs-Tabelle (CEM) ist eine Übersicht der durch das Sicherheitssystem bereitgestellten Sicherheitsmaßnahmen in einer einfachen visuellen Darstellung. Somit definiert eine CEM die grundlegenden Ursache-Wirkungs-Zusammenhänge, welche von der Sicherheitslogik implementiert werden, und sie bildet die Grundlage für die Konfiguration von Sicherheitslogik.

[0030] Fig. 3 stellt eine beispielhafte Repräsentation einer CEM **300** dar, die anhand jeder beliebigen Art von Anzeigevorrichtung anzeigbar sein kann. Insbe-

sondere kann die Anzeigevorrichtung Teil einer mit der Sicherheitskonfigurationsanwendung **21** verbundenen Benutzerschnittstelle sein, und die Anzeige kann einem Programmierer oder Administrator präsentiert werden, beispielsweise über die Anzeigevorrichtung **120** der Arbeitsstation **18a**. Die beispielhafte CEM **300**, die in herkömmlichen Prozessleitsystemen genutzt werden kann, enthält eine Vielzahl Ursachen und eine Vielzahl Wirkungen. Die Ursachen der CEM werden im Allgemeinen von der Spezifikation der Sicherheitsanforderungen definiert und stehen mit den Bedingungen in Zusammenhang, welche durch die oder an den Logiklöser(n) **50**, Feldgerät(en) **22**, **23**, **60** und **62** usw. in der gesamten Prozessanlage **10** angezeigt, gemessen oder erkannt werden. Eine in der CEM **300** definierte jeweils andere Ursache C1, C2 usw. ist mit jeder Zeile der CEM **300** verbunden. Eine Ursache kann beispielsweise sein, dass ein Sensor anzeigt, dass die Temperatur eines bestimmten Bereichs der Anlage einen sicheren oder vorgegebenen Bereich über- oder unterschreitet.

[0031] Wenn eine Bedingung eintritt, die einer Ursache entspricht, dann kann eine Wirkung ausgelöst werden, wobei eine Wirkung eine in der Anlage auszuführende Maßnahme sein kann. Eine jeweils andere Wirkung, E1, E2 usw., der CEM **300** ist für jede Spalte der CEM **300** definiert und damit verbunden. Beispielsweise kann eine Wirkung der CEM **300** (bspw. E3) mit einer in der Anlage auszuführenden Sicherheitsmaßnahme zusammenhängen, wie etwa dem Schließen eines Ventils, dem Schlagen eines Alarms usw. Wird eine bestimmte Ursache (bspw. C2 oder C6) eine bestimmte Wirkung (E3) auslöst, dann liegt ein entsprechendes Ursache-Wirkungs-Paar oder ein entsprechender Ursache-Wirkungs-Zusammenhang vor.

[0032] In der CEM **300** sind die Ursache-Wirkungs-Zusammenhänge mit einem „X“ in jeder Zelle gekennzeichnet, was darauf hinweist, dass die mit der Spalte der Zelle verbundene Wirkung von der Ursache, die mit der Zeile der Zelle verbunden ist, ausgelöst wird. Diese Zusammenhänge können hier als Ursache-Wirkungs-Paare bezeichnet werden. In alternativen Umsetzungen können die Zellen durch diverse „Auslöser“ befüllt sein, welche genauer angeben, wie die verbundene Ursache und Wirkung zusammenhängen können. Die Auslöser können beispielsweise die Form eines „X“ annehmen, was darauf hinweist, dass die Wirkung sofort aktiviert werden wird, wenn die Ursache empfangen wird; eines „T“, das bedeutet, dass die Wirkung mit einer Zeitverzögerung aktiviert werden wird, wenn die Ursache empfangen wird; eines „P“, das darauf hinweist, dass die Wirkung zulassend sein wird, wenn die Ursache empfangen wird, usw. Ferner kann eine leere Zelle darauf hinweisen, dass ein bestimmtes Ursache/Wirkungs-Paar in der Tabelle aktuell keinen Zusammenhang aufweist und somit in der Anlage nicht aktiv sein kann

(sprich, dass das Eintreten der Ursache keinen auslösenden Zusammenhang mit der Wirkung hat).

[0033] Die beispielhafte CEM **300** ist eine 7 x 7-Tabelle, die kleiner als eine typische Ursache-Wirkungs-Tabelle einer Prozessanlage sein kann, die zur Veranschaulichung jedoch in einfacher Form gezeigt ist. Die beispielhafte CEM **300** beinhaltet 10 Ursache/Wirkungs-Zusammenhänge, die in jedem Satz entsprechender Zellen mit einem „X“ gekennzeichnet sind. Zum Beispiel ist für die Ursache **2** (U2) ein „X“ in jeder Zelle eingetragen, die den Wirkungen **3**, **4** bzw. **5** (W3, W4 bzw. W5) entspricht. Wenn das verbundene Ereignis von Ursache **2** (U2) eintritt, können die jeweiligen Maßnahmen der Wirkungen **3**, **4** und **5** (W3, W4 und W5) in der Prozessanlage durch Sicherheitslogikmodule in der Anlage ausgelöst werden. In manchen Ausführungsformen jedoch kann es jede dieser Wirkungen **3**, **4** und **5** auch erfordern, dass andere verbundene Ursachen eintreten, bevor sie ausgelöst werden. Beispielsweise kann es die Wirkung **4** je nach der im System verwendeten Logik erfordern, dass eine oder mehrere der Ursachen **2**, **3**, **4** und/oder **5** aktiviert werden, bevor die Wirkung **4** ausgelöst wird (sprich, weil bei der Wirkung **4** für jede der Ursachen **2**, **3**, **4** und **5** ein „X“ eingetragen ist). Daher kann die durch eine CEM definierte Logik auf einer „ODER“-Logik beruhen (sprich, das Eintreten irgendeiner Ursache in der Wirkungsspalte wird die Initiation der Wirkung ergeben), oder sie kann auf einer „UND“-Logik beruhen (sprich, jede Ursache in der Wirkungsspalte muss vorliegen, bevor die Wirkung durch die Sicherheitslogik ausgelöst wird).

[0034] In einer anderen Ausführungsform können Wirkungen (wie etwa die Wirkung **4**) je nachdem, welche Ursachen eintreten, verschiedenartig ausgelöst werden. Wenn beispielsweise eine verbundene Ursache auftritt, kann eine Wirkung (wie etwa die Wirkung **4**) verzögert ausgelöst werden, wohingegen eine Wirkung (wie etwa die Wirkung **4**) sofort ausgelöst werden kann, wenn zwei oder mehr verbundene Ursachen eintreten. Ferner können manche verbundene Ursachen einen automatischen Auslöser aktivieren, wohingegen andere Ursachen einen verzögerten Auslöser für eine Wirkung, wie etwa die Wirkung **4**, aktivieren können. Ferner können manche verbundene Ursachen eine Wirkung unabhängig von den anderen verbundenen Ursachen auslösen, wohingegen andere verbundene Ursachen eine Wirkung erst dann auslösen können, wenn sie in Kombination mit einer oder mehreren anderen Ursachen vorliegen. Die bereitgestellten Beispiele sind nicht als einschränkend gedacht, und jede beliebige Kombination aus Logik und/oder Verzögerungen kann anhand entsprechender Ursache-Wirkungs-Paare implementiert werden.

[0035] Wie noch ausführlicher erläutert werden wird, kann die durch eine CEM definierte Logik in meh-

rere Logiksätze oder -gruppen untergegliedert werden, die an Teilsätzen der durch eine CEM definierten Ursachen und Wirkungen implementiert werden können, und diese unterschiedlichen Logikteilsätze können durch bestimmte Funktionsblöcke in einer Sicherheitslogikimplementierung implementiert werden. Beispielsweise können die Funktionsblöcke verwendet werden, um die Logik zu implementieren, welche durch ausgewählte Logikblöcke **305** und **310**, dargestellt in der CEM **300**, definiert wird. In diesem Falle würde der Logikblock **305** zwei Ursacheneingaben (U2 und U3) beinhalten, und er würde drei Wirkungsausgaben (W3, W4 und W5) entsprechen. In diesem Ausführungsbeispiel werden die Logikteilsätze, die durch die Logikblöcke **305** und **310** zu implementieren sind, einfach dadurch Erkennen von Gruppierungen befüllter Zellen in der CEM **300** identifiziert. Hier enthalten die Logikblöcke **305** und **310**, obwohl sie nur 12 der 49 Zellen der CEM **300** abdecken, den Großteil der wichtigen Informationen (Ursache/Wirkungs-Zusammenhänge), die von der CEM **300** angegeben werden. In anderen Ausführungsformen können die Logikblöcke **305** und **310** vergrößert werden und/oder eine weitere Logikblocklogik kann hinzugefügt oder so identifiziert werden, dass sie die übrigen befüllten Zellen der CEM **300** beinhaltet, die nicht in den Logikblöcken **305** und **310** beinhaltet sind. Wie nachfolgend ausführlicher erläutert, kann eine CEM umgeordnet werden, um befüllte Zellen besser oder effizienter zu gruppieren, um dadurch das Identifizieren von Logikblöcken zu erleichtern und dann Funktionsblöcke zu erstellen. Diese Gruppierung scheint angesichts der CEM **300** zwar eine banale Übung zu sein, doch ist es für einen Menschen möglicherweise nahezu unmöglich, effizient Muster in CEMs mit Hunderten (oder Tausenden) Zellen zu identifizieren.

[0036] In herkömmlichen Systemen werden CEMs durch Zustandsmaschinen-Funktionsblöcke repräsentiert, in denen die Ursachen Eingaben und die Wirkungen Ausgaben sind. Typischerweise wird ein Zustandsmaschinen-Funktionsblock für jede Wirkung in der CEM erstellt. Infolgedessen ist die Verwendung von Zustandsmaschinen-Funktionsblöcken durch deren festgelegte Größe begrenzt, weshalb ihre Anzahl stark ansteigen kann. Anders als herkömmliche Systeme organisiert das vorliegende System eine CEM jedoch in zwei Arten von Funktionsblöcken, konkret in Überwachungsblöcke und Wirkungsblöcke, was dazu dient, die Komplexität der Logik zu verringern und die Optimierung von Logikimplementierungen in einem Sicherheitssystem zu steigern, wenn eine komplexe oder umfangreiche CEM implementiert wird.

[0037] Insbesondere lassen sich durch das Verwenden separater Überwachungsblöcke und Wirkungsblöcke zum Implementieren beliebiger Logikmuster oder -gruppen, die in einer entsprechenden CEM de-

finiert sind, die Nachteile herkömmlicher Systeme beheben, indem die Ursachen und die Wirkungen in zwei verschiedene Kategorien von Blöcken getrennt werden. Im Allgemeinen handelt es sich bei Überwachungsblöcken (ÜB) um abstrakte Repräsentationen von Ursachen, und bei Wirkungsblöcken (WB) handelt es sich um abstrakte Repräsentationen von Wirkungen. Somit kann das System eine umfangreiche CEM, und die Ursachen und Wirkungen davon, durch einen oder mehrere Überwachungsblöcke repräsentieren, die mit einem oder mehreren Wirkungsblöcken verknüpft oder anderweitig verbunden sind. Beispielsweise können die Ausgaben eines Satzes Überwachungsblöcke als Eingaben in einen oder mehrere Wirkungsblöcke dienen, und dementsprechend können die Eingaben jedes Wirkungsblocks als Ausgaben von einem oder mehreren Überwachungsblöcken entstehen. In einer Ausführungsform kann eine Ausgabe eines Überwachungsblocks alternativ oder zusätzlich als Eingabe in einen oder mehrere andere Überwachungsblöcke dienen. Infolgedessen können Überwachungsblöcke und/oder Wirkungsblöcke je nach Bedarf verkettet, verschachtelt, geschichtet und/oder abgeglichen sein, um eine gewünschte CEM-Logik optimal zu implementieren. Darüber hinaus ermöglicht das Repräsentieren (und Implementieren) einer CEM als eine Vielzahl von ÜB und WB eine leichtere Implementierung und Pflege von Sicherheitssystemen und lässt ferner ein leichtes Repräsentieren und Konfigurieren komplexer CEM-Zusammenhänge zu.

[0038] Das Erstellen separater Überwachungsblöcke und Wirkungsblöcke geht mit vielen Vorteilen einher. Insbesondere kann die Größe der ÜB und WB bedarfsweise eingestellt werden, was zu einer zügigeren und einfacheren Implementierung führt, die weniger fehleranfällig ist. Zudem sind Testen und Fehlerdiagnose (oder im Allgemeinen die Nachkonstruktion) der Regelung oder des Sicherheitssystems unter Verwendung dieser ÜB und WB mit geringerer Größe als Funktionsblöcke zum Implementieren von CEM-Logik aufgrund der transparenten Wiedergabe der kausalen Zusammenhänge leichter. Ferner kann eine umfangreiche CEM in Logikblöcke mit leichter zu handhabender Größe aufgegliedert werden. Ferner lassen sich komplexe Ursache-Wirkungs-Zusammenhänge leichter repräsentieren, indem separate ÜB und WB verwendet werden. Beispielsweise können eine Schichtung, Schleifenbildung, Verschachtelung, Verkettung usw. allesamt unter Verwendung separater Überwachungs- und Wirkungsblöcke wiedergegeben werden.

[0039] Fig. 4 ist eine schematische Darstellung 400 eines Satzes vernetzter Überwachungsblöcke und Wirkungsblöcke. Der Satz Überwachungsblöcke und Wirkungsblöcke in Fig. 4 beinhaltet (implementiert) die Gesamtheit der Informationen oder Logik, welche in der CEM 300 in Fig. 3 bereitgestellt oder dadurch

definiert wird. Hier entsprechen die Überwachungsblöcke 405 und 410 allgemein den Ursachen (U2-U5) der Logikblöcke 305 und 310, wohingegen die Wirkungsblöcke 415 und 420 allgemein den Wirkungen (W3, W4, W5, W6) der Logikblöcke 305 und 310 entsprechen oder damit verbunden sind. Beispielsweise beinhaltet der Überwachungsblock 1 (ÜB1) 405 die Ursache 2 und die Ursache 3 der CEM 300 als Eingaben. Allerdings entsprechen die Ausgaben von ÜB 1 405 nicht direkt den Wirkungen 3, 4 und 5 der CEM 300 (wie bei Logikblock 305 der Fall). Im Gegensatz zu den Zustandsmaschinen, die normalerweise erstellt werden würden, um die Logik der Logikblöcke 305 und 310 zu implementieren, welche direkte Ursache-Wirkungs-Zusammenhänge implementieren, können Überwachungsblöcke Eingaben (wie etwa Ursachen und Ausgaben von anderen Überwachungsblöcken) und Ausgaben (die an andere Überwachungsblöcke oder die Wirkungsblöcke gesendet werden können) beinhalten, die jedoch nicht direkt Wirkungen entsprechen. Beispielsweise werden die Ausgaben von ÜB1 405 an verschiedene andere Überwachungs- und Wirkungsblöcke in dem Satz 400 gesendet. Insbesondere wird eine Ausgabe 401 des Überwachungsblocks ÜB1 (405) an einen Wirkungsblock 1 (WB1) 415 gesendet, eine Ausgabe 402 des Überwachungsblocks ÜB1 wird an einen Überwachungsblock 2 (ÜB2) 410 gesendet, und eine Ausgabe 403 des Überwachungsblocks ÜB 1 wird an einen Wirkungsblock 2 (WB2) 420 gesendet.

[0040] Die Ausgaben der ÜB stellen im Allgemeinen Informationen bezüglich der entsprechenden Eingaben bereit. Beispielsweise stellt die Ausgabe 401 Informationen bezüglich der Ursache 2 bereit (das „X“ in der entsprechenden Zelle von ÜB 1 405 kennzeichnet diesen Zusammenhang). Ähnlich dazu stellt die Ausgabe 402 Informationen bereit, welche die Ursache 2 und/oder die Ursache 3 betreffen. Beispielsweise könnte die Ausgabe 402 hoch sein (eine logische), wenn eine der Ursachen U2 oder U3 vorliegt (bspw. logisch richtig ist), oder die Ausgabe 402 könnte nur dann hoch sein, wenn sowohl die Ursache U2 als auch die Ursache U3 vorliegt. Selbstverständlich könnten in Bezug auf die Ursachen U2 und U3 auch andere logische Operationen, wie etwa Kontravalenz usw., durchgeführt werden, um die Ausgabe 402 zu bestimmen. Auf ähnliche Weise stellt eine Ausgabe 411 des ÜB2 410 Informationen bezüglich der drei Eingaben (Ausgabe 402 von ÜB 1 405, Ursache 4 und Ursache 5) bereit. Anders formuliert, stellt die Ausgabe 411 Informationen bezüglich der Ursachen 2 und 3 (wie durch die Logik definiert, welche die Ausgabe 402 des Ursachenblocks ÜB 1 erzeugt) und der Ursachen 4 und 5 bereit.

[0041] Der Wirkungsblock 1 (WB1) 415, nun in Bezug auf die Wirkungsblöcke 415 und 420, empfängt zwei Eingaben, konkret die Eingabe 401 von dem Überwachungsblock ÜB 1 (die vom Zustand von Ur-

sache **2** abhängig ist), und die Ursache **6** (welche der Ursache **6** aus der CEM **300** entspricht). Der Wirkungsblock WB1 (**415**) entspricht nur einer Wirkung, und zwar Wirkung **3**. Daher korreliert der Wirkungsblock WB1 (**415**), wie die CEM **300**, die Ursachen **2** und **6**, um die Wirkung **3** zu erstellen, bei der es sich um die Ausgabe des Wirkungsblocks WB1 (**415**) handelt. Es versteht sich, dass der Wirkungsblock WB1 (**415**) jede beliebige(n) gewünschte(n) Logik und Verzögerungen auf Grundlage des Zustands der Ausgabe **401** (die wiederum mit dem Zustand der Wirkung **2** zusammenhängt) und des Zustands der Ursache **6** (U6) implementieren kann.

[0042] Gleichmaßen entspricht der Wirkungsblock WB2 (**420**) der Logik, welche die Zustände der Wirkungen **4**, **5** und **6** der CEM **300** erstellt oder definiert - oder er implementiert diese. Durch Zurückverfolgen der Eingaben des Wirkungsblocks WB2 (**420**) zu den entsprechenden Überwachungsblöcken lässt sich erkennen, dass die Ursache-Wirkungs-Zusammenhänge im Falle der Wirkungen **4**, **5** und **6** der CEM **300** durch den Wirkungsblock WB2 (**420**) bewirkt werden. Insbesondere empfängt der Wirkungsblock WB2 **420** eine Ausgabe **411**, welche auf den in den Überwachungsblock ÜB2 eingegebenen Ursachen **4** und **5** beruht und welche auf der Ausgabe **402** des Überwachungsblocks ÜB **1** beruht. Damit weist die Ausgabe **411** einen Wert oder Zustand auf, der aus den Ursachen **2**, **3**, **4** und **5** abgeleitet ist und der verwendet wird, um die Wirkung **4** in dem Wirkungsblock WB2 auszulösen. Zudem empfängt der Wirkungsblock WB2 die Ausgaben **403** und **412**, welche durch die Ursachen **2** und **4** logisch definiert sind und welche in einem logischen Ausdruck verwendet werden, um die Wirkung **5** auszulösen. Ferner empfängt der Wirkungsblock WB2 die Ausgabe **413**, die einem logischen Wert auf Grundlage der Ursachen **4** und **5** entspricht oder als dieser definiert ist, und verwendet die Ausgabe **413**, um die Wirkung **6** auszulösen. Der Satz Überwachungs- und Wirkungsblöcke **400** in Fig. **4** beinhaltet seinerseits sämtliche Zusammenhangsinformationen (und Logik), die zuvor in der CEM **300** in Fig. **3** bereitgestellt oder dafür definiert wurden. Wenngleich die Vorteile, welche das Zerlegen der CEM **300** in den Satz Überwachungs- und Wirkungsblöcke **400** verschafft, in diesem Beispiel eventuell nicht deutlich sind, treten die Vorteile deutlicher hervor, wenn umfangreichere CEMs zerlegt werden. Es ist zu beachten, dass der Satz Überwachungs- und Wirkungsblöcke **400**, wie er in Fig. **4** abgebildet ist, nur als Beispiel gemeint ist, und dass Überwachungsblöcke und Wirkungsblöcke in zahllosen Größen und Konfigurationen erstellt und organisiert werden können, um eine durch eine CEM definierte Logik zu implementieren.

