(19) Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 11 2015 004 578 T5** 2017.08.24

(12) # Veröffentlichung

der internationalen Anmeldung mit der
(87) Veröffentlichungs-Nr.: **WO 2016/057365**
in deutscher Übersetzung (Art. III § 8 Abs. 2 IntPatÜG)
(21) Deutsches Aktenzeichen: **11 2015 004 578.3**
(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/US2015/053931**
(86) PCT-Anmeldetag: **05.10.2015**
(87) PCT-Veröffentlichungstag: **14.04.2016**
(43) Veröffentlichungstag der PCT Anmeldung
in deutscher Übersetzung: **24.08.2017**

(51) Int Cl.: ***G05B 19/042*** (2006.01)
G05B 19/418 (2006.01)

(30) Unionspriorität:

62/060,408	**06.10.2014**	**US**
14/873,721	**02.10.2015**	**US**

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

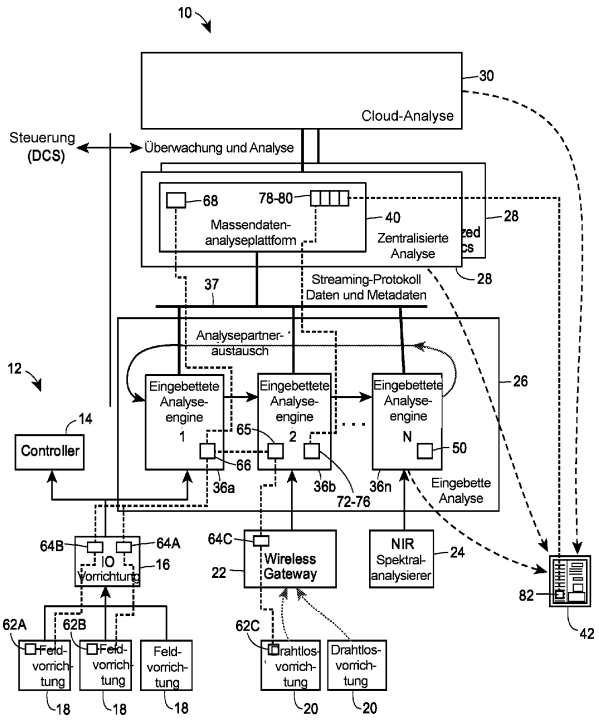
(74) Vertreter:
Meissner Bolte Patentanwälte Rechtsanwälte Partnerschaft mbB, 80538 München, DE

(72) Erfinder:
Zornio, Peter, Austin, Tex., US; Wojsznis, Wilhelm K., Austin, Tex., US; Lucas, Michael J., Lutterworth, Leicester, GB; Muston, Paul R., Narborough, Leicestershire, GB; Rotvold, Eric D., West St. Paul, Minn., US; Law, Gary K., Georgetown, Tex., US; Nixon, Mark J., Round Rock, Tex., US; Blevins, Terrence L., Round Rock, Tex., US

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen.

(54) Bezeichnung: **Datenpipeline für Prozesssteuerungssystemanalyse**

(57) Zusammenfassung: Eine Daten-Pipeline wird als fundamentales Verarbeitungselement zur Implementierung von Techniken verwenden, die automatisch oder autonom ein auf Signalverarbeitung basierendes Lernen in einer Prozessanlage oder einem Überwachungssystem durchführen. Jede Daten-Pipeline beinhaltet einen Satz von kommunikationstechnisch verbundenen Datenverarbeitungsblöcken, die eine Verarbeitung an einer oder mehreren Datenquellen in einer vorgegebenen Reihenfolge durchführen, um die Daten beispielsweise zu bereinigen, die Daten zu filtern, Daten für eine weitere Verarbeitung auszuwählen, ein überwachtes oder unüberwachtes Lernen an den Daten durchzuführen usw. Die einzelnen Verarbeitungsblöcke oder -module innerhalb einer Daten-Pipeline können in unterschiedlichen Vorrichtungen in einem Anlagennetzwerk gespeichert und ausgeführt werden, um eine verteilte Datenverarbeitung durchzuführen. Darüber hinaus kann jede Daten-Pipeline in ein oder mehrere analytische Module höherer Ordnung integriert werden, die eine Analytik höherer Ordnung der Prozessdaten, beispielsweise eine Qualitätsvoraussage, eine Fehlererkennung usw. durchführen. Die Verwendung von Daten-Pipelines innerhalb eines Anlagennetzwerks ermöglicht die automatische Verarbeitung einer Datenerfassung innerhalb eines Anlagensteuerungs- und -kommunikationssystems und deren Verwendung in Analysemodulen höherer Ordnung innerhalb der Anlage während eines laufenden Betriebs der Anlage.



Beschreibung

VERWEIS AUF VERWANDTE ANMELDUNGEN

[0001] Dies ist eine ordnungsgemäß eingereichte Anmeldung, welche die Priorität und die Rechte aus dem Einreichungsdatum der am 6. Oktober 2014 eingereichten vorläufigen US-Patentanmeldung mit der Anmeldenummer 62/060,408 und dem Titel „Data Pipeline for Process Control System Analytics" beansprucht, deren gesamter Inhalt durch Bezugnahme ausdrücklich hierin aufgenommen ist.

[0002] Die vorliegende Anmeldung ist außerdem verwandt mit der US-Patentanmeldung Nr. 13/784,041 mit dem Titel „BIG DATA IN PROCESS CONTROL SYSTEMS", eingereicht am 3. März 2013; der US-Patentanmeldung Nr. 14/028,785 mit dem Titel „METHOD AND APPARATUS FOR CONTROLLING A PROCESS PLANT WITH LOCATION AWARE MOBILE CONTROL DEVICES", eingereicht am 17. September 2013; der US-Patentanmeldung Nr. 14/174,413 mit dem Titel „COLLECTING AND DELIVERING DATA TO A BIG DATA MACHINE IN A PROCESS CONTROL SYSTEM", eingereicht am 6. Februar 2014; der US-Patentanmeldung Nr. 14/212,493 mit dem Titel „DISTRIBUTED BIG DATA IN A PROCESS CONTROL SYSTEM", eingereicht am 14. März 2014; der US-Patentanmeldung Nr. 14/212,411 mit dem Titel „DETERMINING ASSOCIATIONS AND ALIGNMENTS OF PROCESS ELEMENTS AND MEASUREMENTS IN A PROCESS", eingereicht am 14. März 2014; und der US-Patentanmeldung Nr. 14/216,823 mit dem Titel „DATA MODELING STUIDO", eingereicht am 17. März 2014, welche die Priorität und die Rechte aus dem Einreichungsdatum der vorläufigen US-Patentanmeldung mit der Anmeldenummer 61/798,820 und dem Titel „DATA MODELING STUDIO" beansprucht, die am 15. März 2013 eingereicht wurde, deren gesamte Offenbarungen durch Bezugnahme ausdrücklich hierin aufgenommen sind.

[0003] Außerdem ist die vorliegende Anmeldung verwandt mit der US-Patentanmeldung Nr. 14/507,188 mit dem Titel „REGIONAL BIG DATA IN PROCESS CONTROL SYSTEMS", die gleichzeitig mit der vorliegenden Anmeldung eingereicht wird; der US-Patentanmeldung Nr. 14/507,252 mit dem Titel „AUTOMATIC SIGNAL PROCESSING-BASED LEARNING IN A PROCESS PLANT", die gleichzeitig mit der vorliegenden Anmeldung eingereicht wird; und der US-Patentanmeldung Nr. 14/506,863 mit dem Titel „STREAMING DATA FOR ANALYTICS IN PROCESS CONTROL SYSTEMS", die gleichzeitig mit der vorliegenden Anmeldung eingereicht wird, deren gesamte Offenbarungen durch Bezugnahme ausdrücklich hierin aufgenommen sind.

TECHNISCHER HINTERGRUND

[0004] Dieses Patent betrifft allgemein die Steuerung und Überwachung von Systemen wie solchen, die in Prozessanlagen verwendet werden, und genauer das Installieren und Verwenden einer Daten-Pipeline, um Daten in Überwachungs- und Steuersystemen auf verteilte Weise zu verarbeiten.