[0043] Fig. **5** ist ein Beispiel einer Darstellung eines Konfigurationsbildschirms **500**, der anhand einer Anzeigevorrichtung angezeigt werden kann und der ei-

nen Satz Überwachungs- und Wirkungsfunktionsblöcke repräsentiert oder abbildet, welche eine Logik einer CEM oder einen Teil einer CEM implementieren. Der Konfigurationsbildschirm **500** ist für eine detailliertere Funktionsblockimplementierung der Überwachungs- und Wirkungsblöcke repräsentativ, im Gegensatz zu dem Satz Überwachungs- und Wirkungsblöcke **400**, die als schematische Repräsentation der mit den Überwachungs- und Wirkungsblöcken verbundenen Logik gedacht sind. Im Beispiel von Fig. **5** beinhaltet der Konfigurationsbildschirm **500** Eingaben (die Ursachen **508**, die Ursachenmaske **512** und die Logikart **506**), einen Überwachungsblock **502**, der dem Überwachungsblock ÜB **1** (**405**) in Fig. **4** entspricht, und einen Wirkungsblock **504**, welcher dem Wirkungsblock WB1 (**415**) in Fig. **4** entspricht.

[0044] Der Überwachungsblock **502** empfängt vier Eingaben (EIN_D1 und EIN_D2, EIN_MASKE und LOGIK_ART), die jeweils zwei Ursachen **508**, einer Ursachenmaskeneingabe **512** und einer Logikart **506** entsprechen. Die Logikart **506** definiert, welche Art Logik im aktuellen Überwachungs- und Wirkungsblock-Satz implementiert wird. In einer Ausführungsform kann die Logikart positiv oder negativ sein. Eine positive Logik kann darauf hinweisen, dass alle Ursachen anfänglich im „Falsch“-Zustand beginnen und, wenn sie ausgelöst werden, „Richtig“ werden. Wenn eine oder mehrere Ursachen „Richtig“ sind, kann die entsprechende Ausgabe „Richtig“ lauten. Ein entsprechender Wirkungsblock kann seinerseits eine oder mehrere „Richtig“-Eingaben empfangen, was den Status des Wirkungsblocks anheben und/oder den Wirkungsblock auslösen kann. Die negative Logik kann ähnlich sein, dabei beginnen die Ursachen jedoch anfänglich als „Richtig“ und werden auf „Falsch“ gesetzt, wenn die Ursache eintritt. Die beispielhafte Logik ist nicht als einschränkend gedacht, und die Logikart **506** kann auch eine „UND“-Logik, „ODER“-Logik oder jedwede sonstige Logik beinhalten, die beim Implementieren der Überwachungs- und Wirkungsblöcke hilfreich sein kann.

[0045] Die Ursachenmaskeneingabe **512** kann einen Anfangsparameter zum Filtern von Ursachen **508**, die durch den Überwachungsblock **502** empfangen werden, repräsentieren. Der Überwachungsblock **502** beinhaltet auch drei Konfigurationsmasken KFG_MASKE 1, KFG_MASKE 2 und KFG_MASKE 3 **510**, die zum Konfigurieren des Überwachungsblocks **502** verwendet werden, wobei jede Maske repräsentiert, welche Ursachen welcher Ausgabe, und, in manchen Fällen, der Logik entsprechen, die verwendet wird, um die Ausgabe von den nicht maskierten Eingaben ausgehend zu erzeugen. Die Konfigurationsmasken **510** können numerische Repräsentationen sein, die aus den CEM abgeleitet sind, wie nachfolgend ausführlicher beschrieben.

[0046] Der Überwachungsblock **502** beinhaltet auch fünf Ausgaben (AUS_D1 bis AUS_D3 514, ROH_VAL 516 und MASKE_VAL 518), wobei eine der Ausgaben **514** (AUS_D1) als Eingabe in den Wirkungsblock **504** dient (wie in der Konfiguration in **Fig. 4** identifiziert). Die Rohwerte **516** können die empfangenen Werte der Ursachen **508** einfach ausgeben, wohingegen die maskierten Werte **518** die Werte der Ursachen **508** nach Anwenden der Ursachenmaske **512** ausgeben können. Ferner entsprechen AUS_D1 bis AUS_D3 den Ausgaben **401-403** von ÜB1 405 in **Fig. 4**. Die Konfigurationsmasken **510** geben an, welche Ursachen der jeweiligen Ausgabe entsprechen. Beispielsweise ist die KFG_MASKE1 (von den Konfigurationsmasken **510**) auf ‚A‘ gesetzt, was darauf hinweisen kann, dass nur die Ursache **2** (von den Ursachen **508**) der AUS_D1 (von den Ausgaben **514**) entspricht. Ferner ist die KFG_MASKE2 (von den Konfigurationsmasken **510**) auf ‚B‘ gesetzt, was darauf hinweisen kann, dass sowohl die Ursache **2** als auch die Ursache **3** (von den Ursachen **508**) der AUS_D2 (von den Ausgaben **514**) entspricht. Ferner können die Konfigurationsmasken **510** in manchen Fällen numerische Ausdrücke wie etwa hexadezimale Zahlen sein, die repräsentieren, welche Überwachungsblockeingaben eine jeweilige Überwachungsblockausgabe und/oder die tatsächliche Logik antreiben oder bewirken, die verwendet wird, um die Blockausgabe von den Blockeingaben ausgehend zu erzeugen.

[0047] Wie in **Fig. 5** dargestellt, kann der Wirkungsblock **504** vier Eingaben (EIN_D1 und EIN_D2 520, eine Zurücksetzung **522** und LOGIK_ART 506) und zwei Ausgaben (Zustand 526 und AUS_D 524) beinhalten. Zu den Eingaben **520** des Wirkungsblocks **504** zählen eine Ausgabe **514** des Überwachungsblocks **502** und auch die Ursache **6** der CEM **300** von **Fig. 3**. Der Zustand **526** des Wirkungsblocks **504** kann dem Betriebszustand der Vorrichtung entsprechen, die dem Wirkungsblock **504** entspricht. Anders formuliert: wenn keine entsprechenden „Richtig“-Ursachen empfangen wurden, dann kann der Zustand **526** normal sein. Wenn allerdings eine oder mehrere der Ursachen auf den „Richtig“-Wert gesetzt sind, beispielsweise empfangen wurden, kann sich der Zustand ändern, um den neuen Status (bspw. „Warnung“, „Gefahr“, „ausgelöst“) anzugeben. Die zurückgesetzte Eingabe **522** kann es einem Benutzer ermöglichen, den Zustand des Wirkungsblocks **504** automatisch auf normal zurückzusetzen, sobald die notwendigen Maßnahmen ausgeführt worden sind, wenn sich der Wirkungsblock **504** in einem nicht normalen Zustand befindet. Selbstverständlich können einem Wirkungsblock auch andere zustandsändernde Eingaben bereitgestellt werden, wie etwa eine Zulassungszurücksetzung (bspw. bei einer Zustandsänderung einer Ursacheneingabe oder einer Überwachungsblockeingabe usw.). Ferner kann es sich bei der Ausgabe, AUS_D, die in diesem Fall der Wirkung

3 der CEM **300** entspricht, um die ausgelöste Reaktion handeln, wenn eine oder mehrere der empfangenen Eingaben **520** „Richtig“ sind, da die Logikart **506** in diesem Falle auf positiv gesetzt ist.

[0048] Zum Beispiel stellt **Fig. 5** den Zustand jeder von AUS_D1 (des Blocks **502**), EIN_D2 und AUS_D (des Blocks **504**) dar, wenn die Eingaben der Ursachen **2** und Ursache **3** „Falsch“ sind und die Logikart beider Blöcke **502** und **504** auf positiv gesetzt ist. Sollte nun die Ursache **2** (von den Ursachen **508**) in der Prozessanlage eintreten, so kann sich der Status der Ursache **2** von „falsch“ auf „richtig“ ändern. Daher würde ÜB1 502 die Eingabe EIN_D1 als richtig empfangen. Die entsprechenden Ausgaben AUS_1 würden sich dann auf Grundlage der positiven Logikart bei der Logik_Art-Eingabe und der Konfigurationsmaske für AUS_D1 (Ausgabe **1**), d. h., KFG_MASKE1, ebenfalls auf richtig ändern. Nachdem die Konfigurationsmasken **510** angewendet wurden, treibt in diesem Beispiel EIN_D1 den Wert jeder der Ausgaben (AUS_D1 bis AUS_D3) 514 an oder bewirkt diesen. Insbesondere kann AUS_D1 auf Grundlage dessen auf „richtig“ gesetzt werden, dass EIN_D1 auf „richtig“ gesetzt ist. Demnach würde WB **1 504** dann zumindest eine „Richtig“-Eingabe (EIN_D1) empfangen. Infolgedessen würde sich der Zustand **526** von WB **1 504** auf „ausgelöst“ ändern, und die Ausgabe **524** AUS_D des Wirkungsblocks **504** würde auf „Richtig“ gesetzt werden, was bedeutet, dass die Wirkung **3** in **Fig. 4** ausgelöst oder „Richtig“ wäre. Demzufolge wurde die Wirkung ausgelöst, und in der Prozessleitanlage kann jede beliebige entsprechende Maßnahme und/oder jeder beliebige entsprechende Alarm ausgelöst werden.

[0049] **Fig. 6** ist ein anderes Beispiel einer Darstellung eines Konfigurationsbildschirms **600**, der anhand einer Anzeigevorrichtung angezeigt werden und eine Konfiguration von Überwachungs- und Wirkungsblöcken repräsentieren kann. Im Beispiel von **Fig. 6** ist das Hauptaugenmerk auf den Überwachungsblock ÜB2 und den Wirkungsblock WB2 aus **Fig. 4** gelegt. Der Veranschaulichung halber ist die Logikart **606** auf negativ gesetzt, was bedeutet, dass von den Ursachen alle „richtig“ sind, wenn der Zustand normal ist. Wenn im Falle der negativen Logikart eine oder mehrere Eingaben eintreten, so wechselt der Status auf „falsch“, die entsprechenden Ausgaben des Überwachungsblocks können auf „Falsch“ gesetzt werden, was der Wirkungsblock empfangen kann, der daraufhin die Wirkungen auslösen kann, was die Wirkung auf „richtig“ setzt.

[0050] Ferner beinhaltet der Wirkungsblock WB **604** Zeitverzögerungseingaben **608**. In diesem Falle kann die Eingabe **1** (EIN_D1) des Wirkungsblocks **604** verursachen, dass die Ausgabe, AUS_D, mit einer Verzögerung (VERZÖGERUGSZEIT1) von 20 Sekunden ausgelöst wird, weil „20“ die Eingabe in die Ver-

zögerungszeit-1-Eingabe des Wirkungsblocks 604 ist. Allerdings kann die Eingabe 2 (EIN_D2) dieses Beispiels verursachen, dass die Ausgabe (AUS_D) sofort ausgelöst wird, weil die Zeitverzögerung (ZEITVERZÖGERUNG2) auf Null gesetzt ist. Dieses Beispiel ist nicht als einschränkend gedacht, und für einen jeweiligen Wirkungsblock kann eine beliebige Anzahl von Verzögerungen und können beliebige Verzögerungszeiten eingestellt werden.

[0051] Sollte zum Beispiel die Ursache 4 eintreten, dann würde sich der Status der Ursache 4 (und demzufolge EIN_D2) auf „falsch“ ändern. Erneut unter Hinzunahme von Fig. 4 lässt sich erkennen, dass die Ursache 4 jeder der Ausgaben 411-413 des Überwachungsblocks 410 entspricht oder diese bewirkt. Daher kann die Ursache 4 (und EIN_D2) in diesem Beispiel alle der Ausgaben (AUS_D1 bis AUS_D3) von ÜB2 gemäß der Logik antreiben oder bewirken, welche durch die Konfigurationsmasken des Überwachungsblocks 602 implementiert werden. Insbesondere kann AUS_D1 von ÜB2 602 auf „Falsch“ gesetzt werden. In_D2 von EB2 604 wird ihrerseits als „Falsch“ empfangen. Daher können die entsprechenden Wirkungen von EB2 604 sofort ausgelöst werden, da die Zeitverzögerung (ZEITVERZÖGERUNG2), die EIN_D2 von WB2 604 entspricht, für null Zeitverzögerung eingestellt ist. Wenn zum Beispiel die Ausgabe 411 von ÜB2 410 in Fig. 4 AUS_D1 von ÜB2 602 entspricht, dann treiben nur diese Ausgaben die Wirkung 4 (der CEM 300) an, welche als AUS_D1 in WB 604 repräsentiert werden können. Daher kann AUS_D1 von WB 604 nun ausgelöst und auf „Richtig“ gesetzt werden.

[0052] Die in Fig. 5 und Fig. 6 bereitgestellten beispielhaften Überwachungs- und Wirkungsblöcke sind zu Demonstrationszwecken vereinfachend gedacht. Beispielsweise weist der Überwachungsblock 502 in der Darstellung in Fig. 5 zwar vier Eingaben und fünf Ausgaben auf, doch können andere Ausführungsformen jede beliebige notwendige Anzahl an Eingaben und Ausgaben beinhalten, je nach Funktionalität des Überwachungsblocks. In einer Ausführungsform entspricht die Anzahl der Eingaben EIN_Dx und Ausgaben AUS_Dx im Allgemeinen der Anzahl an Eingaben und Ausgaben in jedem Logikblock der umorganisierten CEM. Ferner kann das System die Masken derart konfigurieren, dass ein Überwachungsblock dazu implementiert werden kann, eine Vielzahl von Wirkungsblöcken und zusätzliche Überwachungsblöcke anzutreiben oder zu bewirken. Die CEM kann ihrerseits in eine Vielzahl von Überwachungs- und Wirkungsblöcken getrennt werden, an denen eine Schichtung, Schleifenbildung, Verschachtelung, Verkettung usw. vorgenommen werden kann, was dem System eine größere Flexibilität zum Konfigurieren der Systeme der Prozessanlage verschaffen kann als eine traditionelle Zustandsmaschinenimplementierung.

[0053] Fig. 7 ist ein Ablaufdiagramm eines Beispielsverfahrens 700 zum Konfigurieren von Überwachungsblöcken und Wirkungsblöcken, die mit einer Prozessanlage verbunden sind. Das Verfahren 700 kann periodisch und/oder als Reaktion auf ein auslösendes Ereignis umgesetzt werden, wie beispielsweise auf eine Anzeige oder ein Initiationssignal, durch einen Konfigurationstechniker oder anderen Benutzer oder anderen Sicherheitslogikgestalter. Das Verfahren 700 kann durch eine elektronische Vorrichtung (bspw. das Ursache-Wirkungs-Analysewerkzeug 17) ausgeführt werden, die eine oder mehrere Komponenten einer Prozessanlage beinhalten kann, wie etwa die wie unter Bezug auf Fig. 1 erläuterte Prozessanlage 10.

[0054] Bei Block 710 kann die elektronische Vorrichtung eine CEM empfangen oder anderweitig darauf zugreifen. In bestimmten Ausführungsformen kann es von Nutzen sein, die CEM umzuordnen, um dünne Besetzungen zu beseitigen und ansonsten Informationen in Gruppierungen von Gruppen zu sammeln, bevor Logikblöcke identifiziert werden. Bei Block 715 kann die elektronische Vorrichtung die CEM automatisch umordnen und/oder es einem Benutzer ermöglichen, die CEM umzuordnen. Ein Verfahren zum automatischen Umordnen einer CEM wird nachfolgend ausführlicher erläutert. Bei Block 720 kann die elektronische Vorrichtung einen Satz Überwachungsblöcke und Wirkungsblöcke zum Implementieren der Logik der CEM identifizieren und erstellen. Bei Block 730 kann die elektronische Vorrichtung die Überwachungs- und Wirkungsblöcke einem Benutzer anzeigen, wie etwa einem Konfigurations- oder Sicherheitslogiktechniker, der die Sicherheits- oder Steuerlogik gestalten kann, welche die CEM implementieren soll. Insbesondere kann eine elektronische Vorrichtung verursachen, dass eine Anzeigevorrichtung eine grafische Benutzeroberfläche (Graphical User Interface - GUI) anzeigt, wobei die GUI einen ersten Überwachungsblock, einen zweiten Überwachungsblock und einen Wirkungsblock anzeigen kann. Ferner können jeder von dem ersten Überwachungsblock, dem zweiten Überwachungsblock und dem Wirkungsblock eine Vielzahl von Zellen anzeigen, die in einer Tabelle mit einer ersten Dimension und einer zweiten Dimension angeordnet sind, wobei Positionen entlang der ersten Dimension Ausgaben anzeigen können und Position entlang der zweiten Dimension Eingaben entsprechen können, sodass die Vielzahl von Zellen Eingabe/Ausgabe-Paare auf Grundlage der Positionen der Vielzahl von Zellen relativ zur ersten und zweiten Dimension definieren kann.

[0055] Bei Block 740 kann die elektronische Vorrichtung die Überwachungsblöcke und die Wirkungsblöcke dazu konfigurieren, die Logik der CEM zu implementieren - oder den Benutzer dazu befähigen. In einer Ausführungsform kann die elektronische Vorrichtung einen Benutzer befähigen, Konfigurations-

daten über eine Eingabevorrichtung einzugeben. In einer anderen Ausführungsform kann die elektronische Vorrichtung die Konfigurationsdaten durch Parsing der CEM automatisch bestimmen oder erzeugen. Umsetzungen gemäß kann die elektronische Vorrichtung eine der Ausgaben des ersten Überwachungsblocks dazu konfigurieren, dass sie als eine der Eingaben des zweiten Überwachungsblocks dient; sie kann eine zusätzliche der Ausgaben des ersten Überwachungsblocks und eine der Ausgaben des zweiten Überwachungsblocks dazu konfigurieren, dass sie als Eingaben in den Wirkungsblock dienen, und/oder sie kann zumindest eine aus der Vielzahl von Zellen von jedem von dem ersten Überwachungsblock, dem zweiten Überwachungsblock und dem Wirkungsblock als Auslöser designieren, der mit dem jeweiligen Eingabe/Ausgabe-Paar der jeweiligen Zelle verbunden ist und einer Bedingung in der Prozessanlage entspricht.

[0056] In einer Ausführungsform kann die elektronische Vorrichtung zum Konfigurieren der Überwachungsblöcke und der Wirkungsblöcke zumindest einen zusätzlichen Überwachungsblock integrieren, der eine zusätzliche Vielzahl Zellen aufweist, die zusätzliche Eingabe/Ausgabe-Paare definieren, zumindest eine Ausgabe des zusätzlichen Überwachungsblocks dazu konfigurieren, dass sie als Eingabe in zumindest einen von dem ersten Überwachungsblock, dem zweiten Überwachungsblock und dem Wirkungsblock dient, und zumindest eine aus der zusätzlichen Vielzahl von Zellen als zusätzlichen Auslöser designieren, der mit dem jeweiligen zusätzlichen Eingabe/Ausgabe-Paar der jeweiligen zusätzlichen Zelle verbunden ist und einer zusätzlichen Bedingung in der Prozessanlage entspricht. In einer anderen Ausführungsform kann die elektronische Vorrichtung zum Konfigurieren der Überwachungsblöcke und der Wirkungsblöcke zumindest einen zusätzlichen Wirkungsblock integrieren, der eine zusätzliche Vielzahl Zellen aufweist, die zusätzliche Eingabe/Ausgabe-Paare definieren, zumindest eine Eingabe des zusätzlichen Wirkungsblocks konfigurieren, damit sie einer Ausgabe von einem von dem ersten Überwachungsblock oder dem zweiten Überwachungsblock entspricht, und zumindest eine aus der zusätzlichen Vielzahl von Zellen als zusätzlichen Auslöser designieren, der mit dem jeweiligen zusätzlichen Eingabe/Ausgabe-Paar der jeweiligen zusätzlichen Zelle verbunden ist und einer zusätzlichen Bedingung in der Prozessanlage entspricht.

[0057] Zusätzlich dazu kann die elektronische Vorrichtung zum Konfigurieren der Überwachungsblöcke und der Wirkungsblöcke in einer Ausführungsform die Eingaben für jeden von dem ersten Überwachungsblock und dem zweiten Überwachungsblock konfigurieren; sie kann eine Eingabemaske für zumindest einen von dem ersten Überwachungsblock und dem zweiten Überwachungsblock konfigurieren,

wobei die Eingabemaske logisch mit den Eingaben des zumindest einen von dem ersten Überwachungsblock und dem zweiten Überwachungsblock zu verbinden ist; und sie kann zumindest einen der Auslöser als zeitlich verzögerten Auslöser designieren, um zu verursachen, dass sich die verbundene Wirkung mit einer Zeitverzögerung aktiviert; und/oder sie kann zumindest einen der Auslöser als zulassenden Auslöser designieren.