STAND DER TECHNIK

[0005] Verteilte Prozesssteuerungssysteme wie sie in chemischen, Erdöl-, industriellen oder anderen Prozessanlagen zur Herstellung, Aufbereitung, Umwandlung, Erzeugung oder Produktion physischer Materialien oder Produkte verwendet werden, beinhalten in der Regel einen oder mehrere Prozess-Controller, die über analoge, digitale oder kombinierte analog-digitale Busse oder über eine Drahtlos-Kommunikationsverbindung oder ein drahtloses Netzwerk kommunikationstechnisch mit einer oder mehreren Feldvorrichtungen verbunden sind. Die Feldvorrichtungen, bei denen es sich beispielsweise um Ventile, Ventilsteller, Weichen bzw. Schalter und Sender (z.B. Temperatur-, Druck-, Füllstand- und Durchflusssensoren) halten kann, sind innerhalb der Prozessumgebung angeordnet und führen im Allgemeinen physikalische oder Prozesssteuerfunktionen aus, wie beispielsweise das Öffnen oder Schließen von Ventilen, das Messen von Prozess- und/oder Umgebungsparametern wie Temperatur oder Druck usw., um einen oder mehrere Prozesse zu steuern, die innerhalb der Prozessanlage oder des Systems ausgeführt werden. Intelligente Feldvorrichtungen, beispielsweise die Feldvorrichtungen, die sich nach dem bekannten Fieldbus-Protokoll richten, können auch Steuerungsberechnungen, Alarmfunktionen und andere Steuerfunktionen durchführen, die üblicherweise innerhalb des Controllers implementiert werden. Die Prozess-Controller, die typischerweise auch innerhalb der Anlagenumgebung angeordnet sind, empfangen Signale, die von den Feldvorrichtungen durchgeführte Prozessmessungen und/oder andere Informationen empfangen, welche die Feldvorrichtungen betreffen, und führen eine Steuerungsanwendung aus, die beispielsweise verschiedene Steuermodule laufen lässt, die Prozesssteuerungsentscheidungen treffen, Steuersignale auf Basis der empfangenen Informationen generieren und sich mit den Steuermodulen oder -blöcken koordinieren, die in den Feldvorrichtungen ausgeführt werden, wie HART®-, WirelessHART®- und FOUNDATION® Fieldbus-Feldvorrichtungen. Die Steuermodule im Controller schicken die Steuersignale über die Kommunikationsleitungen oder -verbindungen an die Feldvorrichtungen, um dadurch den Betrieb von zumindest einem Teil der Prozessanlage oder des Systems zu steuern. Zum Beispiel steuern die Controller und Feldvorrichtungen zumindest einen Teil ei-

nes Prozesses, der von der Prozessanlage oder dem System gesteuert wird.

[0006] Informationen von den Feldvorrichtungen und dem Controller werden üblicherweise über eine Datenautobahn oder ein Kommunikationsnetz an einer oder mehreren anderen Hardware-Vorrichtungen zur Verfügung gestellt, beispielsweise an Bedienerarbeitsplätzen, Personal Computern oder Rechenvorrichtungen, Datenarchivaren bzw. Data Historians, Reportgeneratoren, zentralisierten Datenbanken oder anderen zentralisierten administrativen Rechenvorrichtungen, die in der Regel in Kontrollräumen oder anderen Orten abseits der raueren Anlagenumgebung aufgestellt sind. Jede dieser Hardware-Vorrichtungen ist typischerweise über der Prozessanlage oder über einem Teil der Prozessanlage zentralisiert. Diese Hardware-Vorrichtungen bewirken, dass Anwendungen laufen bzw. ausgeführt werden, die einer Bedienperson beispielsweise ermöglichen, Funktionen in Bezug auf die Steuerung eines Prozesses und/oder den Betrieb der Prozessanlage zu erfüllen, beispielsweise das Ändern von Einstellungen der Prozesssteuerungsroutine, das Modifizieren des Betriebs der Steuermodule innerhalb der Controller oder Feldvorrichtungen, das Betrachten des aktuellen Zustands des Prozesses, das Betrachten von Alarmen, die von Feldvorrichtungen und Controllern generiert werden, das Simulieren der Operation des Prozesses für die Zwecke der Schulung von Personal oder der Prüfung der Prozesssteuerungs-Software, das Führen und Aktualisieren eine Konfigurationsdatenbank usw. Die von den Hardware-Vorrichtungen, den Controllern und den Feldvorrichtungen genutzte Datenautobahn kann drahtgebundene Kommunikationswege, drahtlose Kommunikationswege oder eine Kombination aus drahtgebundenen und drahtlosen Kommunikationswegen beinhalten.

[0007] Beispielsweise beinhaltet das DeltaV™-Steuersystem, das von Emerson Process Management verkauft wird, mehrere Anwendungen, die in bzw. von unterschiedlichen Vorrichtungen, die sich an verschiedenen Stellen innerhalb einer Prozessanlage befinden, gespeichert und ausgeführt werden. Eine Konfigurationsanwendung, die in einer oder mehreren Workstations oder Rechenvorrichtungen liegt, ermöglicht den Anwendern die Erzeugung oder Änderung von Prozesssteuermodulen und das Herunterladen dieser Prozesssteuermodule an zweckgebundenen verteilten Controllern über eine Datenautobahn. In der Regel bestehen diese Steuermodule aus kommunikationstechnisch untereinander verbundenen Funktionsblöcken, die Objekte in einem objektorientierten Programmierprotokoll sind, das innerhalb des Steuerungsplans Funktionen auf Basis von erhaltenen Eingaben durchführt und an anderen Funktionsblöcken innerhalb des Steuerungsplans Ausgaben bereitstellt. Die Konfigurationsanwendung kann einem Entwickler das Erzeugen und Ändern von Bedienoberflächen ermöglichen, die von einer Viewer- bzw. Betrachtungsanwendung verwendet werden, um einer Bedienperson Daten anzuzeigen und um die Bedienperson in die Lage zu versetzen, Einstellungen, beispielsweise Sollwerte, innerhalb der Prozesssteuerroutine zu ändern. Von jedem zweckgebundenen Controller und, in manchen Fällen, von einer oder mehreren Feldvorrichtungen, wird eine jeweilige Steueranwendung gespeichert und ausgeführt, welche die ihr zugewiesenen und in sie heruntergeladenen Steuermodule laufen lässt, um eine tatsächliche Prozesssteuerungsfunktion zu implementieren. Die Betrachtungsanwendungen, die an einer oder mehreren Bedienerarbeitsplätzen bzw. -Workstations (oder an einer oder mehreren an einem anderen Ort befindlichen Rechenvorrichtungen, die mit den Bedienerarbeitsplätzen und der Datenautobahn in Kommunikationsverbindung stehen) ausgeführt werden können, empfangen über die Datenautobahn Daten von der Controller-Anwendung und präsentieren diese Daten Entwicklern, Bedienpersonen oder Anwendern des Prozesssteuerungssystems, die diese Bedienoberflächen verwenden, und können beliebige von einer Anzahl unterschiedlicher Ansichten bereitstellen, beispielsweise eine Bedieneransicht, eine Ingenieursansicht, eine Technikeransicht usw. Eine Data-Historian- bzw. Datenarchivierungsanwendung ist typischerweise gespeichert in und wird ausgeführt von einer Data-Historian- bzw. Datenarchivierungsvorrichtung, die manche oder alle von den Daten, die über die Datenautobahn bereitgestellt werden, erfasst oder speichert, während eine Konfigurationsdatenbankanwendung in einem noch anderen Computer, der an der Datenautobahn hängt, laufen kann, um die aktuelle Konfiguration der Prozesssteuerroutine und die damit assoziierten Daten zu speichern. Alternativ dazu kann die Konfigurationsdatenbank in der gleichen Workstation liegen wie die Konfigurationsanwendung.

[0008] Wenn in einer Prozessanlage oder einem Prozesssteuerungssystem oder einem anderem Überwachungssystem ein Hinweis auf eine anomale Bedingung oder einen Fehler auftaucht (z.B. wenn ein Alarm erzeugt wird oder wenn festgestellt wird, dass ein Prozessmesswert oder ein Stellantrieb eine zu große Schwankung aufweist), verwenden Bedienpersonen, Gerätemechaniker oder Prozessingenieure in der Regel ein Analysewerkzeug in Kombination mit ihrem Wissen über den von dem System gesteuerten Prozess und seinen Fluss durch das System, um zu versuchen, Upstream-Messwerte und -Prozessvariablen zu bestimmen, die zu der Entstehung des Hinweises auf die anomale Bedingung oder den Fehler beitragen haben können. Zum Beispiel kann eine Bedienperson ein historisches Datenprotokoll, das im Lauf der Zeit aus der Ausgabe einer Prozesssteuerungsvorrichtung (z.B. einer Feldvorrichtung, eines Controllers usw.) aufgenommen worden ist, in