[0058] Bei Block **750** kann die elektronische Vorrichtung die konfigurierten Überwachungsblöcke und Wirkungsblöcke speichern. Insbesondere kann die elektronische Vorrichtung die Konfigurationsdaten in einem computerlesbaren Medium speichern, das mit dem ersten Überwachungsblock, dem zweiten Überwachungsblock und dem Wirkungsblock verbunden ist. In einer Ausführungsform kann die elektronische Vorrichtung ferner die Vielzahl von Zellen für jeden von dem ersten Überwachungsblock, dem zweiten Überwachungsblock und dem Wirkungsblock an der Anzeigevorrichtung anzeigen und den jeweiligen Auslöser in der jeweiligen Vielzahl von Zellen anzeigen.

[0059] Selbstverständlich kann das Verfahren **700** eine beliebige Anzahl an Überwachungs- und Wirkungsblöcken erstellen, die auf beliebig viele Arten vernetzt sind, um die Logik einer CEM unter Verwendung dieser vernetzten Überwachungs- und Wirkungsblöcke zu implementieren. Jeder Überwachungsblock kann eine beliebige Anzahl oder einen beliebigen Teilsatz der Ursachen der CEM als Eingaben darein beinhalten, und er kann Eingaben beinhalten, die an Ausgaben anderer Überwachungsblöcke dort gebunden sind, um dadurch kaskadierte Überwachungsblöcke zu bewirken. Darüber hinaus kann jeder beliebige Block eine oder mehrere Wirkungen aus einem Satz Eingaben bestimmen, und er kann, als Eingaben, jede beliebige von den Ausgaben der Überwachungsblöcke und/oder beliebige Ursacheneingaben empfangen. Ferner kann das Verfahren **700** die verschiedenen Überwachungsblöcke und die anderen Überwachungsblöcke und die Wirkungsblöcke vernetzen (d. h., die Verbindungen dazwischen definieren) oder einen Benutzer dazu befähigen. Somit beinhaltet jeder Überwachungsblock Logik, die eine oder mehrere Logikzwischenbedingungen oder -signale auf Grundlage eines oder mehrerer der Ursachensignale bestimmt (welche entweder direkt oder in Form eines anderen Logikzwischen-signals in den Überwachungsblock eingegeben wurden, das sich aus Ursachensignalen heraus entwickelt hat, welche in einen anderen vorgeschalteten Überwachungsblock eingegeben wurden). Gleichermaßen erzeugt jeder Wirkungsblock ein oder mehrere Wirkungssignale auf Grundlage eines Satzes Eingaben darein, wobei es sich bei solchen Eingaben um Ursachensignale und/oder Logikzwischen-signale handelt, die von einem oder mehreren der Über-

gangsböcke ausgegeben werden. Auf diese Weise ermöglicht es das Verfahren **700**, dass sich in einem oder mehreren Überwachungsblöcken ein Logikzwischen-signal entwickelt, das eine logische Kombination aus Ursachensignalen repräsentiert, und dass dieses Logikzwischen-signal als Eingaben in einen oder mehrere Wirkungsblöcke bereitgestellt oder verwendet wird, um dadurch die Konfiguration, Größe und Logik zu vereinfachen, die zum Erstellen von Wirkungssignalen durch die Wirkungsblöcke implementiert wird.

[0060] Im Falle kleinerer CEMs ist es eventuell möglich, dass ein Sicherheitstechniker die CEM bei Bock **715** des Verfahrens **700** manuell umordnet und/oder konfiguriert, wie etwa durch Identifizieren von Mustern oder durch Versuchen, Ursachen und Wirkungen zu Gruppen zusammenzufassen, die zusammenhängen. Ein solches Umordnen kann manuell über die grafische Benutzeroberfläche implementiert werden, indem ein Benutzer verschiedene Zeilen und/oder Spalten der CEM um eine Gruppe von Zellen herum bewegt oder umordnet, welche Ursache-Wirkungs-Zusammenhänge definieren (bspw. die mit einem X markierten Zellen), damit sie nahe beieinander liegen oder dichtere Gruppierungen bilden. Dabei gibt es mehrere Möglichkeiten, umfangreichere CEMs umzuorganisieren, und es ist von Nutzen, die beste Umorganisationsoption zu identifizieren. Dementsprechend liegt darin eine Gelegenheit, CEMs dynamisch und automatisch zu analysieren und umzuorganisieren, die mit einem Prozessleitsystem verbunden sind.

[0061] In einer Ausführungsform kann das System (d. h. das Computersystem von **Fig. 1**) das Ursache-Wirkungs-Analysewerkzeug **17** derart implementieren, dass es eine umfangreiche CEM auf Grundlage eines Satzes Regeln automatisch umorganisiert. In einer Ausführungsform können die Regeln **31** in der Konfigurationsdatenbank **32** von **Fig. 1** gespeichert sein und/oder über die Benutzerschnittstelle der Arbeitsstationen **18a** und/oder **20a** empfangen werden. Das Analysewerkzeug **17** kann eine CEM analysieren, um die am besten geeignete oder optimierte Konfiguration der CEM (d. h., die beste Art und Weise, die CEM umzuordnen, um einen Satz Überwachungs- und Wirkungsblöcke zu erzeugen) angesichts des Satzes Regeln **31** zu bestimmen. Der Satz Regeln **31** kann auf Grundlage der aktuellen Notwendigkeiten oder Konfiguration der jeweiligen Prozessanlage durch einen Techniker spezifiziert oder ansonsten durch einen Computer wie etwa das Analysewerkzeug **17** automatisch erzeugt werden. Beispielsweise kann der Satz Regeln **31** angeben, dass die CEM in Gruppen organisiert werden sollte, wobei bestimmte Ursachen und/oder Wirkungen auf Grundlage der entsprechenden Logiklöser **50**, MPD **70** und/oder Feldgeräte **22**, **23**, **24**, **60** und **62** zusammengefasst werden, in denen die Logik zu implementie-

ren ist. Ferner kann der Satz Regeln **31** angeben, dass die CEM umorganisiert werden sollte, um dünne Besetzungen zu beseitigen, was auf Grundlage bestimmter Muster, auf Grundlage der Effizienz des Systems und/oder auf Grundlage anderer Kriterien erfolgt. In einer anderen Ausführungsform kann der Satz Regeln **31** angeben, dass bestimmte Ursachen und/oder Wirkungen (oder Gruppen von Ursachen und/oder Wirkungen) nicht zu bewegen sind. In einer weiteren Ausführungsform kann der Satz Regeln **31** Gewichtungen für bestimmte Ursachen und/oder Wirkungen angeben, die umorganisiert werden müssen, wobei die Gewichte verwendet werden, um Konflikte bei dem Versuch zu lösen, mehrere Regeln anzuwenden, welche zu verschiedenen Ergebnissen führen.

[0062] In einer Ausführungsform kann der Satz Regeln **31** angeben, dass die CEM in eine bestimmte Anzahl an Gruppen und/oder Gruppen einer bestimmten Größe umzuorganisieren ist. Der Satz Regeln **31** kann ferner die Art und Weise angeben, auf welche die Gruppen zu organisieren sind. Beispielsweise kann der Satz Regeln **31** angeben, dass jede Gruppe eine bestimmte Anzahl, eine bestimmte maximale Anzahl oder eine bestimmte minimale Anzahl an Ursachen und/oder Wirkungen enthalten sollte. In einer Ausführungsform kann der Satz Regeln **31** angeben, dass Gruppen keine überlappenden Ursachen und/oder Wirkungen enthalten sollten. Die Regeln **31** können auch spezifizieren, dass bestimmte Ursachen oder Wirkungen zusammengefasst werden sollten, beispielsweise, weil diese Ursachen durch einen bestimmten Logiklöser oder in einem bestimmten Knoten erkannt werden oder weil die Wirkungen möglicherweise durch einen bestimmten Logiklöser an einem bestimmten Knoten implementiert werden müssen. Sobald eine CEM umorganisiert worden ist, kann in jedem Fall der Satz Regeln **31** ferner einen Techniker befähigen, bestimmte Ursachen und/oder Wirkungen in der CEM manuell zu konfigurieren. Es versteht sich, dass alternative oder zusätzliche Regeln vorgesehen sind.

[0063] In einer Implementierung kann ein Analysewerkzeug einen Satz Regeln **31** empfangen oder erzeugen, der angibt, dass nur bestimmte Ursachen und/oder Wirkungen, die nur bestimmten Bereichen der Prozessanlage entsprechen, umorganisiert werden sollten, oder dass diese Ursachen und Wirkungen zusammen oder als Gruppe umorganisiert werden sollten. Ähnlich dazu kann der Satz Regeln **31** angeben, dass nur ein bestimmter Teilsatz der Ursachen und Wirkungen der CEM umorganisiert werden sollten. Das Analysewerkzeug kann auch einen Satz Regeln **31** empfangen oder erzeugen, der bestimmte Zeilen und/oder Spalten „sperrt“, um ein Bewegen der empfangenen Zeilen und/oder Spalten während der Umorganisation zu verhindern. Ferner kann das Analysewerkzeug einen Satz Regeln **31** empfangen

oder erzeugen, der angibt, dass die Ursachen, die einer positiven Logik entsprechen (d. h., wenn die Ursache „an“ ist, dann wird die Wirkung aktiviert), zusammengefasst werden sollten, und dass Ursachen, die einer negativen Logik entsprechen (d. h., wenn die Ursache „an“ ist, dann wird die Wirkung nicht aktiviert) zusammengefasst werden sollten. Andere Arten und Weisen, die Zeilen und Spalten der CEM auf Grundlage der in den CEM-Zellen definierten Logikart (d. h. der zu implementierenden Logikart) zusammenzufassen oder umzuorganisieren, können ebenfalls verwendet werden.

[0064] Die Umorganisation der CEM wiederum kann eine mehrteilige Analyse erfordern, die durch einen Computer implementiert werden und die auf dem Satz Regeln **31** beruhen kann. Der Computer kann die CEM nach Zeile, nach Spalte, nach Gruppe, nach Auslöser analysieren, auf Grundlage der entsprechenden Logiklöser **50**, MPD **70** und/oder Feldgeräte **22**, **23**, **24**, **60** und **62** oder anhand jedes beliebigen anderen Elements, das am besten zum Implementieren des Satzes Regeln **31** geeignet ist. **Fig. 8** zum Beispiel ist eine beispielhafte CEM **800**, die um einiges umfangreicher als die vorherige beispielhafte CEM **300** von **Fig. 3** ist. Die CEM **800** enthält eine Anzahl befüllter Zellen, die über die gesamte Tabelle verstreut sind. Obwohl die CEM **800** nur geringfügig größer als die CEM **300** ist, ist es doch klar ersichtlich, dass das Problem des Identifizierens von Logikblöcken oder logischen Gruppen in der CEM **800**, die durch Sätze Überwachungs- und Wirkungsblöcke zu implementieren sind, zunehmend komplexer ist. Ferner beinhaltet die CEM **800** befüllte Zellen, die von den größeren Gruppierungen weg verstreut sind, was die Schwierigkeit noch erhöht, effizient Logikblöcke auszuwählen, die zu verwenden sind, um Überwachungs- und Wirkungsblöcke zu erzeugen. Im Falle von CEMs mit zunehmender Größe steigen die Schwierigkeiten, Logikblöcke manuell auszuwählen oder zu definieren, immens.

[0065] **Fig. 9** stellt ein Beispiel für eine Anzeige dar, die eine CEM **900** abbildet, bei der es sich um eine umorganisierte Version der CEM **800** aus **Fig. 8** handelt. Wie in **Fig. 9** dargestellt, wurde die CEM **900** derart organisiert, dass sie drei Hauptgruppen oder Logikblöcke beinhaltet: **901**, **902** und **903**. In einem Ausführungsbeispiel können die Blöcke **901**, **902** und **903** jeweils einem bestimmten Logiklöser **50** in der Prozessanlage entsprechen. In einer anderen Ausführungsform kann der Computer die Logikblöcke **901-903** auf Grundlage von Kriterien identifiziert haben, die innerhalb eines Satzes Regeln **31** definiert sind.

[0066] Beispielsweise kann der Logikblock **901** in **Fig. 9** einem Satz Wirkungen entsprechen, die allesamt an eine bestimmte physische Stelle in der Prozessanlage (bspw. einen bestimmten Heizabschnitt) gehören, oder die durch den gleichen Regler oder Lo-

giklöser in dem Anlagenleitsystem implementiert werden. Ferner kann der Logikblock **902** daraus entstehen, dass das Analysewerkzeug dünne Besetzungen aus der CEM beseitigt, indem eine Gruppe umorganisiert wird, in welcher alle Ursachen mit allen Wirkungen zusammenhängen. Insbesondere ist im Logikblock **902** jede der Ursachen **4-10** mit jeder der Wirkungen **3-5** gepaart. Der Logikblock **903** kann einer Gruppe von Ursache-Wirkungs-Zusammenhängen mit negativer Logik entsprechen. Obwohl die beispielhafte CEM **900** drei Logikblöcke enthält, kann die CEM in eine beliebige Anzahl an Logikblöcken unterteilt werden und auf den Regeln **31**, oder einer beliebigen Kombination aus Regeln **31**, die oben beschrieben wurden, oder beliebigen anderen oben nicht erwähnten Regeln beruhen, welche von dem Analysewerkzeug **17** verwendet werden können, wenn es ein CEM analysiert und umorganisiert. Die Logikblöcke **901**, **902** und **903** können jeweils verwendet werden, um einen Satz vernetzter Überwachungs- und Wirkungsblöcke zu definieren, um die Logik dieser Teile der CEM zu implementieren, wie weiter oben unter Bezug auf **Fig. 3** und **Fig. 4** beschrieben.

[0067] **Fig. 10** ist ein Ablaufdiagramm eines Beispielsverfahrens **1000** zum Umordnen einer Ursache-Wirkungs-Tabelle und Definieren und/oder Bedienen von Logikblöcken einer CEM, die beim Entwickeln von Sicherheits- oder Steuerlogik eines Prozessleitsystems zu verwenden sind. Das Verfahren **1000** kann periodisch und/oder als Reaktion auf ein auslösendes Ereignis implementiert werden, beispielsweise während einer Konfiguration der Anlage, immer, wenn die CEM für die Logik geändert oder aktualisiert wird usw. Das Verfahren **1000** kann durch eine elektronische Vorrichtung (bspw. das Analysewerkzeug **17** aus **Fig. 1**) ausgeführt werden, welche eine oder mehrere Komponenten einer Prozessanlage wie etwa der Prozessanlage **10**, die unter Bezug auf **Fig. 1** erläutert wurde, beinhalten kann. Bei Block **1010** kann die elektronische Vorrichtung auf eine anfängliche Ursache-Wirkungs-Tabelle zugreifen, die einen Satz Eingaben und einen Satz Ausgaben (d. h., einen Satz Ursachen und einen Satz Wirkungen) aufweist. In Ausführungsformen kann jede von dem Satz Eingaben eine Bedingung in der Prozessanlage repräsentieren, und jede von dem Satz Ausgaben kann eine Wirkung repräsentieren, die in der Prozessanlage auszuführen ist. Ferner können zumindest manche von dem Satz Eingaben und dem Satz Ausgaben als Ursache-Wirkungs-Paare zusammenhängen, wobei die jeweilige Wirkung als Reaktion auf ein Eintreten der jeweiligen Bedingung aktiviert werden kann. Die anfängliche Ursache-Wirkungs-Tabelle (CEM) kann in einem Datendepot in der Prozessanlage gespeichert sein, oder sie kann durch einen Benutzer mit der elektronischen Vorrichtung zum Konfigurieren eines neuen Prozesses in der Anlage erzeugt werden. Die anfängliche CEM kann auch von einer Datenbank außerhalb des Prozess-

leitsystems empfangen werden. In manchen Ausführungsformen kann nur ein Techniker mit der entsprechenden Zugangsberechtigung auf die anfängliche CEM zugreifen, weshalb ein Log-in oder ein anderes Passwort erforderlich sein kann, um den Zugriff auf die anfängliche CEM zu autorisieren.

[0068] Die elektronische Vorrichtung kann jede von einem Satz zusammenhängender Gruppen in der anfänglichen CEM definieren. Insbesondere kann die elektronische Vorrichtung bei Block **1020** auf einen Satz Regeln **31** zugreifen, der mit dem Satz zusammenhängender Gruppen verbunden ist. Insbesondere kann die elektronische Vorrichtung über eine oder mehrere Datenbanken entweder innerhalb oder außerhalb des Prozessleitsystems auf den Satz Regeln **31** zugreifen. Die elektronische Vorrichtung kann den Satz Regeln **31** auch als Eingaben empfangen, die durch einen Techniker der Prozessleitanlage bereitgestellt werden. Ferner kann der Satz Regeln **31** eine Kombination aus unterschiedlichen Regeln sein, auf die über unterschiedliche Datenbanken und/oder Eingaben zugegriffen wird. Mit dem Satz Regeln **31**, wie oben ausführlicher erläutert, kann ein Umorganisieren der CEM auf effiziente und effektive Weise bezweckt werden.

[0069] In einer Ausführungsform kann eine Regel spezifizieren, dass ein spezifizierter Teil des Satzes Ausgaben der gleichen zusammenhängenden Gruppe angehören muss. In einer Ausführungsform kann eine Regel spezifizieren, dass der Teil des Satzes Eingaben eine bestimmte Anzahl aufweisen muss. In einer weiteren Ausführungsform kann eine Regel spezifizieren, dass bei dem Satz zusammenhängender Gruppen weder der Satz Eingaben noch der Satz Ausgaben überlappen sollte. Selbstverständlich könnten auch beliebige andere gewünschte Regeln verwendet werden.

[0070] Bei Block **1030** kann die elektronische Vorrichtung gemäß dem Satz Regeln, wie durch die in der CEM definierten entsprechenden Ursache-Wirkungs-Paarungen definiert, einen Teil des Satzes Eingaben (Ursachen) identifizieren, die mit einem Teil des Satzes Ausgaben (Wirkungen) zusammenhängen. Ferner kann die elektronische Vorrichtung bei Block **1040** den Teil des Satzes Eingaben und den Teil des Satzes Ausgaben umordnen, sodass der Teil der entsprechenden Ursache-Wirkungs-Paare umgeordnet wird. Block **1040** kann dieses Umordnen derart ausführen, dass eine oder mehrere Funktionsblocklogikeinheiten definiert werden, die unter Verwendung eines Satzes Überwachungs- und Wirkungsblöcke implementiert werden, wie oben definiert. Ein Block **1050** kann die umgeordnete CEM analysieren und entscheiden, ob der Prozess abgeschlossen ist, und, falls nicht, dem Block **1030** eine Regelung bereitstellen, um andere Regeln zu identifizieren, die zu verwenden sind, um die CEM weiter

umzuordnen, im Bemühen, die Erstellung von Überwachungs- und Wirkungsblöcken auf Grundlage der umgeordneten CEM zu optimieren. Darüber hinaus kann der Block **1050**, wenn das Umordnen abgeschlossen ist, Logikblöcke oder Gruppen von Logik in der umgeordneten CEM definieren, wie etwa die drei Logikgruppierungen **901**, **902** und **903** aus **Fig. 9**.

[0071] In einer Umsetzung kann die elektronische Vorrichtung ferner eine oder mehrere Funktionsblocklogikeinheiten für das Prozessleitsystem gemäß dem Satz zusammenhängender Gruppen, die durch den Block **1050** definiert werden, konfigurieren. Zusätzlich oder alternativ kann die elektronische Vorrichtung für jede zusammenhängende Gruppe aus dem Satz zusammenhängender Gruppen eine numerische Repräsentation für die zusammenhängende Gruppe oder für einen Teil einer zusammenhängenden Gruppe gemäß den umgeordneten Ursache-Wirkungs-Paaren automatisch berechnen, wie etwa durch Berechnen einer hexadezimalen Repräsentation für die zusammenhängende Gruppe, was nachfolgend unter Bezug auf **Fig. 11-Fig. 12** ausführlicher erläutert wird.

[0072] Sobald das Analysewerkzeug die CEM **900** umorganisiert hat, kann das System die CEM **900** weiter in separate logische Gruppen untergliedern, um die Effizienz beim Erstellen von Überwachungs- und Wirkungsblöcken, die diese logischen Gruppen implementieren, weiter zu verbessern. **Fig. 11** bildet eine zusätzliche Repräsentation der CEM **900** von **Fig. 9** ab. Insbesondere kann das System die CEM **900** von **Fig. 9** analysieren, um unterschiedliche numerische Repräsentationen **1101**, **1102** und **1103** zu erzeugen, welche das System verwenden kann, um die Funktionsblöcke als einen Satz vernetzter Überwachungsblöcke und Wirkungsblöcke zu konfigurieren. In einer Ausführungsform können die numerischen Repräsentationen **1101-1103** jeweils eine Ausgabe oder Wirkung als einen Wert wie etwa einen hexadezimalen Wert repräsentieren oder definieren, und zwar auf Grundlage der Konfiguration der Logikzusammenhänge, welche durch die Ursache-Wirkungs-Paare, wie durch die umgeordnete CEM **900** definiert, definiert werden. Dieser numerische Wert steht im Kontrast zu herkömmlichen Systemen, die jede Spalte als logischen Ausdruck repräsentieren. Allerdings sind solche herkömmlichen Systeme wegen der Schwierigkeit, logische Ausdrücke zu implementieren oder zu verstehen, ineffizient.

[0073] In einer Ausführungsform kann das System numerische Repräsentationen aufstellen, indem es jeder Zelle in der Tabelle einen von zwei Werten (bspw. AN oder AUS, 1 oder 0 usw.) zuordnet und anschließend jede Bitgruppe (bspw. eine vierstellige Bitzahl) einer Zeile oder einer Spalte der CEM in eine Hexadezimalziffer konvertiert. Wie in **Fig. 11** dargestellt, ist die numerische Repräsentation **1101** für

die Ausgabe **14** beispielsweise die hexadezimale Repräsentation (FE08) der Zelle, die mit der Ausgabe **14** verbunden ist, wobei ein X in einer Zelle als binäre „1“ behandelt wird und eine leere Zelle als binäre „0“ behandelt wird. Diese Berechnung lässt sich demonstrieren, indem man die Ausgabe **14** in 4 Bitgruppen aufschlüsselt (welche durch dickere Linien zwischen den Zellen abgegrenzt sind und welche die vier Bitzahlen bilden, von oben nach unten: 1111, 1110, 0000, 1000) und anschließend jede Bitgruppe in eine Hexadezimalziffer konvertiert. In diesem Falle lautet die numerische Repräsentation **1101** der Ausgabe **14** FE08, da, in Hexadezimalziffern, F = 1111, E = 1110, 0 = 0000 und 8 = 1000. Gleichmaßen entspricht die numerische Repräsentation **1102** (07E0) der Ausgabe **5**, da die Ausgabe **5**, von oben nach unten, in die Bits **0000**, **0111**, **1110**, **0000** aufgeschlüsselt werden kann, was sich in die Hexadezimalzahl 07E0 übersetzt. Ähnlich dazu kann die Ausgabe **17** als die Hexadezimalzahl **0072** (numerische Repräsentation: 1103) repräsentiert werden. Die beispielhaften numerischen Repräsentationen sind nicht als einschränkend gedacht, und manchen oder allen der Spalten und/oder Zeilen kann eine numerische Repräsentation zugeordnet werden. Ferner muss die numerische Repräsentation nicht unbedingt eine hexadezimale Konversion sein und kann auch in jeder beliebigen anderen geeigneten Form erstellt werden.

[0074] Das Aufstellen numerischer Repräsentationen für bestimmte Gruppierungen der Logikzellen in einer CEM geht mit vielen Vorteilen einher. Insbesondere ist die Spalte-in-Hex-Umwandlung im Vergleich zu herkömmlichen Systemen einfacher, erfordert keine zusätzlichen Gates oder Programmierung, um einen Ausdruck zu erzeugen, benötigt weniger Speicherplatz und weniger Bandbreite zur Kommunikation mit der Funktionsblockeingabe. Zudem kann die bedarfsweise Fehlerkorrektur bei Eingaben von Hexadezimalwerten leichter sein, um die Genauigkeit zu gewährleisten, was nachfolgend unter Bezug auf die Testtabellen in **Fig. 15** erläutert wird.

[0075] Die numerischen Repräsentationen können es ferner ermöglichen, dass das System die Ursache/Wirkungs-Zusammenhänge der Konfigurationsumgebung des Sicherheitssystems konfiguriert. Insbesondere können es die numerischen Repräsentationen ermöglichen, dass das System Zusammenhänge unter einer großen Anzahl an Ursachen und Wirkungen definiert. Ferner kann die numerische Repräsentation dabei behilflich sein, Konfigurationsfehler zu beheben, indem ganze Zeilen und/oder Spalten zu einem einzelnen numerischen Wert zusammengefasst werden. Zusätzlich dazu können die numerischen Repräsentationen eine einfache und effiziente Möglichkeit bereitstellen, um Änderungen in den Ursache/Wirkungs-Zusammenhängen zu identifizieren und den Aufwand weiter zu verringern, der zum

Handhaben von Änderungen in der CEM notwendig ist.

[0076] Beispielsweise können die numerischen Repräsentationen als Konfigurationsmasken in Funktionsblöcken wie etwa den Überwachungs- und Wirkungsblöcken der **Fig. 4-Fig. 6** implementiert werden. Daher können diese numerischen Repräsentationen tatsächlich die Logik identifizieren, die für eine bestimmte Wirkung in einem Überwachungs- und/oder einem Wirkungsblock zu implementieren ist. Die numerischen Repräsentationen können definieren, welche Eingaben jeder bestimmten Ausgabe entsprechen und damit die Eingaben lösen (d. h. maskieren), die der jeweiligen Ausgabe nicht entsprechen. Beispielsweise kann die numerische Repräsentation **1101** der Wirkung **14** in **Fig. 11** alle der Ursachen **6-13** von der Wirkung **14** lösen. Anders formuliert, kann ein Überwachungsblock alle Ursachen **1-16** empfangen; wenn er jedoch die numerische Repräsentation **1101** als Maske implementiert, dann würde er nur die Ursachen **1-5** und **14-16** mit der Wirkung **14** korrelieren.

[0077] Darüber hinaus kann das System die numerischen Repräsentationen anpassen, wenn der Bereich möglicher Zellenwerte mehr als zwei beträgt (bspw., wenn die Zellen mehrere verschiedene Auslöser wie etwa keinen Wert, ein X, ein T (das auf eine Zeitverzögerung hinweist), ein P (das auf eine zulassende Ursache hinweist) usw. definieren können. Beispielsweise kann das System im Falle eines beispielhaften Bereichs von vier möglichen Schnittpunktwerten zwei Hex-Umwandlungen ausführen, um die resultierende numerische Repräsentation zu erzeugen. Anders formuliert, können die vier möglichen verschiedenen Werte jeder Zelle als einer von vier möglichen Werten einer Zahl mit zwei Bit repräsentiert werden, was bedeutet, dass jede Zelle durch einen Wert mit zwei Bit anstelle von einem Wert mit einem Bit definiert sein würde, wie in **Fig. 11** angegeben. In diesem Fall würde jeder Satz aus zwei benachbarten Zellen der Kette einen Wert mit vier Bit bilden, der in eine Hexadezimalzahl konvertiert werden kann. Infolgedessen wäre die numerische Repräsentation in diesem Szenario doppelt so lang wie die in **Fig. 11** gezeigte, allerdings wäre sie dynamischer, da sie eine höhere Anzahl potentieller logischer Ausdrücke repräsentieren könnte, welche in der Logik, die die CEM implementiert, zu verwenden ist. Alternativ kann das System die numerische Repräsentation unter Verwendung einer geeigneten Basis anstelle der Basis **16** berechnen, und es kann dann die numerische Repräsentation in einen Hex-Eingabewert für den Funktionsblock (d. h. die Überwachungs- und Wirkungsblöcke) optional konvertieren (so gewünscht).

[0078] **Fig. 12** ist ein Ablaufdiagramm eines Beispielverfahrens zum Erstellen/Berechnen numeri-

scher Repräsentationen von Werten oder Elementen in einer CEM. Bei Block **1210** kann das Ursache-Wirkungs-Analysewerkzeug **17** auf eine CEM zugreifen. In einem Ausführungsbeispiel kann die CEM vor dem Fortsetzen umgeordnet werden. Bei Block **1220** kann das Werkzeug **17** einen Teilsatz Ursachen identifizieren. In einer Ausführungsform kann der Teilsatz Ursachen zu einem bestimmten Logikblock gehören und/oder durch einen Satz Regeln, wie weiter oben beschrieben, definiert sein. Anschließend, bei Block **1230**, kann das Werkzeug **17** eine Tabelle mit einer Dimension für den Teilsatz Ursachen definieren. Die Tabelle mit einer Dimension kann einer bestimmten Wirkung der CEM entsprechen. Anschließend, bei Block **1240**, kann das Werkzeug **17** eine numerische Repräsentation der Tabelle mit einer Dimension berechnen. Wie oben beschrieben, kann das Werkzeug **17** die Tabelle mit einer Dimension in eine binäre Zeichenfolge und/oder mehrere binäre Zeichenfolgen konvertieren. In einer Ausführungsform kann das Werkzeug dann dazu übergehen, die eine oder mehreren binären Zeichenfolgen in eine hexadezimale Repräsentation oder eine beliebige andere geeignete numerische Repräsentation zu konvertieren. Die berechneten numerischen Repräsentationen können als numerische Repräsentationen **33** in einem Depot, wie etwa der Konfigurationsdatenbank **32** aus **Fig. 1**, gespeichert werden.

[0079] Bei Block **1250** können die numerischen Repräsentationen **33** dann verwendet werden, um einen Satz Funktionsblöcke (bspw. Überwachungs- und Wirkungsblöcke) zu konfigurieren. Beispielsweise, wie oben beschrieben, können die numerischen Repräsentationen **33** als Konfigurationsmasken in einem oder mehreren Überwachungsblöcken implementiert werden.

[0080] In einem anderen Aspekt des hier beschriebenen Systems verschafft die Systemnavigatorsanwendung dem Benutzer die Fähigkeit, zügig zwischen verschiedenen Benutzerschnittstellenbildschirmen zu navigieren, die relevante Sicherheitsinformationen bezüglich der Prozessanlage bereitstellen. Solche Informationen können sich in CEMs, Überwachungs- und Wirkungsblöcken, Sicherheitsdokumenten und Systemkonfigurationsanzeigen finden. In manchen Ausführungsformen stellen diese unterschiedlichen Benutzerschnittstellen unterschiedliche visuelle Repräsentationen der gleichen Sicherheitslogik bereit. Somit stellt die vorliegende Erfindung das Navigatorwerkzeug **15** (aus **Fig. 1**) zum Navigieren zwischen einem Satz miteinander verknüpfter Benutzerschnittstellen bereit. **Fig. 13** zum Beispiel ist eine beispielhafte Darstellung **1300** eines Satzes Benutzerschnittstellen, die miteinander verknüpft sind.

[0081] In manchen beispielhaften Prozessanlagen ist das Sicherheitsprotokoll in einer von mehreren

Sprachen programmiert. Unabhängig von der Programmiersprache bildet normalerweise ein Dokument mit Ausführungen den Ausgangspunkt für das Sicherheitsprotokoll, in dem die Anforderungen für die Regelungs- und/oder Sicherheitsmaßnahmen der Prozessanlage spezifiziert sind. In anderen beispielhaften Prozessanlagen, wie etwa einem Safety Instrumented System (SIS), sind die Sicherheitsanforderungen in einem Dokument hinterlegt, das als Spezifikation der Sicherheitsanforderungen (SRS) bekannt ist.

[0082] Eine der Eingaben für die SRS ist die Liste der identifizierten Sicherheitsfunktionen (Safety Instrumented Functions - SIF). Jede SIF schützt gegen eine spezifische Gefahr und stellt einen definierten Grad der Risikosenkung bereit. Ein SIS besteht aus einer oder mehreren SIFs. In manchen Ausführungsformen kombinieren manche Sicherheitssysteme alle der SIFs in der SIS-Konfiguration ohne Unterscheidung jeder einzelnen SIF. Ferner folgen manche Sicherheitssysteme einem SIF-Ansatz und ermöglichen eine SIF-basierte SIS-Konfiguration.

[0083] Die SRS beinhaltet normalerweise verschiedene Abschnitte. Bei einem der Abschnitte handelt es sich um die Logikbeschreibung, die entweder mittels Klartext, Logikdiagrammen oder Ursache-Wirkungs-Diagrammen (d. h. Ursache-Wirkungs-Tabellen) repräsentiert werden könnte. Wie bereits erwähnt, kombinieren manche Sicherheitssysteme alle SIFs in der SIS-Konfiguration, und die CEM-Visualisierung kann beim Implementieren solcher Ausführungsformen sehr praktisch sein.

[0084] In einer Ausführungsformen kann es die Navigatoranwendung **15** einem Techniker ermöglichen, eine jeweilige Ursache (und/oder Wirkung) in einer CEM auszuwählen, um durch bestimmte Dokumente zu navigieren, welche die ausgewählte Ursache (und/oder Wirkung) beschreiben. Beispielsweise kann man durch Auswählen einer Ursache zur jeweiligen SIF-Beschreibung in der SRS weitergeleitet werden. Dieses Merkmal ermöglicht es dem Techniker, die jeweilige, mit der Ursache und/oder Wirkung verbundene, Sicherheitslogik zu betrachten. In einer Ausführungsform kann der Techniker auch dazu in der Lage sein, ein Sicherheitsmodul auszuwählen (Systemkonfiguration), das mit einer jeweiligen SIF verbunden ist, und er kann dann zu einer Benutzerschnittstelle weitergeleitet werden, welche die passende SIF aus der CEM anzeigt. Ferner kann der Techniker ein Element der CEM auswählen und zu einer Anzeige einer Systemkonfiguration, die Vorrichtungen hervorhebt, Logikblöcken, Funktionsblöcken, Überwachungs- und Wirkungsblöcken usw. weitergeleitet werden, die mit dem jeweiligen Element der CEM zusammenhängen. Von dem Sicherheits- oder Regelmodul kann der Benutzer auch zum passenden Abschnitt entweder der SRS oder Regelungsna-

ratione weitergeleitet werden. Anders formuliert, kann es das vorliegende System einem Techniker ermöglichen, nahtlos zwischen Ansichten einer CEM, einer SRS oder einer Systemkonfiguration zu wechseln.

[0085] Wenn ein Techniker beispielsweise eine Ursache und/oder Wirkung in einer Benutzerschnittstelle von **Fig. 13** auswählt, welche eine CEM **1310** anzeigt, dann kann der Techniker zu einem Anzeigebildschirm **1320** weitergeleitet werden, der eine Systemkonfiguration darstellt, welche bestimmte Vorrichtungen beinhaltet, die mit der ausgewählten Ursache und/oder Wirkung der CEM zusammenhängen. Beispielsweise kann die Systemkonfiguration **1320** Symbole für Behälter, Ventile, Messumformer, Pumpen, Rohre, Sensoren usw. beinhalten, die mit ausgewählten Ursachen und/oder Wirkungen der CEM zusammenhängen. In diesem Beispiel ist ein Thermometersymbol **1321** hervorgehoben, das darauf hinweist, dass die ausgewählte Ursache und/oder Wirkung einer Temperatursensoranzeige entspricht.

[0086] Ferner kann ein Techniker entweder von der CEM **1310** oder der Systemkonfiguration **1320** aus auf ein Dokument zugreifen, welches das Sicherheitsprotokoll der Prozessanlage beschreibt, wie etwa die SRS **1330**. **Fig. 13** stellt eine beispielhafte Anzeige **1330** eines Teils einer Spezifikation der Sicherheitsanforderungen dar, der Symbole **1331** und Text **1332** beinhaltet, welcher zutreffende Sicherheitsabläufe beschreibt. Die Navigatoranwendung **15** ermöglicht es einem Techniker, zwischen Anzeigen hin und her zu schalten, was dem Techniker Informationen und Einblicke verschafft, auf die zuvor nur umständlich zugegriffen werden konnte. Ferner kann der Benutzer von jeder beliebigen der Schnittstellen **1310**, **1320** und/oder **1330** auf eine Benutzerschnittstelle **1340** zugreifen, die einen Satz Überwachungs- und Wirkungsblöcke (oder andere Funktionsblöcke oder Logik) anzeigt, einschließlich der Logik, die zutreffende ausgewählte Elemente (bspw. der CEM **1310**) implementiert.

[0087] In einem Ausführungsbeispiel kann ein Techniker einen Rechtsklick auf das Element der CEM **1310** (oder SRS **1330**, Systemkonfiguration **1320** oder Überwachungs- und Wirkungsblöcke **1340**) vornehmen, um auf ein Auswahlménú zuzugreifen. Das Auswahlménú kann dem Techniker Optionen bereitstellen, darunter die Fähigkeit, auf die anderen Anzeigenansichten (wie etwa **1310**, **1320**, **1330** und **1340**) und/oder andere Ansichten (wie etwa in Bezug auf **Fig. 16A-D** weiter unten beschrieben) zuzugreifen.

[0088] Der Benutzer kann einfach von der CEM **1310** (oder von einzelnen Zellen, Ursachen oder Wirkungen der CEM **1310**) oder der Systemkonfiguration **1320** zu (einem) spezifischen Abschnitt(en) innerhalb von Anforderungsspezifikationen (SRS **1330**) wie etwa zur Definition für das allgemeine Umgehungs-

zept, Anforderungen für Abnahmeprüfungen usw. navigieren.

[0089] Diese Funktionalität wird einen nahtlosen Übergang zwischen Konfiguration- und Gestaltungsdokumenten in beiden Richtungen bereitstellen, um die Konfigurationsüberprüfung, Bewältigung von Veränderungen, Fehlerdiagnose und Abnahmeprüfungen zu erleichtern.

[0090] **Fig. 14** bildet ein Blockdiagramm eines Beispielsverfahrens **1400** ab, das den Zugriff auf Informationen ermöglicht, die in einer Spezifikation der Sicherheitsanforderungen (SRS) für eine Prozessanlage beinhaltet sind, welche anhand eines Prozessleitsystems geregelt wird. Das Verfahren **1400** kann durch einen Server oder andernfalls jede Art elektronischer Vorrichtung unterstützt werden, wobei der Server mit einer Benutzerschnittstelle, die zum Anzeigen von Inhalten konfiguriert ist, ausgestattet oder damit verbunden sein kann. Die SRS kann in einem Speicher gespeichert sein, der durch den Server zugreifbar sein kann.

[0091] Das Verfahren **1400** kann bei Block **1410** beginnen, bei dem der Server, in der Benutzerschnittstelle, eine CEM anzeigen kann. In Ausführungsformen kann die (CEM) einen Satz Elemente beinhalten, der einen Satz Ursachen und einen Satz Wirkungen beinhaltet, wobei jede von dem Satz Ursachen eine Bedingung in der Prozessanlage und jede von dem Satz Wirkungen eine Wirkung repräsentieren kann, die in der Prozessanlage auszuführen ist. Ferner können zumindest manche von dem Satz Ursachen und dem Satz Wirkungen als Ursache-Wirkungs-Paare zusammenhängen, wobei die jeweilige Wirkung als Reaktion auf ein Eintreten der jeweiligen Bedingung aktiviert werden kann.

[0092] Bei Block **1420** kann der Server über die Benutzerschnittstelle eine Auswahl eines Elements aus dem Satz Elemente empfangen. Insbesondere kann der Server eine Auswahl einer Ursache aus dem Satz Ursachen oder eine Auswahl einer Wirkung aus dem Satz Wirkungen empfangen. Als Reaktion auf das Empfangen der Auswahl kann der Server bei Block **1430** von der SRS ausgehend auf einen Satz Informationen zugreifen, die mit dem Element aus dem Satz Elemente verbunden sind. Insbesondere kann der Server von der SRS ausgehend auf einen Satz Informationen zugreifen, die mit der ausgewählten Ursache oder der ausgewählten Wirkung verbunden sind. Gemäß Ausführungsformen kann der Server von der SRS ausgehend auf ein Rohrleitungs- und Instrumentenfließschema (R&I-Schema), das mit dem ausgewählten Element verbunden ist, eine Sicherheitsfunktions(SIF)-Beschreibung, die mit dem ausgewählten Element verbunden ist, oder auf andere Informationen zugreifen.

[0093] Bei Block **1440** kann der Server den Satz Informationen in der Benutzerschnittstelle anzeigen. In einer Ausführungsform kann der Server auch eine Anwendung initiieren, die dazu konfiguriert ist, über die Benutzerschnittstelle Sicherheitslogik anzuzeigen, die mit dem ausgewählten Element verbunden ist. Zudem kann der Server in einer Ausführungsform über die Benutzerschnittstelle eine zusätzliche Auswahl eines Teils des Satzes Informationen empfangen, der in der Benutzerschnittstelle angezeigt wird; von der SRS ausgehend auf einen zusätzlichen Satz Informationen zugreifen, der mit dem Teil des Satzes Informationen verbunden ist; und den zusätzlichen Satz Informationen in der Benutzerschnittstelle anzeigen. Darüber hinaus kann der Server in einer Ausführungsform über die Benutzerschnittstelle eine zusätzliche Auswahl eines Teils des Satzes Informationen empfangen, der in der Benutzerschnittstelle angezeigt wird, wobei der Teil des Satzes Informationen einem zusätzlichen Element aus dem Satz Elemente der CEM entsprechen kann, und er kann, in der Benutzerschnittstelle, die CEM und eine Angabe des zusätzlichen Elements anzeigen.