das DeltaV™-Chargenanalyseprodukt oder kontinuierliche Datenanalysewerkzeug eingeben, um zu versuchen, die Beiträge verschiedener Prozessvariablen und/oder Messwerte zu einer anomalen oder fehlerhaften Bedingung zu bestimmen. In der Regel entscheidet ein Anwender, welche historischen Datenprotokolle in das Analysewerkzeug eingegeben werden sollen, und benennt in Frage kommende, im Ablauf vorgeschaltete bzw. Upstream-Faktoren (z.B. Messwerte, Prozessvariablen usw.) auf Basis seines Wissens über den Prozess. Anschließend wendet dieses Datenanalysewerkzeug beispielsweise eine Hauptkomponentenanalyse (principal component analysis, PCA) an, um zu bestimmen, welche von den in Frage kommenden Upstream-Faktoren sich auf vorausgesagte Downstream-Qualitätsparameter auswirken. Somit basiert die Genauigkeit und Effektivität der Ausgabe, die vom Analysewerkzeug bereitgestellt wird, auf dem Wissen des Anwenders bzw. ist auf dieses beschränkt, und liefert somit möglicherweise keine vollständige oder korrekte Erkenntnis über die Ursachen der anomalen Bedingung oder des Fehlers.

[0009] Außerdem wird die Architektur heute bekannter Prozesssteuerungsanlagen und Prozesssteuerungssysteme stark von Arbeitsspeichern von Controllern und Vorrichtungen, von einer Kommunikationsbandbreite und von einer Prozessorleistung von Steuereinrichtungen und Vorrichtungen beeinflusst, die allesamt beschränkt sind. Zum Beispiel ist in heute bekannten Prozesssteuerungssystemarchitekturen die Verwendung eines dynamischen und statischen nichtflüchtigen Arbeitsspeichers in der Steuereinrichtung üblicherweise minimiert oder zumindest sorgfältig reguliert. Infolgedessen muss ein Anwender während einer Systemkonfiguration (z.B. vorab) in der Regel wählen, welche Daten in der Steuereinrichtung archiviert oder gespeichert werden sollen, wie oft sie gespeichert werden sollen und ob eine Kompression angewendet werden soll oder nicht, und der Controller wird demgemäß mit diesem begrenzten Satz von Datenregeln konfiguriert. Infolgedessen werden Daten, die für die Fehlersuche und Prozessanalyse nützlich wären, häufig nicht archiviert, und wenn sie erfasst worden sind, können die nützlichen Informationen aufgrund der Datenkompression verloren gegangen sein.

[0010] Die oben erörterten Beschränkungen heute bekannter Prozessanlagen und Prozesssteuerungssysteme und andere Beschränkungen können sich im Betrieb und bei der Optimierung von Prozessanlagen oder Prozesssteuerungssystemen nachteilig auswirken, beispielsweise während des Betriebs von Anlagen, bei der Fehlersuche und/oder prädiktiven Modellierung. Zum Beispiel erzwingen solche Beschränkungen umständliche und langwierige Arbeitsabläufe, die befolgt werden müssen, um historische Daten für die Fehlersuche zu erhalten, die Daten manuell in unabhängige Offline-Signalverarbeitungswerkzeuge einzugeben und die Analyse der Ausgabe der Signalverarbeitungswerkzeuge manuell zu beaufsichtigen, um aktualisierte Modelle zu erzeugen. Selbst dann können die Ergebnisse der Fehlersuche und die Modelle unvollständig sein oder das wirkliche System nicht vollständig darstellen, da die Eingaben für ihre Erzeugung auf der Erfahrung und dem Wissen der jeweiligen Bedienperson basieren.

[0011] „Big Data“ betrifft im Allgemeinen das Erfassen eines oder mehrerer Datensätze, die so groß oder komplex sind, dass herkömmliche Datenbankverwaltungswerkzeuge und/oder Datenverarbeitungsanwendungen (z.B. relationale Datenbanken und Desktop-Statistikpakete) nicht in der Lage sind, die Datensätze innerhalb einer zumutbaren Zeitspanne zu verwalten. In der Regel sind Anwendungen, die Big Data bzw. Massendaten verwenden, transaktional und auf einen Endanwender gerichtet oder abgestellt. Zum Beispiel können Web-Suchmaschinen, Social-Media-Anwendungen, Marketing-Anwendungen und Retail-Anwendungen Massendaten verwenden und manipulieren. Massendaten können von einer verteilten Datenbank unterstützt werden, welche die volle Ausnutzung der Parallelverarbeitungsfähigkeit moderner mehrkerniger Multiprozessserver gestattet.

KURZFASSUNG

[0012] Ein System und ein Verfahren zur Bereitstellung einer auf verteilter Signalverarbeitung basierenden Datenverarbeitung und -analyse, beispielsweise zur Bestimmung potenzieller Fehlerursachen, anomaler Betriebsereignisse und/oder Variationen im Verhalten von Signalen, die durch die Steuerung eines Prozesses in einer Prozessanlage erzeugt werden, beinhalten das Ausbilden und Installieren einer oder mehrerer Daten-Pipelines innerhalb verschiedener miteinander verbundener Vorrichtungen der Prozessanlage oder des Prozesssteuerungssystems, wobei die Daten-Pipelines Daten auf vorgegebene Art und Weis automatisch erfassen und verarbeiten, um eine Teil- oder eine vollständige Datenanalyse durchzuführen. Die Daten-Pipelines können verwendet werden, um ein Lernen auf Basis von Signalverarbeitung zu implementieren, das beispielsweise eine Art von Lernen auf Basis von Massendaten sein kann. Allgemein gesprochen können die Systeme und Verfahren, welche die Daten-Pipelines verwenden, eine Datenverarbeitung in Echtzeit oder an Daten, die in Echtzeit von einer Prozessanlage erfasst werden, oder an Daten, die in einer Datenbank, beispielsweise einer Massendatenmaschine, gespeichert sind, automatisch durchführen. In manchen Fällen wird ein Teil der Signalverarbeitung, die unter Verwendung der Daten-Pipeline-Architektur durchgeführt wird, in die Prozessanlage integriert und wird in der Nähe der Quelle des einen oder der mehreren

Signale in Echtzeit durchgeführt, während die Daten von der Signalquelle bzw. den Signalquellen erzeugt werden. Die Daten, an denen die Signalverarbeitung von der Daten-Pipeline-Architektur durchgeführt wird, können beispielsweise einen Wert eines Ausgangssignals einer Prozesssteuerungsvorrichtung im Zeitverlauf, eine Prozessvariable, einen Messwert eines physischen Parameters wie Temperatur, Druck, Strömungsrate usw., eine Energiebilanz, eine Massenbilanz, einen Leistungsparameter, eine Ausgabe einer Analysefunktion und/oder irgendeinen anderen Wert, der auf Basis des in der Prozessanlage gesteuerten Prozesses erzeugt wird, angeben. Darüber hinaus kann die Daten-Pipeline-Architektur andere Arten von Daten außer Prozesssteuerdaten verarbeiten, beispielsweise Überwachungsdaten (die von einem Überwachungssystem produziert werden, das keine Steuerung durchführt), Vorrichtungsdaten, die Vorrichtungsbetriebsparameter angeben, Instandhaltungsdaten, die von Instandhaltungspersonal verwendet werden, um Vorrichtungen innerhalb eines Netzwerks zu warten, zu reparieren und zu ersetzen, Kommunikationsdaten usw.

[0013] Darüber hinaus kann die Daten-Pipeline-Architektur in einem System verwendet werden, das Lernen auf Basis von Massendaten durchführt, beispielsweise in einem Prozessanlagennetzwerk, und die Datenverarbeitungs-Pipeline kann mehrere Datenverarbeitungsmodule beinhalten, die kommunikationstechnisch miteinander verbunden sind, um vorkonfigurierte Verarbeitungsoperationen an Daten in einer bestimmten Reihenfolge durchzuführen, um verarbeitete Daten zu produzieren. Die Datenverarbeitungs-Pipeline kann Datenverarbeitungsoperationen durchführen, die beispielsweise Datenerfassung, Datenauswahl und -bereinigung, Datenausrichtung, Sensitivitätsanalyse, Kausalitätsanalyse, überwachtes Lernen und/oder unüberwachtes Lernen beinhalten. Diese separaten Module oder Blöcke können in denselben oder in unterschiedlichen Vorrichtungen innerhalb des Anlagennetzwerks liegen und können kommunikationstechnisch über ein oder mehrere verschiedene Kommunikationsnetze innerhalb des Anlagennetzwerks verbunden sein.