[0094] In manchen Ausführungsformen können umfangreiche CEMs Tausende Ursache-Wirkungs-Paare enthalten. Demzufolge können diese umfangreichen CEMs in Hunderte Überwachungsblöcke, Wirkungsblöcke und numerische Repräsentationen aufgeschlüsselt werden. Aufgrund der großen Menge an Informationen, die über zahlreiche Datenstrukturen verstreut sind, ist es für einen Benutzer eventuell unmöglich, manuell zu überprüfen, dass die Sicherheitslogik des Prozessleitsystems akkurat implementiert wird. Früheren Prozessleitsystemen fehlten die Mittel dafür, rigoros zu überprüfen, dass ein konfiguriertes Prozessleitsystem die erforderlichen Sicherheitsprotokolle erfüllt. Anders formuliert, gab es in früheren Systemen keine Möglichkeit, die Genauigkeit der CEMs und Funktionsblöcke zu testen, die implementiert wurden, um die Sicherheit der Prozessanlage bewältigen. Die vorliegende Offenbarung stellt ein Werkzeug (bspw. das Ursache-Wirkungs-Analysewerkzeug **17**) bereit, das die aktuell in der Prozessanlage implementierte Sicherheitslogik automatisch überprüfen kann.

[0095] In einem Aspekt kann das Ursache-Wirkungs-Analysewerkzeug **17** die Konfiguration der Prozessanlage (oder eines Teils davon) automatisch durchlaufen, um eine oder mehrere Test-CEMs des wie gebildeten oder wie konfigurierten Systems zu erzeugen. In einer Ausführungsform kann das Werkzeug **17** die Test-CEM durch Nachkonstruieren auf Grundlage der Funktionsblöcke (d. h. der Überwachungs- und Wirkungsblöcke) und der numerischen Repräsentationen konstruieren, welche die aktuell implementierte Sicherheitslogik der Prozessanlage repräsentieren. Die Test-CEM kann dann mit einer Anforderungen definierenden CEM (einer CEM, bei

der es sich bekanntermaßen um eine akkurate Repräsentation der Sicherheitslogik, welche die Prozessanlage erfordert, handelt). Der Vergleich kann und Abweichungen oder andere Fehler aufzeigen, die dann einem Benutzer präsentiert werden können.

[0096] Fig. **15** ist ein Blockdiagramm eines Beispielsverfahrens zum Überprüfen der Sicherheitslogik einer Ursache-Wirkungs-Tabelle. Bei Block **1510** kann das Analysewerkzeug **17** die Konfiguration eines oder mehrerer Funktionsblöcke bestimmen, welche die Sicherheitslogik der Ursache-Wirkungs-Tabelle repräsentiert. In einer Ausführungsform sind die Funktionsblöcke Überwachungsblöcke und Wirkungsblöcke, die Eingaben, Ausgaben und numerische Repräsentationen beinhalten, wie weiter oben beschrieben. Das Ursache-Wirkungs-Analysewerkzeug **17** kann die Eingaben und Ausgaben der Überwachungs- und Wirkungsblöcke (ÜWB) durchlaufen, wobei eine Reihe Faktoren berücksichtigt wird, wie etwa die in den ÜWB implementierte Logik und/oder die numerischen Repräsentationen der ÜWB, um eine Konfiguration der ÜWB zu bestimmen. Beispielsweise kann das Werkzeug **17** einen Satz Überwachungs- und Wirkungsblöcke empfangen, wie weiter oben bezüglich der Fig. **5** und Fig. **6** beschrieben. Das Werkzeug **17** kann mit den Ausgaben der Wirkungsblöcke beginnen und die Eingaben der Wirkungsblöcke bis hin zum Ursprung der Eingaben (d. h. Ursachen, die direkt in die Wirkungsblöcke eingespeist werden, und/oder Ausgaben der Überwachungsblöcke) durchlaufen. Das Werkzeug **17** kann anschließend die Ausgaben der Überwachungsblöcke zu den entsprechenden Eingaben der Überwachungsblöcke auf Grundlage der numerischen Repräsentationen zurückverfolgen. Das Werkzeug **17** kann diesen Prozess des Durchlaufens der ÜWB iterativ für jede Wirkung fortsetzen, bis jeder Zusammenhang jedes Ursache-Wirkungs-Paars identifiziert worden ist.

[0097] Bei Block **1520** kann das Werkzeug **17** eine Test-CEM auf Grundlage der bestimmten Konfiguration erzeugen. Das Werkzeug **17** kann die Test-CEM mit den identifizierten Ursache-Wirkungs-Paaren auf Grundlage der bestimmten Konfiguration der Überwachungs- und Wirkungsblöcke befüllen. Sobald die Test-CEM erstellt ist, kann das Werkzeug **17** die Test-CEM **37** in einem Datendepot (wie etwa der Konfigurationsdatenbank **32** aus Fig. **1**) speichern. Die Test-CEM **37** kann wie jede beliebige der hier beschriebenen CEMs implementiert werden.

[0098] Bei Block **1530** kann das Werkzeug **17** auf die Anforderungen definierende CEM zugreifen. In einer Ausführungsform können die Anforderungen definierenden CEMs **35** in einem Datendepot (wie etwa der Konfigurationsdatenbank **32** aus Fig. **1**) gespeichert werden. In anderen Ausführungsformen kann das Werkzeug **17** die Anforderungen definierenden

CEMs auf Grundlage der aktuellen Konfiguration der Vorrichtungen in der Prozessanlage und der SRS und anderer Sicherheitsdokumente erstellen. In einer Ausführungsform kann die Anforderungen definierende CEM **35** einen Satz Ursachen und einen Satz Wirkungen beinhalten, wobei die Zusammenhänge der Ursache-Wirkungs-Paare auf den Sicherheitsanforderungen der Prozessanlage beruhen. Die Anforderungen definierende Test-CEM **35** kann wie jede beliebige der hier beschriebenen CEMs implementiert werden.

[0099] Bei Block **1540** kann das Werkzeug **17** die Test-CEM **37** mit der Anforderungen definierenden CEM **35** vergleichen, um zu bestimmen, ob jegliche Abweichungen vorliegen. Zu den Abweichungen können jegliche Differenzen zwischen Ursache-Wirkungs-Paaren zwischen der Test-CEM **37** und der Anforderungen definierenden CEM **35** zählen. Beispielsweise sind die Ursache-Wirkungs-Paare eventuell nicht durch die gleiche Auslöserart (bspw. zulassend, sofortig, verzögert) und/oder die gleiche Logikart (UND/ODER) korreliert.

[0100] Das Werkzeug **17** kann jede beliebige von der einen oder den mehreren bestimmten Abweichungen anzeigen. In einer Ausführungsform kann das Werkzeug **17** die Abweichungen in einer beliebigen der wie in den **Fig. 13** und **Fig. 16a-d** beschriebenen Benutzerschnittstellen hervorheben. Anders formuliert, kann das Werkzeug **17** hervorheben, wo die inkorrekte Logik implementiert wird, entweder in der CEM, den Überwachungs- und Wirkungsblöcken, einem SRS-Dokument und/oder einer Systemkonfigurationsbenutzerschnittstelle.

[0101] Ferner kann es bezüglich der Funktionalität, die oben unter Bezug auf die **Fig. 13** und **Fig. 14** erläutert wurde, auch von Nutzen sein, den Statusverlauf einer oder mehrerer Vorrichtungen, Ursachen und/oder Wirkungen in der Prozessanlage einzusehen. Ein anderer Aspekt der vorliegenden Erfindung stellt Benutzerschnittstellenansichten zum Überwachen der Sicherheitssystemstatus eines Prozessleitsystems bereit, wobei die Status typischerweise auf physischer Ausrüstung und/oder Sicherheitstestergebnissen beruhen oder eingestimmt sind und wobei sie die aktuellen und vergangenen Zustände verschiedener Ursachen oder Wirkungen darstellen können, um dem Benutzer eine gewisse Fähigkeit zu verschaffen, zu sehen, wann und wie die CEM-Logik in der Anlage implementiert wird. Beispielsweise kann ein Techniker eine Ansicht (wie oben unter Bezug auf **Fig. 13** erläutert) heranziehen, welche eine bestimmte Vorrichtung oder ein bestimmtes Ausrüstungsteil oder eine Gruppe davon anzeigt, was daraufhin verwendet werden kann, um weiter auf eine Anzeigenansicht zuzugreifen, die den aktuellen und/oder vergangenen Sicherheitsstatus jedes Teils überwachter Vorrichtung/Ausrüstung, eines Ur-

sachensignals, Wirkungssignals usw. präsentiert, der darauf angezeigt wird (bspw. **Fig. 16A-D**). Zusätzlich oder alternativ kann ein Sicherheitstechniker einen Sicherheitstest über eine bestimmte physische Vorrichtung/ein bestimmtes Ausrüstungsteil in der Anlage laufen lassen, und die Ergebnisse können in einer Anzeigenansicht (bspw. **Fig. 16A-D**) angezeigt werden. Frühere Systeme ermöglichten es nicht, dass ein Techniker den allgemeinen Sicherheitsstatus der Anlage (oder eines gewünschten Teils der Anlage) zügig überwachte oder bewertete, ohne auf zahlreiche unterschiedliche Anzeigenansichten physischer Vorrichtungen/Ausrüstung zugreifen oder bestimmte Diagnosen durchführen zu müssen, um Testergebnisse zu erlangen. Die früheren Systeme waren nicht nur unpraktisch für den Techniker, sondern während einer Notfallsituation wird kostbare Zeit eingebüßt, während derer der Techniker gezwungen ist, mehrere Ansichten zu durchforsten oder Tests durchzuführen, um die Statusdaten zu erlangen oder zu finden, an denen er oder sie interessiert ist.

[0102] Das System und die Verfahren, die hier beschrieben werden, stellen eine leicht zugreifbare Anzeigenansicht des aktuellen Status und/oder einer Statusänderung überwachter Sicherheitsergebnisse (anstelle bestimmter Vorrichtungen, Ausrüstung oder Testergebnisse) bereit. Das System sammelt systemübergreifende oder bereichsübergreifende Sicherheitsereignis-/Eingabestatus in einer einzigen Anzeigenansicht oder Visualisierung, wobei es Änderungen von Sicherheitsereignisstatus im Zeitverlauf erfasst und visualisierte Sicherheitsereignisse in der allgemeinen Sicherheitsanzeigenansicht mit Vorrichtungen/Ausrüstung/Testergebnissen verknüpft.

[0103] Ein „Sicherheitsereignis“ ist eine logische Repräsentation einer überwachten Bedingung. In einem Ausführungsbeispiel könnte jede überwachte Eingabe (Ursache) einer CEM ein überwachtes Sicherheitsereignis sein. Zudem könnte jede Wirkung ein überwachtes Sicherheitsereignis sein. Der jeweilige Status und/oder die jeweilige Statusänderung jedes Sicherheitsereignisses, dessen Überwachung gewünscht ist, wird anhand eines anderen Objekts/Elements/grafischen Elements in der Sicherheitsereignis-Visualisierungsansicht repräsentiert. Beispielsweise könnte jedes überwachte Ereignis anhand eines farbigen Punkts präsentiert werden, wobei verschiedene Farben unterschiedliche aktuelle Status präsentieren (bspw. Rot - schlecht, Blau - Achtung, Schwarz - okay). Zusätzlich oder alternativ könnte eine Änderung des aktuellen Status (entweder binär und/oder nach Änderungsgrad) bspw. anhand verschiedener Farben oder Repräsentationen repräsentiert werden. Solche Status und/oder Statusänderungen können im Zeitverlauf erfasst und gespeichert werden. Konkret könnte die Anzeigenansicht eine rollende Momentaufnahme des Zeitver-

laufs für überwachte Ereignisse bereitstellen und verschiedene Abschnitte für Sicherheitsereignisse beinhalten, die in verschiedenen Intervallen (bspw. alle 2 Minuten, alle 20 Minuten, alle 2 Stunden) überwacht werden.

[0104] Die **Fig. 16A-D** sind beispielhafte Darstellungen von Statusänderungen eines Sicherheitsereignisses im Zeitverlauf. Bei **Fig. 16A-D** handelt es sich bei einem Ereignis E1 um ein überwachtes Sicherheitsereignis. Der aktuelle Sicherheitsstatus von E1 im Zeitverlauf könnte als fortlaufende Formenkette entlang einer Zeitachse in einer Anzeigenansicht repräsentiert werden, wobei jede Form einen anderen Status repräsentiert (wie in **Fig. 16A** repräsentiert). Bei Graph **1600** repräsentiert der Kreis einen normalen Status, das Viereck repräsentiert einen warnenden Status, und das Dreieck repräsentiert einen gefährlichen Status. Alternativ könnte eine Änderung des EI-Sicherheitsstatus im Zeitverlauf auf Grundlage des Zeitpunkts repräsentiert werden, zu dem die Änderung eintritt. Beispielsweise stellt der Graph 1610 in **Fig. 16B** einen stationären Zustand (oder keine Statusänderung) mit einer „0“, einen Rückgang des Sicherheitsstatus mit einem „-“ und einen Anstieg des Sicherheitsstatus mit einem „+“ dar. Es versteht sich, dass die Sicherheitsstatus und deren Änderungen mit jeder beliebigen Art numerischer oder grafischer Form angezeigt werden können. **Fig. 16C** stellt einen Graph **1620** dar, der den Status als Zahl repräsentiert, wobei jedes negative Intervall ab 0 eine weitere Statusverschlechterung repräsentiert. Falls gewünscht, kann ein Änderungsgrad des Sicherheitsstatus repräsentiert werden. Beispielsweise könnte die Y-Achse des Graphs einen Bereich der Verschlechterung weg von normal anzeigen, und der Sicherheitsstatus im Verhältnis zur Zeit könnte das Erscheinungsbild eines linienförmigen Graphen oder des gepunkteten, balkenförmigen Graphen **1630** in **Fig. 16D** annehmen. Zudem kann sich eine einzelne Linie einer farbigen fortlaufenden Punktlinie für ein überwachtes Ereignis langsam wandeln/ihre Farbschattierung könnte sich langsam von einer Farbe zu einer anderen verändern, um eine Verschlechterung und Verbesserung des Sicherheitsstatus anzuzeigen.

[0105] Die oben aufgeführten Beispiele sind nicht als einschränkend gedacht, und jede beliebige Kombination aus Zahlen, Symbolen, Farben, Grafiken und/oder Linien kann angezeigt werden, um einen Techniker zu befähigen, zügig auf das Sicherheitsniveau eines überwachten Ereignisses zuzugreifen. Ferner können die Status und/oder Statusänderungen verschiedener Ereignisse, so gewünscht, zur Nachbearbeitung gespeichert werden.

[0106] In einer Ausführungsform können die Graphen, ein oder mehrere Graphen, gemeinsam und/oder gleichzeitig angezeigt werden. Gruppierungen

gewünschter überwachter Ereignisse können nahe beieinander angezeigt werden - beispielsweise nach Anlagenbereich, nach Funktion, nach Empfindlichkeit gegenüber bestimmten Bedingungen oder Faktoren (bspw. während bestimmter Phasen eines Chargenprozesses) usw. Ein Techniker wird in der Lage sein, die Anzeigenansicht zu maskieren, um die bestimmten relevanten Sicherheitsereignisse auf einen Blick betrachten zu können.

[0107] Ferner können für abstraktere Sicherheitsereignisse Visualisierungen bereitgestellt werden. Wie weiter oben erläutert, kann es sich bei einem überwachten Sicherheitsereignis um eine Abstraktion einer Gruppe überwachter Ereignisse handeln, wie etwa von Überwachungs- und Wirkungsblöcken.

[0108] Beispielsweise könnten, unter Bezug auf die **Fig. 5** und **Fig. 6**, die Aktivierungselemente oder direkten Eingaben in die Wirkungsblöcke WB1 und WB2 ein überwachtes Sicherheitsereignis sein, und/oder jede Wirkung W1, W2 usw. der Wirkungsblöcke WB1 und WB2 könnte ein überwachtes Sicherheitsereignis sein. Jede von den Bedingungen oder Eingaben, aus denen jedes gewünschte überwachte Ereignis umfasst ist, kann zum Änderungsgrad dessen Status beitragen. Wenn beispielsweise ein überwachtes Ereignis vier Bedingungen erfordert, um das Ereignis auszulösen, dann kann der Status des überwachten Ereignisses „-1“ lauten, wenn eine Bedingung vorliegt; wenn zwei Bedingungen vorliegen, kann der Status des überwachten Ereignisses „-2“ lauten, liegen drei Bedingungen vor, so kann der Status des überwachten Ereignisses „-3“ lauten, und wenn alles vier Bedingungen vorliegen, kann der Status „X“ oder „ausgelöst“ lauten. Daher könnten die Symbole, Zahlen, Punkte usw. in den **Fig. 16A-Fig. 16D** zum Beispiel verschiedene mögliche Zustände einer Wirkung (oder einer Ursache) repräsentieren, oder sie könnten die Anzahl der Ursachen repräsentieren, die gesetzt sind oder sich in einem Richtig-Zustand befinden, was im Verhältnis zur Gesamtanzahl an Ursachen gilt, die gesetzt sein oder sich im Richtig-Zustand befinden müssen, damit das Wirkungssignal ausgelöst oder initiiert wird.

[0109] Ferner kann ein Klick oder eine andere Benutzeranzeige auf einen bestimmten Sicherheitsstatus oder Indikator einer Statusänderung den Benutzer automatisch auf Einzelheiten der entsprechenden Bedingung(en) verweisen. Wie weiter oben beschrieben, kann ein Techniker von den Sicherheitsereignis-Visualisierungsgraphen ausgehend auf eine SRS, eine Systemkonfiguration und/oder eine CEM-Anzeige zugreifen. Wenn beispielsweise - unter Bezug auf das obige Beispiel, bei dem vier Bedingungen erforderlich sind, um ein überwachtes Ereignis auszulösen - die Sicherheitsvisualisierung „-1“ für das obige überwachte Ereignis von Graph **1620** angibt und der Benutzer auf die „-1“ klickt, dann kann eine Anzeigen-

ansicht der Systemkonfiguration, welche die Vorrichtung oder das Ausrüstungsteil beinhaltet, die bzw. das die Bedingung, welche dem Sicherheitsstatus „-1“ entspricht, verursacht, angezeigt werden.

[0110] Fig. 17 bildet ein Blockdiagramm eines Beispielfahrens 1700 zum Visualisieren von Sicherheitsereignissen in einer Prozessanlage ab. Das Verfahren 1700 kann durch einen Server oder andernfalls jede Art elektronischer Vorrichtung unterstützt werden, wobei der Server mit einer Benutzerschnittstelle, die zum Anzeigen von Inhalten konfiguriert ist, ausgestattet oder damit verbunden sein kann.

[0111] Das Verfahren 1700 kann beginnen, wenn der Server auf eine CEM mit einem Satz Ursachen und einem Satz Wirkungen zugreift (Block 1710). In Ausführungsformen kann jede von dem Satz Ursachen eine Bedingung in der Prozessanlage repräsentieren, und jede von dem Satz Wirkungen kann eine Wirkung repräsentieren, die in der Prozessanlage auszuführen ist. Ferner können zumindest manche von dem Satz Ursachen und dem Satz Wirkungen als Ursache-Wirkungs-Paare zusammenhängen, wobei die jeweilige Wirkung als Reaktion auf ein Eintreten der jeweiligen Bedingung aktiviert werden kann und der Satz Ursachen und der Satz Wirkungen für einen Satz überwachter Sicherheitsereignisse in der Prozessanlage repräsentativ sein kann.

[0112] Der Server kann über die Benutzerschnittstelle eine Auswahl eines überwachten Sicherheitsereignisses aus dem Satz überwachter Sicherheitsereignisse empfangen (Block 1720). Ferner kann der Server in der Benutzerschnittstelle eine Angabe des überwachten Sicherheitsereignisses und einen aktuellen Status des überwachten Sicherheitsereignisses anzeigen (Block 1730). In Ausführungsformen kann der Server den aktuellen Status als ein oder mehrere erste grafische Objekte anzeigen.