[0014] Die Daten-Pipeline(s) kann bzw. können in einem Datenmodellierungsstudio oder Konfigurationssystem erzeugt werden, in dem ein Anwender verschiedene Datenverarbeitungsmodule auswählt, die auf bestimmte Prozessdaten angewendet werden sollen, und die Module miteinander verbindet, um eine Daten-Pipeline mit mehreren Verarbeitungsmodulen zu bilden, die in einer bestimmten Reihenfolge miteinander verbunden sind. Der Anwender kann die Daten-Pipeline an gespeicherten historischen Daten testen, beispielsweise an Daten, die in einer Massenspeicher-Appliance gespeichert sind, und kann nach Abschluss der Tests die Daten-Pipeline in verschiedene Prozessoren, Knoten oder Vorrichtungen eines Anlagennetzwerks herunterladen, um die Datenverarbeitung in Echtzeit oder an Echtzeitdaten zu implementieren, während diese Daten von den Anlagenvorrichtungen erfasst oder erzeugt werden. Darüber hinaus kann das Datenmodellierungsstudio/Konfigurationssystem den Anwender in die Lage versetzen, den Knoten, die Vorrichtung oder einen anderen Ort, wo die einzelnen Elemente der Datenverarbeitungs-Pipeline liegen, anzugeben, wenn diese in das Anlagennetzwerk heruntergeladen werden.

[0015] In einer Ausführungsform verläuft oder erstreckt sich eine Daten-Pipeline durch verschiedene (z.B. zwei oder mehr) Kommunikationsnetze innerhalb oder in Verbindung mit einer Prozessanlage, die ein Prozesssteuerungsnetzwerk und ein weiteres Kommunikationsnetz beinhaltet. Genauer beinhaltet ein Anlagenkommunikationssystem zur Verwendung innerhalb einer Prozessanlagenumgebung, die einen Prozess implementiert, ein Prozesssteuerungsnetzwerk, das eine Vielzahl von Prozesssteuerungsvorrichtungen beinhaltet, die innerhalb der Prozessanlage angeordnet sind, um den Prozess zu steuern, und ein Prozesssteuerungskommunikationsnetz, das kommunikationstechnisch mit den mehreren Prozesssteuerungsvorrichtungen verbunden ist, wobei eine oder mehrere von den mehreren Prozesssteuerungsvorrichtungen Prozesssteuerdaten erfasst oder erzeugt. Das System beinhaltet auch ein weiteres Anlagenkommunikationsnetz einschließlich mehrerer Verarbeitungsvorrichtungen, die durch eine weitere Anlagenkommunikationsnetzanbindung kommunikationstechnisch miteinander verbunden sind, wobei mindestens eine von den mehreren Verarbeitungsvorrichtungen in dem weiteren Anlagenkommunikationsnetz kommunikationstechnisch mit dem Prozesssteuerungskommunikationsnetz verbunden ist. In diesem System ist eine verteilte Daten-Pipeline innerhalb des Anlagenkommunikationssystems und des weiteren Anlagenkommunikationsnetzes angeordnet, und das weitere Anlagenkommunikationsnetz und die verteilte Daten-Pipeline beinhalten eine Reihe von Datenverarbeitungsmodulen, die in einer bestimmten Kommunikationsreihenfolge kommunikationstechnisch miteinander verbunden sind, um in der bestimmten Kommunikationsreihenfolge eine Verarbeitung an Prozesssteuerdaten durchzuführen, so dass die Daten-Pipeline ein oder mehrere Upstream-Datenverarbeitungsmodule beinhaltet, die mit einem Satz von Downstream-Datenverarbeitungsmodulen gekoppelt ist bzw. sind. Jedes einzelne von dem Satz von Downstream-Datenverarbeitungsmodulen innerhalb der Daten-Pipeline verarbeitet Daten, die von einem oder mehreren Upstream-Datenverarbeitungsmodulen innerhalb der Daten-Pipeline empfangen werden, und das eine oder mindestens eines von den mehreren Upstream-Datenverarbeitungsmodulen der Daten-Pipeline ist in einer von den mehreren mit dem Prozesssteuerungsnetzwerk verbundenen Prozesssteuerungsvorrichtungen angeordnet,

und mindestens eines von den Downstream-Datenverarbeitungsmodulen der Daten-Pipeline ist in einer von den mehreren Verarbeitungsvorrichtungen im weiteren Anlagenkommunikationsnetz angeordnet.