[0113] Der Server kann eine Statusänderung des überwachten Sicherheitsereignisses erkennen (Block 1740). In einer Ausführungsform kann der Server die Statusänderung als Reaktion darauf erkennen, dass ein Zeitraum abläuft. Der Server kann in der Benutzerschnittstelle auch einen aktualisierten Status des überwachten Sicherheitsereignisses gemäß der Statusänderung anzeigen (Block 1750). In Ausführungsformen kann der Server den aktualisierten Status als ein oder mehrere zweite grafische Objekte anzeigen, die sich von dem einen oder den mehreren ersten grafischen Objekten unterscheiden können. Ferner kann der Server in Ausführungsformen einen Änderungsgrad zwischen dem aktuellen Status und dem aktualisierten Status des überwachten Sicherheitsereignisses bestimmen und den Änderungsgrad in der Benutzerschnittstelle anzeigen.

[0114] In einer Ausführungsform kann der Server ferner als Reaktion darauf, dass ein Zeitraum abläuft, bestimmen, dass sich der aktualisierte Status des überwachten Sicherheitsereignisses nicht geändert hat, und in der Benutzerschnittstelle den aktualisierten Status des überwachten Sicherheitsereignisses anzeigen. Zusätzlich oder alternativ kann der Server über die Benutzerschnittstelle eine Auswahl des aktualisierten Status des überwachten Sicherheitsereignisses empfangen, wobei das überwachte Sicherheitsereignis einen Satz damit verbundener Bedingungen aufweist, und er kann in der Benutzerschnittstelle einen Bedingungsstatus für jede aus dem Satz verbundener Bedingungen anzeigen. Zusätzlich oder alternativ kann der Server über die Benutzerschnittstelle eine Auswahl des aktualisierten Status des überwachten Sicherheitsereignisses empfangen, wobei das überwachte Sicherheitsereignis eine damit verbundene Bedingung aufweisen kann, die vorliegt, und er kann in der Benutzerschnittstelle eine Angabe einer Vorrichtung in der Prozessanlage anzeigen, die verursacht, dass die verbundene Bedingung vorliegt.

[0115] Zusätzlich oder alternativ kann der Server Daten im Speicher speichern, die für das überwachte Sicherheitsereignis, den aktuellen Status des überwachten Sicherheitsereignisses und den aktualisierten Status des überwachten Sicherheitsereignisses repräsentativ sind. Darüber hinaus kann der Server zusätzlich oder alternativ: (i) eine zusätzliche Angabe eines zusätzlichen überwachten Sicherheitsereignisses des Satzes überwachter Sicherheitsereignisse und (ii) einen zusätzlichen aktuellen Status des zusätzlichen überwachten Sicherheitsereignisses in der Benutzerschnittstelle anzeigen und in der Benutzerschnittstelle einen zusätzlichen aktualisierten Status des zusätzlichen überwachten Sicherheitsereignisses gemäß der zusätzlichen Statusänderung anzeigen.

[0116] Die weiter oben bereitgestellten beispielhaften CEMs sind vereinfachende Repräsentationen, die zur Veranschaulichung gedacht sind. Fig. 18 stellt eine beispielhafte CEM 1800 dar, die eine komplexe CEM ist, welche Zeitverzögerungsauslöser, zulassende Auslöser, sofortige Auslöser und Zurücksetzen-Auslöser beinhaltet. Die CEM 1800 ist ein umfangreicheres Beispiel einer CEM, die eine akkuratere Repräsentation einer echten CEM ist. In der wie in Fig. 18 dargestellten CEM 1800 können die Zellen, die nur ein „X“ enthalten, ein sofortig auslösendes Ereignis repräsentieren. Ferner kann jede beliebige Zelle, die nur mit einem „R“ befüllt ist, repräsentieren, dass das Ereignis zum Zurücksetzen ausgelöst werden wird, wenn die Ursache empfangen wird. Zellen der CEM 1800, die mit dem Buchstaben „T“ beginnen, können angeben, dass die Ursache das Ereignis direkt auslöst, jedoch mit einer Zeitverzögerung. Zeitverzögerungen können in zuvor festgelegten Intervallen eingerichtet sein. Beispielsweise kann „T1“ einer Zeitverzögerung von 10 Sekunden entsprechen, und

„T2“ kann einer Zeitverzögerung von 20 Sekunden entsprechen usw.

[0117] Die CEM **1800** enthält auch Zellen, die nur Zahlen enthalten, wobei diese Zellen „Aktivierungselementen“ entsprechen können. Insbesondere kennzeichnet die Zahl in der Zelle die Gruppe, zu der das Aktivierungselement gehört, wobei es für jede Gruppe ein oder mehrere Aktivierungselemente geben kann. Zellen in der CEM **1800**, die mit einer Zahl beginnen, aber auch andere Zeichen enthalten, können Zusammenhänge repräsentieren, welche die Wirkung erst auslösen, wenn auch die Aktivierungselemente ausgelöst werden. In manchen Ausführungsformen muss jede Zelle, die mit dem entsprechenden Aktivierungselement (oder den entsprechenden Aktivierungselementen) zusammenhängt, „an“ sein, damit die Wirkung ausgelöst wird. In anderen Ausführungsformen kann jede beliebige Kombination von Ursachen in der jeweiligen Gruppe von Aktivierungselementen kombiniert werden, um die Wirkung auszulösen. Ähnlich dazu kann eine beliebige Kombination aus Aktivierungselementen erforderlich sein, um die Wirkung auszulösen.

[0118] In der wie in **Fig. 18** dargestellten CEM **1800** beispielsweise ist die Ursache **1801** das Aktivierungselement für die Gruppe **1**. Wenn eine Ursache **1802** ausgelöst wird, können daher die entsprechenden Wirkungen nicht ausgelöst werden, außer, die Ursache **1801** wird ebenfalls ausgelöst. Dieser Ursache-Wirkungs-Zusammenhang wird als zulassender Zusammenhang betrachtet, weil die Wirkung erst ausgelöst wird, wenn das Aktivierungselement „an“ ist. Fortfahrend mit dem Beispiel gibt eine Zelle **1803** an, dass der Ursache-Wirkungs-Zusammenhang zu Aktivierungselement-Gruppe **1** gehört und dass die Wirkung **1805** mit einer Zeitverzögerung ausgelöst werden wird, die der Dauer T1 entspricht, wenn das Ursachensignal **1802** ansteigt und das Aktivierungselement-Ursachensignal **1801** ebenfalls hoch oder an ist. Eine Zelle **1804** gibt an, dass der Ursache-Wirkungs-Zusammenhang zulassend ist und zur Aktivierungselement-Gruppe **1** gehört und dass die Wirkung **1806** sofort ausgelöst werden wird, wenn das Ursachensignal **1802** sowohl aktiviert (sprich, das Ursachensignal **1801** ist an) und ausgelöst ist.

[0119] Die CEM **1800** kann in allen der zuvor genannten Verfahren **700**, **1000**, **1200**, **1400**, **1500** und **1700**, die oben beschrieben wurden, implementiert werden. Darüber hinaus können hier beschriebene Überwachungs- und Wirkungsblöcke zum Implementieren einer CEM oder Logik einer CEM verwendet werden, um die komplexen Logikfunktionen und untereinander zusammenhängenden Logikfunktionen der CEM **1800**, zum Beispiel, oder beliebige sonstige Logikfunktionen in anderen CEMs zu implementieren. Die Vorteile des Bedienens einer CEM gelten trotz der gestiegenen Komplexität der CEM

1800 nach wie vor. Ferner sind die beispielhaften CEMs nicht als einschränkend gedacht, und jedes beliebige der oben beschriebenen Verfahren **700**, **1000**, **1200**, **1400**, **1500** und **1700** kann mit beliebigen zukünftigen Ausführungsformen einer Ursache-Wirkungs-Tabelle umgesetzt werden, die verwendet werden, um Sicherheitslogik in einer Prozessanlage zu implementieren.

[0120] Jedes der Verfahren **700**, **1000**, **1200**, **1400**, **1500** und **1700** der **Fig. 7**, **Fig. 10**, **Fig. 12**, **Fig. 14**, **Fig. 15** und **Fig. 17** kann mittels Software, Firmware oder Hardware oder einer Kombination aus Software, Firmware und/oder Hardware umgesetzt werden. Zudem könnten die Ablaufdiagramme der **Fig. 7**, **Fig. 10**, **Fig. 12**, **Fig. 14**, **Fig. 15**, **Fig. 17**, obwohl sie als Routinen beschrieben wurden, mittels Software, Hardware, Firmware oder einer Kombination aus Software, Firmware und/oder Hardware umgesetzt werden.

[0121] Ausführungsformen einer Benutzerschnittstelle, wie etwa der weiter oben beschriebenen Benutzerschnittstellen, können ganz oder teilweise anhand eines Prozessors umgesetzt werden, der zum Beispiel gemäß einem Softwareprogramm konfiguriert ist. Zum Beispiel kann die Arbeitsstation **18a** oder **20a** oder ein anderer Computer die weiter oben beschriebene Benutzerschnittstelle ganz oder teilweise implementieren. Ein Softwareprogramm zum Umsetzen von Ausführungsformen einer Benutzerschnittstelle kann in Software verkörpert sein, die in einem materiellen Medium gespeichert ist, wie etwa einer Festplatte, einem RAM, einem mit Batterien überbrückten RAM, einem ROM, einer CD-ROM, einem PROM, einem EPROM, einem EEPROM, einer DVD, einem Flash-Speicher usw., oder in einem Speicher wie etwa einem RAM, der mit dem Prozessor verbunden ist; dabei wird der Durchschnittsfachmann ohne Weiteres erkennen, dass das gesamte Programm oder Teile davon alternativ auch durch eine Vorrichtung ausgeführt werden kann bzw. können, die kein Prozessor ist, und/oder in Firmware und/oder dedizierter Hardware auf bekannte Art und Weise verkörpert sein kann.

[0122] Zwar können bezüglich der vorliegenden Erfindung diverse Modifikationen und alternative Konstruktionen vorgenommen werden, doch wurden bestimmte veranschaulichende Ausführungsformen davon in den Zeichnungen gezeigt und werden hier ausführlich beschrieben. Allerdings versteht es sich, dass nicht die Absicht verfolgt wird, die Offenbarung auf die konkreten offenbarten Formen einzuschränken, sondern die Absicht ganz im Gegenteil darin besteht, sämtliche Modifikationen, alternativen Konstruktionen und Äquivalente abzudecken, die in den Geist und Umfang der wie durch die beigefügten Ansprüche definierten Offenbarung abzudecken.

ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde automatisiert erzeugt und ist ausschließlich zur besseren Information des Lesers aufgenommen. Die Liste ist nicht Bestandteil der deutschen Patent- bzw. Gebrauchsmusteranmeldung. Das DPMA übernimmt keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

Zitierte Patentliteratur

- US 62/239657 [0001]

Patentansprüche

1. Computerimplementiertes Verfahren zum Konfigurieren, über eine Rechenvorrichtung mit einer Anzeigevorrichtung und einer Eingabevorrichtung, von Überwachungsblöcken und Wirkungsblöcken, die mit einem Prozessleitsystem für eine Prozessanlage verbunden sind, wobei das Verfahren umfasst:

Bewirken, dass die Anzeigevorrichtung eine grafische Benutzeroberfläche anzeigt, wobei die grafische Benutzeroberfläche einen ersten Überwachungsblock, einen zweiten Überwachungsblock und einen Wirkungsblock anzeigt, wobei jeder von dem ersten Überwachungsblock, dem zweiten Überwachungsblock und dem Wirkungsblock eine Vielzahl von Zellen anzeigt, die in einer Tabelle mit einer ersten Dimension und einer zweiten Dimension angeordnet sind, wobei Positionen entlang der ersten Dimension Ausgaben anzeigen und Positionen entlang der zweiten Dimension Eingaben entsprechen, so dass die Vielzahl von Zellen Eingabe/Ausgabe-Paare auf Grundlage der Positionen der Vielzahl von Zellen relativ zur ersten und zweiten Dimension definiert; Befähigen eines Benutzers, Konfigurationsdaten über die Eingabevorrichtung einzugeben, beinhaltend:

Konfigurieren einer der Ausgaben des ersten Überwachungsblocks, damit sie als eine der Eingaben des zweiten Überwachungsblocks dient,

Konfigurieren einer zusätzlichen von den Ausgaben des ersten Überwachungsblocks und einer von den Ausgaben des zweiten Überwachungsblocks, damit sie als Eingaben in den Wirkungsblock dienen, und Designieren zumindest einer von der Vielzahl von Zellen von jedem von dem ersten Überwachungsblock, dem zweiten Überwachungsblock und dem Wirkungsblock als Auslöser, der mit dem jeweiligen Eingabe/Ausgabe-Paar der jeweiligen Zelle verbunden ist und einer Bedingung in der Prozessanlage entspricht; und

Speichern der Konfigurationsdaten in einem computerlesbaren Medium, das mit dem ersten Überwachungsblock, dem zweiten Überwachungsblock und dem Wirkungsblock verbunden ist.

2. Computerimplementiertes Verfahren nach Anspruch 1, ferner umfassend:

Anzeigen der Vielzahl von Zellen von jedem von dem ersten Überwachungsblock, dem zweiten Überwachungsblock und dem Wirkungsblock an der Anzeigevorrichtung; und

Angeben des jeweiligen Auslösers in der jeweiligen Vielzahl von Zellen.

3. Computerimplementiertes Verfahren nach Anspruch 1, wobei das Befähigen des Benutzers, die Konfigurationsdaten über die Eingabevorrichtung einzugeben, ferner beinhaltet:

Integrieren zumindest eines zusätzlichen Überwachungsblocks, der eine zusätzliche Vielzahl von Zel-

len aufweist, die zusätzliche Eingabe/Ausgabe-Paare definieren,

Konfigurieren zumindest einer Ausgabe des zusätzlichen Überwachungsblocks, damit sie als Eingabe in zumindest einen von dem ersten Überwachungsblock, dem zweiten Überwachungsblock und dem Wirkungsblock dient, und

Designieren zumindest einer von der zusätzlichen Vielzahl von Zellen als zusätzlichen Auslöser, der mit dem jeweiligen zusätzlichen Eingabe/Ausgabe-Paar der jeweiligen zusätzlichen Zelle verbunden ist und einer zusätzlichen Bedingung in der Prozessanlage entspricht.

4. Computerimplementiertes Verfahren nach Anspruch 1, wobei das Befähigen des Benutzers, die Konfigurationsdaten über die Eingabevorrichtung einzugeben, ferner beinhaltet:

Integrieren zumindest eines zusätzlichen Wirkungsblocks, der eine zusätzliche Vielzahl von Zellen aufweist, die zusätzliche Eingabe/Ausgabe-Paare definieren,

Konfigurieren zumindest einer Eingabe des zusätzlichen Wirkungsblocks, damit sie einer Ausgabe von einem von dem ersten Überwachungsblock oder dem zweiten Überwachungsblock entspricht, und

Designieren zumindest einer von der zusätzlichen Vielzahl von Zellen als zusätzlichen Auslöser, der mit dem jeweiligen zusätzlichen Eingabe/Ausgabe-Paar der jeweiligen zusätzlichen Zelle verbunden ist und einer zusätzlichen Bedingung in der Prozessanlage entspricht.

5. Computerimplementiertes Verfahren nach Anspruch 1, wobei das Befähigen des Benutzers, die Konfigurationsdaten über die Eingabevorrichtung einzugeben, ferner beinhaltet:

Konfigurieren der Eingaben für jeden von dem ersten Überwachungsblock und dem zweiten Überwachungsblock.

6. Computerimplementiertes Verfahren nach Anspruch 1, wobei der Satz Eingaben im Falle von jedem von dem ersten Überwachungsblock und dem zweiten Überwachungsblock mit zumindest einem von einem Prozessleitsystem, einer Simulation eines Prozessleitsystems, einem Sicherheitssystem und einer Simulation eines Sicherheitssystems verbunden ist.

7. Computerimplementiertes Verfahren nach Anspruch 1, wobei das Befähigen des Benutzers, die Konfigurationsdaten über die Eingabevorrichtung einzugeben, ferner beinhaltet:

Konfigurieren einer Eingabemaske für zumindest einen von dem ersten Überwachungsblock und dem zweiten Überwachungsblock, wobei die Eingabemaske mit den Eingaben des zumindest einen von dem ersten Überwachungsblock und dem zweiten Überwachungsblock logisch zu verbinden ist.

8. Computerimplementiertes Verfahren nach Anspruch 1, wobei das Befähigen des Benutzers, die Konfigurationsdaten über die Eingabevorrichtung einzugeben, ferner beinhaltet:

Designieren zumindest eines der Auslöser als zeitlich verzögerten Auslöser, um zu bewirken, dass sich die verbundene Wirkung mit einer Zeitverzögerung aktiviert.

9. Computerimplementiertes Verfahren nach Anspruch 1, wobei das Befähigen des Benutzers, die Konfigurationsdaten über die Eingabevorrichtung einzugeben, ferner beinhaltet:

Designieren zumindest eines der Auslöser als zulassenden Auslöser.

10. Computerimplementiertes Verfahren nach Anspruch 1, wobei das Befähigen des Benutzers, die Konfigurationsdaten über die Eingabevorrichtung einzugeben, ferner beinhaltet:

Konfigurieren einer Logikart für zumindest einen von dem ersten Überwachungsblock und dem zweiten Überwachungsblock.

11. System zum Konfigurieren von Überwachungsblöcken und Wirkungsblöcken für ein Prozessleitsystem, das mit einer Prozessanlage verbunden ist, umfassend:

eine Benutzerschnittstelle;

einen Speicher, der dazu konfiguriert ist, einen Satz computerausführbarer Anweisungen zu speichern; und

einen Prozessor, der mit der Benutzerschnittstelle und dem Speicher verbunden und dazu konfiguriert ist, den Satz computerausführbarer Anweisungen auszuführen, um den Prozessor zu Folgendem zu veranlassen:

Bewirken, dass die Benutzerschnittstelle einen ersten Überwachungsblock, einen zweiten Überwachungsblock und einen Wirkungsblock anzeigt, wobei jeder von dem ersten Überwachungsblock, dem zweiten Überwachungsblock und dem Wirkungsblock eine Vielzahl von Zellen anzeigt, die in einer Tabelle mit einer ersten Dimension und einer zweiten Dimension angeordnet sind, wobei Positionen entlang der ersten Dimension Ausgaben anzeigen und Positionen entlang der zweiten Dimension Eingaben entsprechen, sodass die Vielzahl von Zellen Eingabe/Ausgabe-Paare auf Grundlage der Positionen der Vielzahl von Zellen relativ zur ersten und zweiten Dimension definiert;

Befähigen eines Benutzers, Konfigurationsdaten über die Benutzerschnittstelle einzugeben, beinhaltend:

Befähigen des Benutzers, eine der Ausgaben des ersten Überwachungsblocks zu konfigurieren, damit sie als eine der Eingaben des zweiten Überwachungsblocks dient,

Befähigen des Benutzers, eine zusätzliche von den Ausgaben des ersten Überwachungsblocks und ei-

ne von den Ausgaben des zweiten Überwachungsblocks zu konfigurieren, damit sie als Eingaben in den Wirkungsblock dienen, und

Befähigen des Benutzers, zumindest eine von der Vielzahl von Zellen von jedem von dem ersten Überwachungsblock, dem zweiten Überwachungsblock und dem Wirkungsblock als Auslöser zu designieren, der mit dem jeweiligen Eingabe/Ausgabe-Paar der jeweiligen Zelle verbunden ist und einer Bedingung in der Prozessanlage entspricht, und
Speichern der Konfigurationsdaten in dem Speicher.

12. System nach Anspruch 11, wobei der Prozessor ferner zu Folgendem konfiguriert ist:

Bewirken, dass die Benutzerschnittstelle (i) die Vielzahl von Zellen für jeden von dem ersten Überwachungsblock, dem zweiten Überwachungsblock und dem Wirkungsblock und (ii) den jeweiligen Auslöser in der jeweiligen Vielzahl von Zellen anzeigt.

13. System nach Anspruch 11, wobei das Befähigen des Benutzers, die Konfigurationsdaten über die Benutzerschnittstelle einzugeben, ferner beinhaltet: Befähigen des Benutzers, zumindest einen zusätzlichen Überwachungsblock, der eine zusätzliche Vielzahl von Zellen aufweist, die zusätzliche Eingabe/Ausgabe-Paare definieren, zu integrieren,

Befähigen des Benutzers, zumindest eine Ausgabe des zusätzlichen Überwachungsblocks zu konfigurieren, damit sie als Eingabe in zumindest einen von dem ersten Überwachungsblock, dem zweiten Überwachungsblock und dem Wirkungsblock dient, und Befähigen des Benutzers, zumindest eine von der zusätzlichen Vielzahl von Zellen als zusätzlichen Auslöser, der mit dem jeweiligen zusätzlichen Eingabe/Ausgabe-Paar der jeweiligen zusätzlichen Zelle verbunden ist und einer zusätzlichen Bedingung in der Prozessanlage entspricht, zu designieren.

14. System nach Anspruch 11, wobei das Befähigen des Benutzers, die Konfigurationsdaten über die Benutzerschnittstelle einzugeben, ferner beinhaltet: Befähigen des Benutzers, zumindest einen zusätzlichen Wirkungsblock, der eine zusätzliche Vielzahl von Zellen aufweist, die zusätzliche Eingabe/Ausgabe-Paare definieren, zu integrieren,

Befähigen des Benutzers, zumindest eine Eingabe des zusätzlichen Wirkungsblocks zu konfigurieren, damit sie einer Ausgabe von einem von dem ersten Überwachungsblock oder dem zweiten Überwachungsblock entspricht, und

Befähigen des Benutzers, zumindest eine von der zusätzlichen Vielzahl von Zellen als zusätzlichen Auslöser, der mit dem jeweiligen zusätzlichen Eingabe/Ausgabe-Paar der jeweiligen zusätzlichen Zelle verbunden ist und einer zusätzlichen Bedingung in der Prozessanlage entspricht, zu designieren.

15. System nach Anspruch 11, wobei das Befähigen des Benutzers, die Konfigurationsdaten über die Benutzerschnittstelle einzugeben, ferner beinhaltet: Befähigen des Benutzers, die Eingaben für jeden von dem ersten Überwachungsblock und dem zweiten Überwachungsblock zu konfigurieren.

16. System nach Anspruch 11, wobei der Satz Eingaben im Falle von jedem von dem ersten Überwachungsblock und dem zweiten Überwachungsblock mit zumindest einem von einem Prozessleitsystem, einer Simulation eines Prozessleitsystems, einem Sicherheitssystem und einer Simulation eines Sicherheitssystems verbunden ist.

17. System nach Anspruch 11, wobei das Befähigen des Benutzers, die Konfigurationsdaten über die Benutzerschnittstelle einzugeben, ferner beinhaltet: Befähigen des Benutzers, eine Eingabemaske für zumindest einen von dem ersten Überwachungsblock und dem zweiten Überwachungsblock zu konfigurieren, wobei die Eingabemaske mit den Eingaben des zumindest einen von dem ersten Überwachungsblock und dem zweiten Überwachungsblock logisch zu verbinden ist.

18. System nach Anspruch 11, wobei das Befähigen des Benutzers, die Konfigurationsdaten über die Benutzerschnittstelle einzugeben, ferner beinhaltet: Befähigen des Benutzers, zumindest einen der Auslöser als zeitlich verzögerten Auslöser zu designieren, um zu bewirken, dass sich die verbundene Wirkung mit einer Zeitverzögerung aktiviert.

19. System nach Anspruch 11, wobei das Befähigen des Benutzers, die Konfigurationsdaten über die Eingabevorrichtung einzugeben, ferner beinhaltet: Befähigen des Benutzers, zumindest einen der Auslöser als zulassenden Auslöser zu designieren.

20. System nach Anspruch 11, wobei das Befähigen des Benutzers, die Konfigurationsdaten über die Benutzerschnittstelle einzugeben, ferner beinhaltet: Befähigen des Benutzers, eine Logikart für zumindest einen von dem ersten Überwachungsblock und dem zweiten Überwachungsblock zu designieren.

Es folgen 17 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

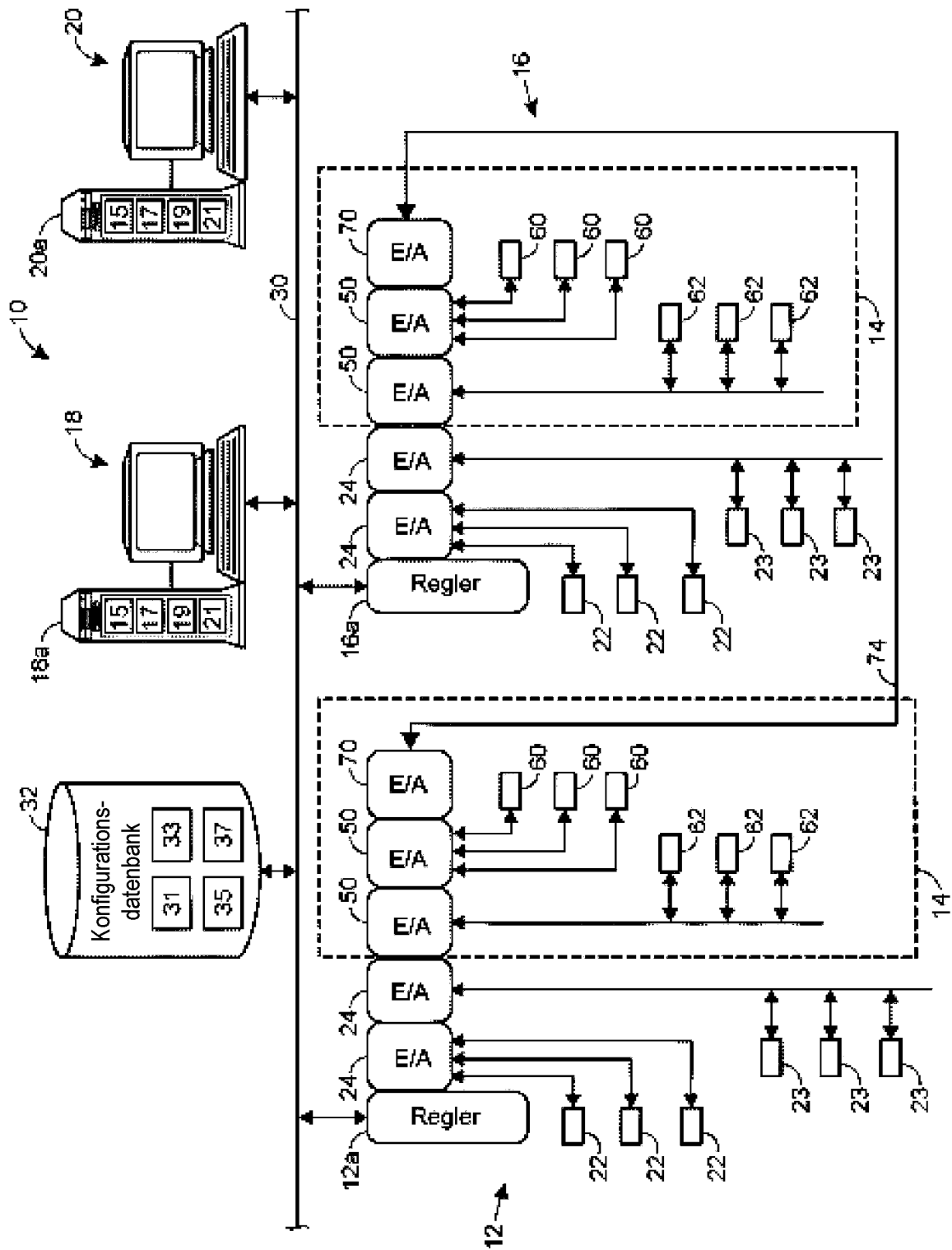


FIG. 1

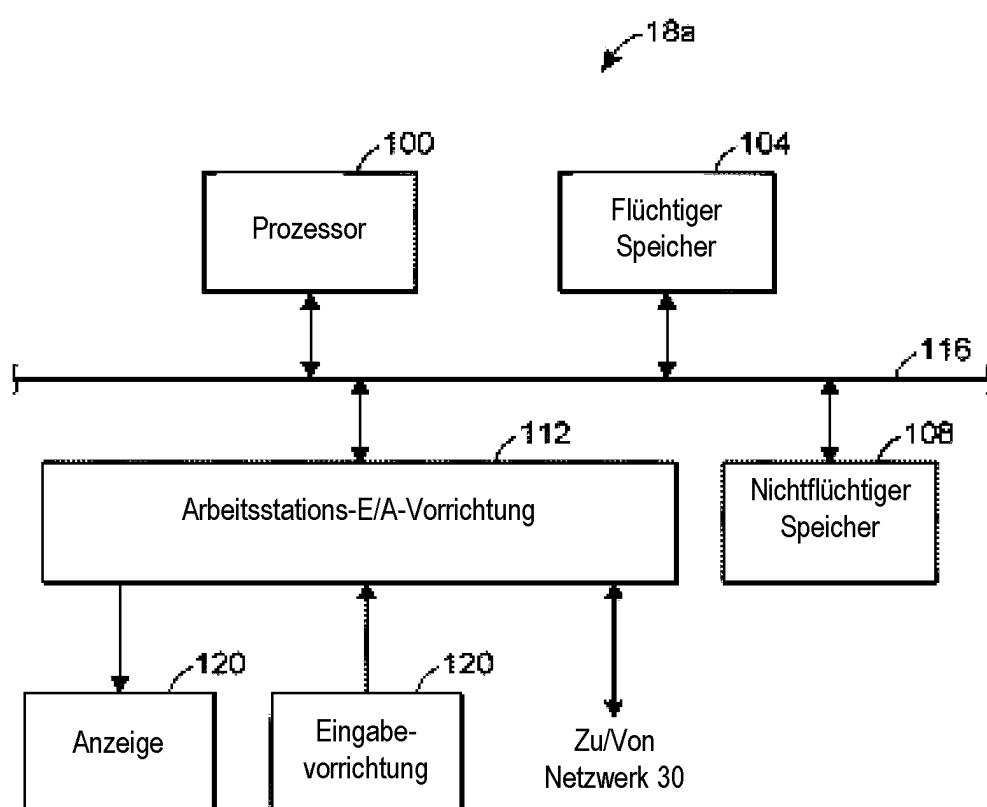


FIG. 2

	Wirkung 1	Wirkung 2	Wirkung 3	Wirkung 4	Wirkung 5	Wirkung 6	Wirkung 7
Ursache 1							
Ursache 2			x	x	x	305	
Ursache 3				x			
Ursache 4				x	x	x	310
Ursache 5				x		x	
Ursache 6			x				
Ursache 7							

FIG. 3

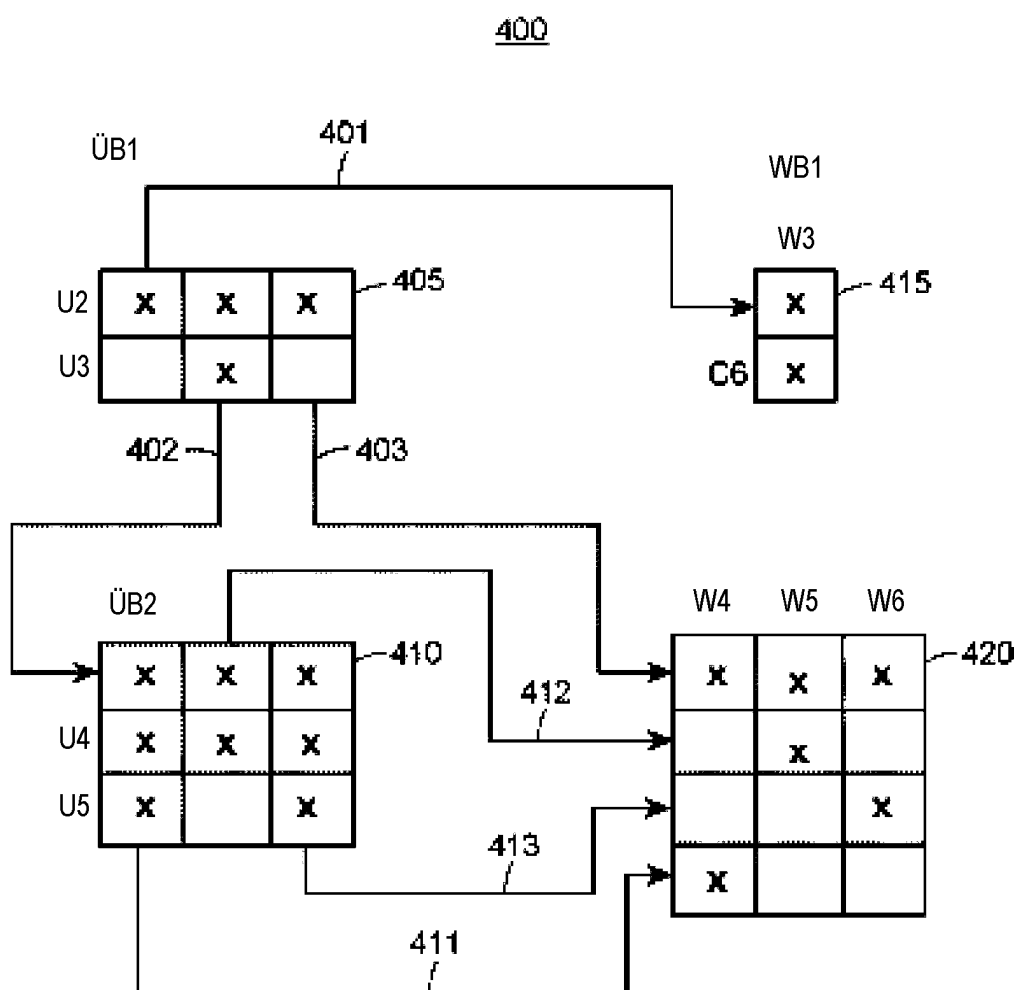
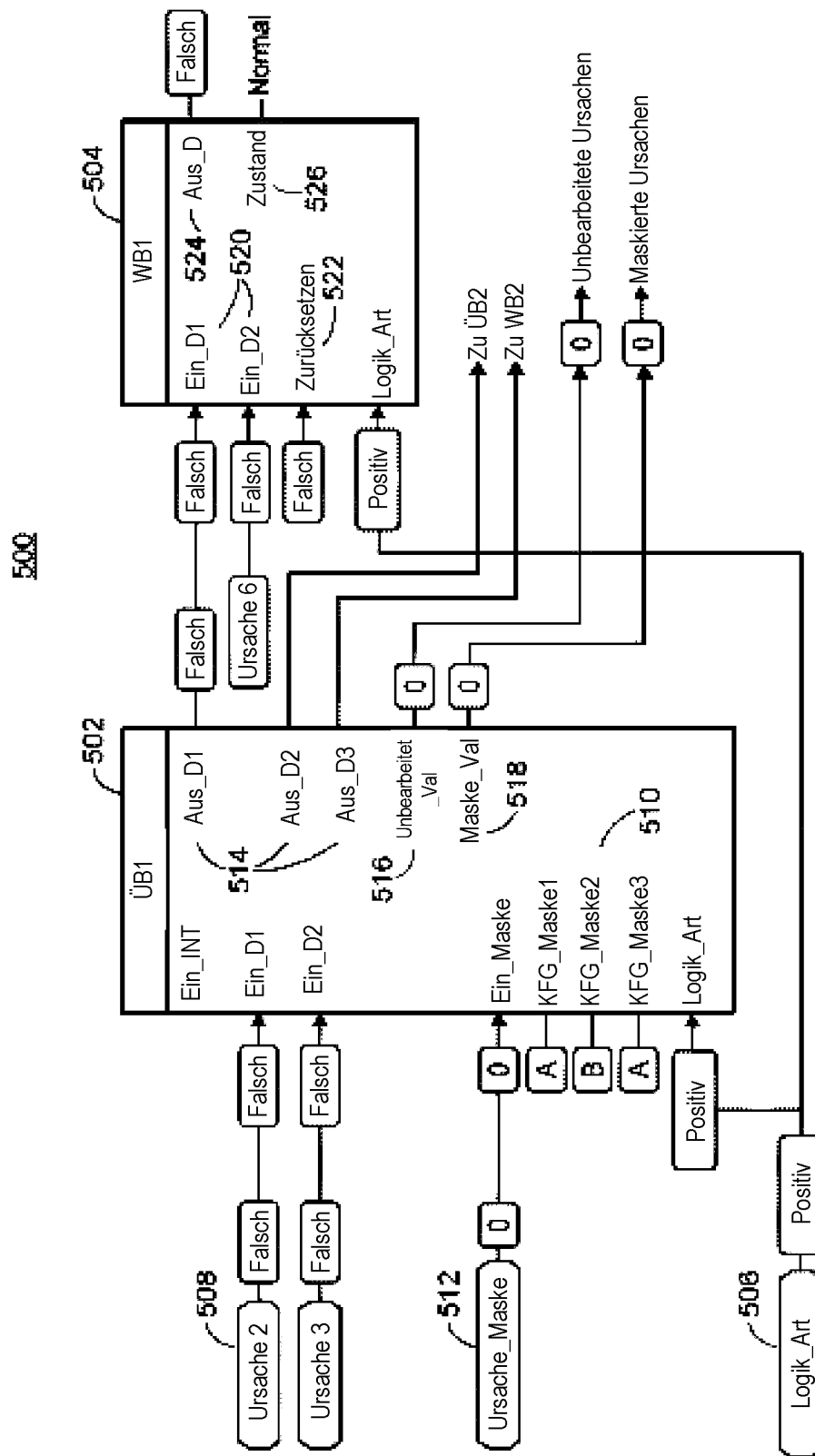
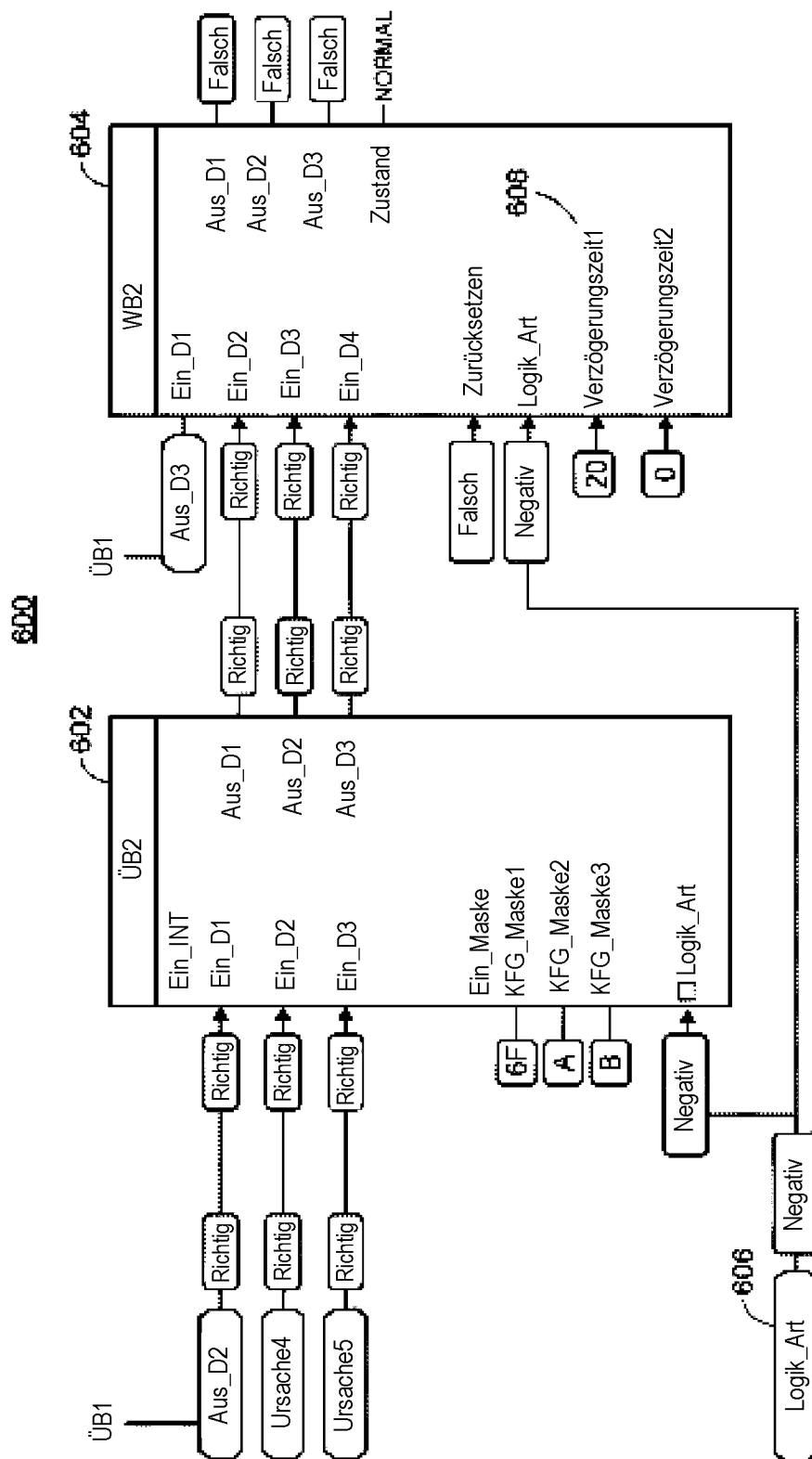


FIG. 4



56E



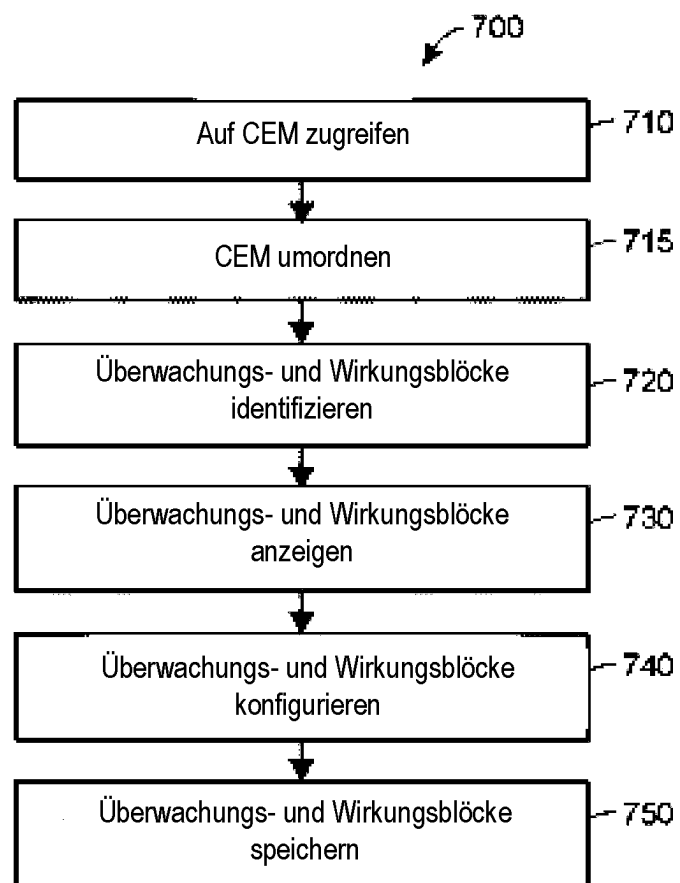


FIG. 7

 800

	Wirkung 1	Wirkung 2	Wirkung 3	Wirkung 4	Wirkung 5	Wirkung 6	Wirkung 7	Wirkung 8	Wirkung 9	Wirkung 10	Wirkung 11	Wirkung 21	Wirkung 13	Wirkung 14	Wirkung 15	Wirkung 16	Wirkung 17
Ursache 1	x	x											x	x			
Ursache 2	x	x											x	x			
Ursache 3	x	x											x	x			
Ursache 4			x	x	x								x	x			
Ursache 5			x	x	x								x	x			
Ursache 6			x	x	x												
Ursache 7			x	x	x												
Ursache 8			x	x	x	x	x	x	x								x
Ursache 9			x	x	x	x	x	x	x								x
Ursache 10			x	x	x	x	x	x	x								x
Ursache 11	x	x															
Ursache 12																x	x
Ursache 13																	
Ursache 14													x	x			
Ursache 15													x	x			
Ursache 16						x	x	x	x				x	x			

FIG. 8

900

	Wirkung 16	Wirkung 1	Wirkung 2	Wirkung 13	Wirkung 14	Wirkung 3	Wirkung 4	Wirkung 5	Wirkung 6	Wirkung 7	Wirkung 8	Wirkung 9	Wirkung 17	Wirkung 10	Wirkung 11	Wirkung 12	Wirkung 15
Ursache 14																	
Ursache 15																	
Ursache 1																	
Ursache 2																	
Ursache 3																	
Ursache 4																	
Ursache 5																	
Ursache 6																	
Ursache 7																	
Ursache 8																	
Ursache 9																	
Ursache 10																	
Ursache 16																	
Ursache 11																	
Ursache 12																	
Ursache 13																	

901 902 903

FIG. 9

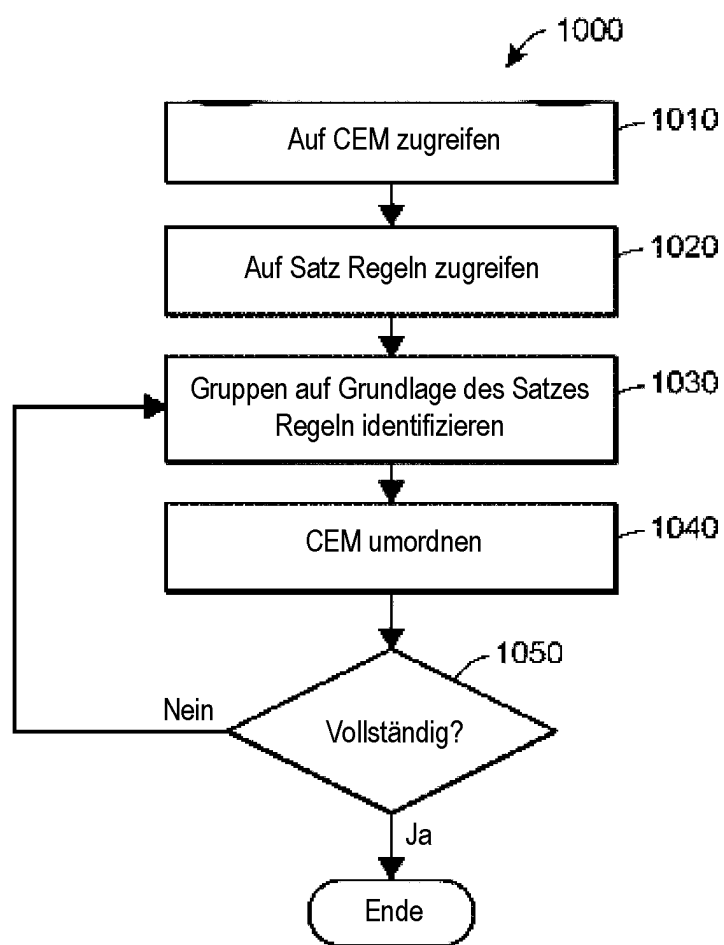


FIG. 10

1101 FE08 1102 07F0 900 1103 0072

	Wirkung 16	Wirkung 1	Wirkung 2	Wirkung 13	Wirkung 14	Wirkung 3	Wirkung 4	Wirkung 5	Wirkung 6	Wirkung 7	Wirkung 8	Wirkung 9	Wirkung 17	Wirkung 10	Wirkung 11	Wirkung 12	Wirkung 15
Ursache 14				X	X												
Ursache 15				X	X												
Ursache 1		X	X	X	X												
Ursache 2		X	X	X	X												
Ursache 3		X	X	X	X												
Ursache 4				X	X	X	X	X									
Ursache 5				X	X	X	X	X									
Ursache 6						X	X	X									
Ursache 7						X	X	X									
Ursache 8						X	X	X	X	X	X	X	X				
Ursache 9						X	X	X	X	X	X	X	X				
Ursache 10						X	X		X	X	X	X	X				
Ursache 16				X	X				X	X	X	X					
Ursache 11		X	X														
Ursache 12	X												X				
Ursache 13																	

FIG. 11

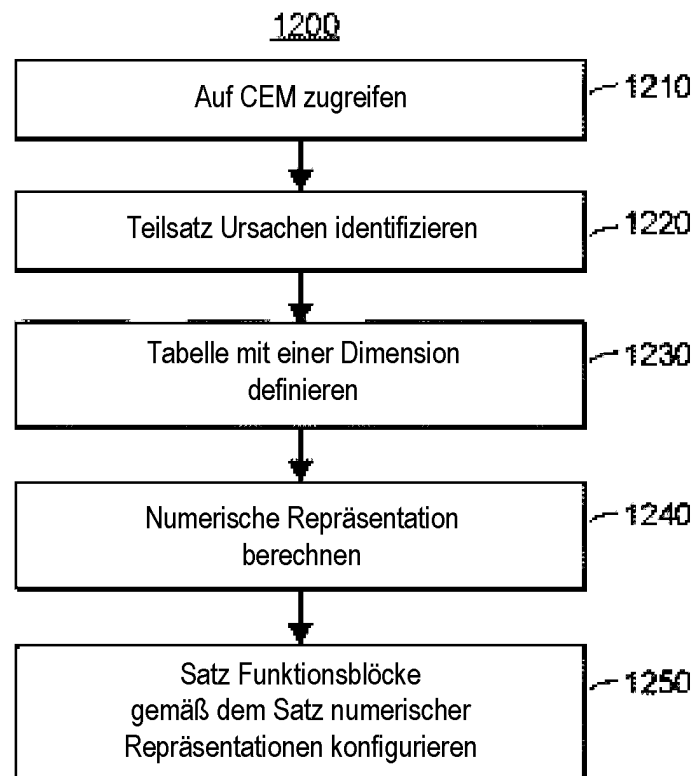


FIG. 12

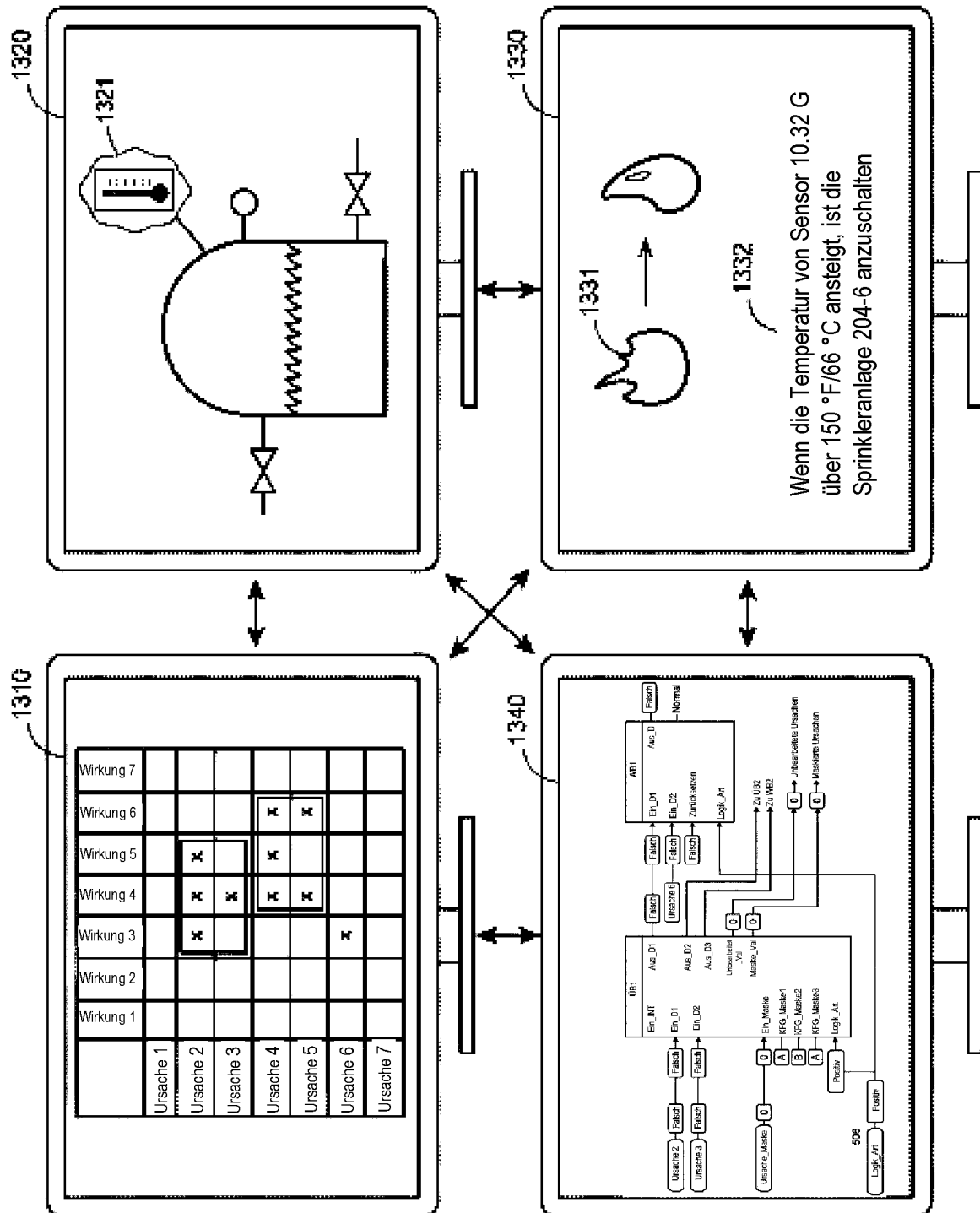


FIG. 13

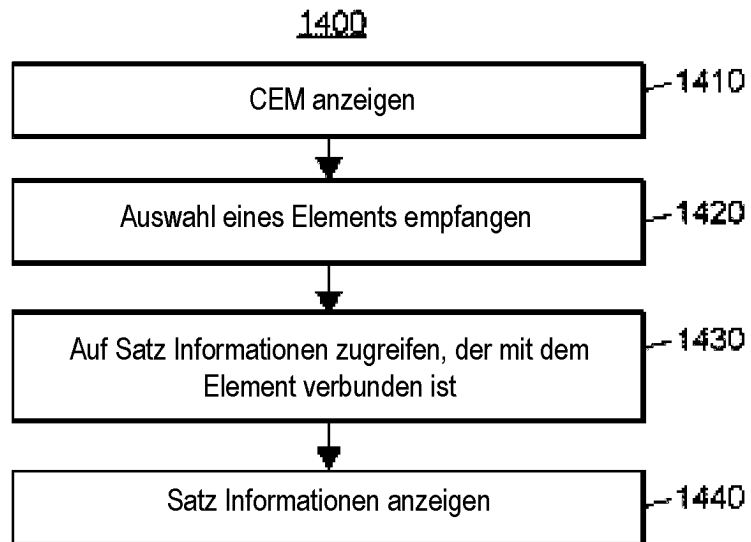


FIG. 14

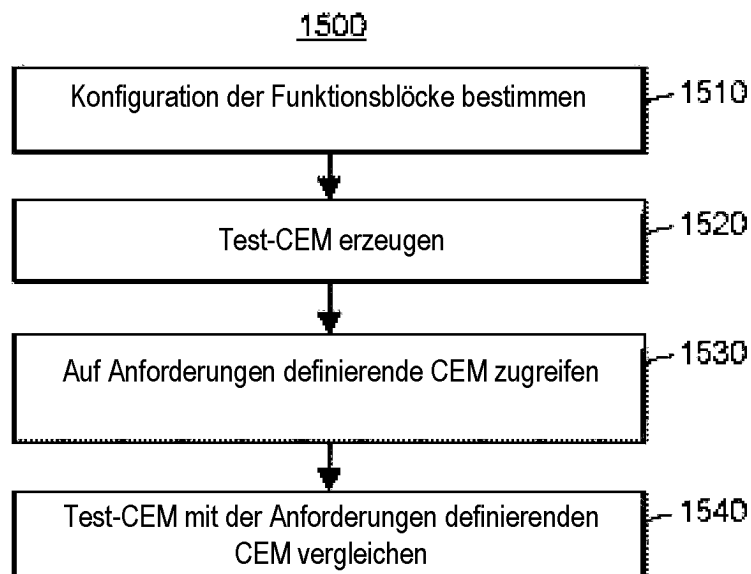


FIG. 15

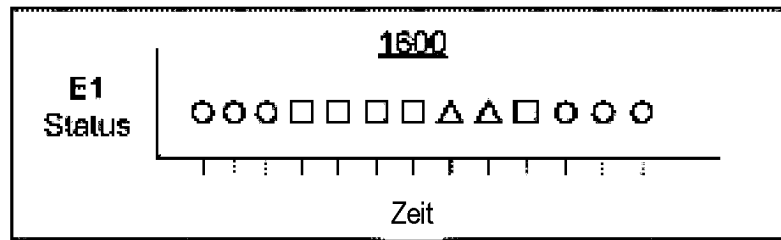


FIG. 16A

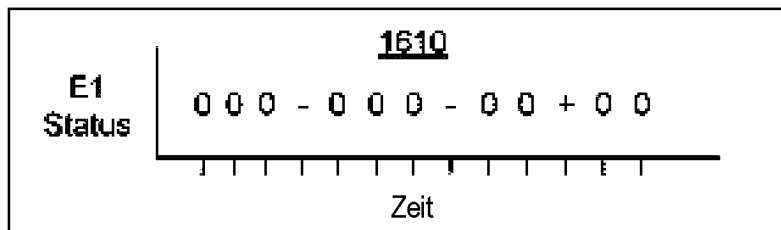


FIG. 16B

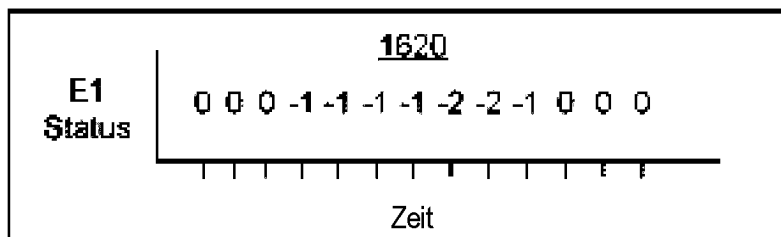


FIG. 16C

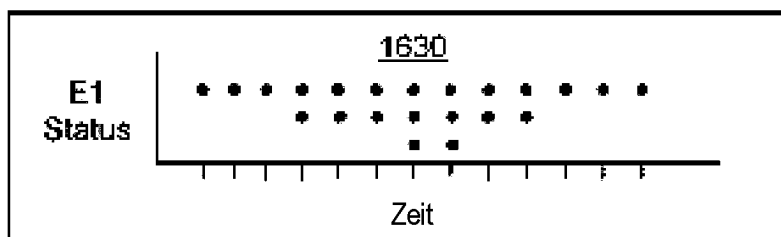


FIG. 16D

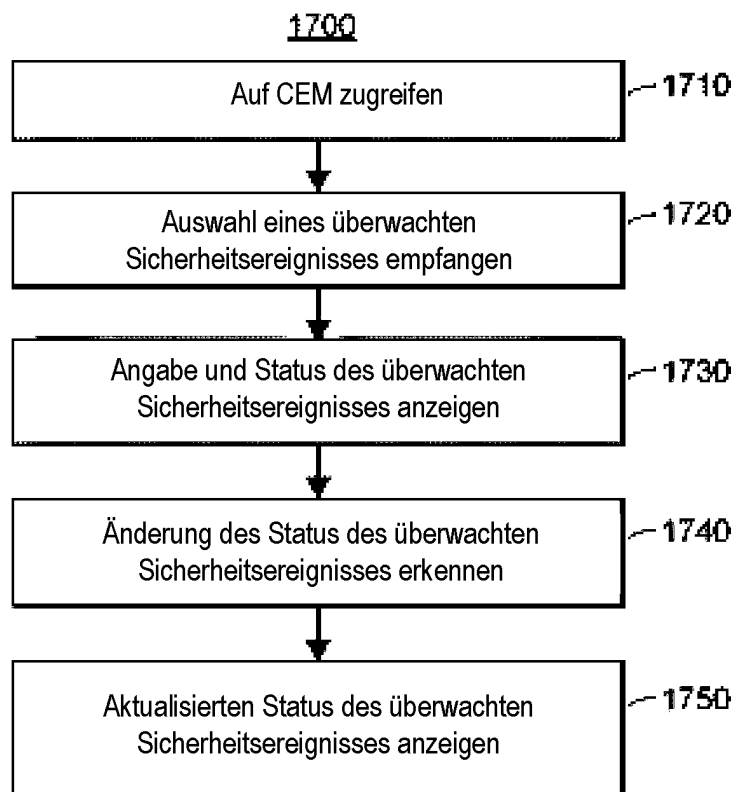


FIG. 17

			TAG- ZAHL																
IL	TAG- ZAHL		TAG- ZAHL		Produktion		Produktion		XZY-110601	XZY-110602	XZY-110603					XZY-110604			
					1	41	42	43	44	45	46	47	48	49					
1801	XS-110549	24																	
	XS-110647	25						1	1						1				
	XS-110648	26						2	2						2				
	XS-110649	27						2	2						2				
		28																	
		29																	
		30																	
		31																	
1802	XZS-110450	32																	
	XZS-110451	33																	
	XZS-110452	34																	
	XS-110460	35																	
	XS-110461	36																	
	XS-110462	37																	
	XS-110463	38																	
	XZS-100451	39																	
	XZS-100452	40						T2	T1	X					X				
		41																	
		42																	
		43																	
		44																	
		45							R	R					R				
		46																	
		47																	

FIG. 18