[0016] Das System kann ferner eine Datenbank beinhalten, die kommunikationstechnisch mit einem von den Downstream-Datenverarbeitungsmodulen der Daten-Pipeline verbunden ist, um die Daten zu speichern, die von dem einen von den Downstream-Datenverarbeitungsmodulen der Daten-Pipeline erzeugt werden, und die gespeicherten Daten über das weitere Anlagenkommunikationsnetz anderen Anwendungen zur Verfügung zu stellen. Falls gewünscht, ist eines von den Upstream-Datenverarbeitungsmodulen im Prozesssteuerungsnetzwerk angeordnet und erfasst rohe Prozesssteuerdaten zur Verarbeitung durch die Daten-Pipeline, und eine Datenbank ist kommunikationstechnisch mit dem Prozesssteuerungskommunikationsnetz verbunden, um die erfassten rohen Prozesssteuerdaten unabhängig zu speichern. Die Datenbank kann in einer der Verarbeitungsvorrichtungen angeordnet sein, die mit dem weiteren Anlagenkommunikationsnetz verbunden sind, wobei es sich um ein Massendatenkommunikationsnetz handeln kann. Das weitere Anlagenkommunikationsnetz kann aus mehreren unterschiedlichen Kommunikationsnetzen bestehen, die miteinander verbunden sind, einschließlich eines ersten anlagenbasierten Kommunikationsnetzes und eines zweiten Cloud-basierten Kommunikationsnetzes. In diesem Fall kann die Daten-Pipeline mindestens ein anderes Datenverarbeitungsmodul beinhalten, das in einer Verarbeitungsvorrichtung innerhalb jeder einzelnen von den mehreren unterschiedlichen Kommunikationsnetzen gespeichert ist. Die unterschiedlichen Kommunikationsnetze können ein drahtloses und/oder ein drahtgebundenes Kommunikationsnetz beinhalten, und das Prozesssteuerungskommunikationsnetz kann mehrere unterschiedliche Steuerungskommunikationsnetze beinhalten, die kommunikationstechnisch miteinander verbunden sind.

[0017] Falls gewünscht, können die Datenverarbeitungsmodule irgendeines der folgenden sein bzw. beinhalten: ein Datenverarbeitungsmodul, das Daten von einer Datenquelle innerhalb des Prozesssteuerungsnetzwerks erhält, ein Datenbereinigungsmodul, das Daten bereinigt, die von der Datenquelle innerhalb des Prozesssteuerungsnetzwerks erhalten werden, ein Datenausrichtungsmodul, das Daten von mehreren Datenquellen innerhalb des Prozesssteuerungsnetzwerks zeitlich angleicht, ein Datensensitivitätsanalysemodul, das die Sensitivität von Daten für ein bestimmtes Ereignis innerhalb der Anlage bestimmt, ein Kausalitätsanalysemodul, das eine kausale Beziehung zwischen Daten von einer Datenquelle und einem Ereignis innerhalb der Anlage bestimmt, ein Lernmodul, das ein überwachtes oder unüberwachtes Lernen an Prozessdaten durchführt, oder ein Datenpräsentationsmodul, das Daten, die innerhalb der Daten-Pipeline erzeugt werden, einem Anwender präsentiert.

[0018] Darüber hinaus kann das Anlagenkommunikationssystem so aufgebaut sein, dass die Daten-Pipeline folgendes beinhaltet: ein oder mehrere Datenerfassungsmodule, die Prozessdaten vom Prozesssteuerungsnetzwerk erfassen, ein oder mehrere Datenzwischenverarbeitungsmodule, welche die von dem einen oder den mehreren Datenerfassungsmodulen oder einem anderen Datenzwischenverarbeitungsmodul erfassten Daten verarbeiten, und ein oder mehrere Datenabschlussverarbeitungsmodule, die Ausgangsdaten, die von dem einen oder den mehreren Datenzwischenverarbeitungsmodulen oder dem einen oder den mehreren Datenabschlussverarbeitungsmodulen erzeugt werden, auf solche Weise speichern, dass sie für eine oder mehrere andere Anwendungen zugänglich sind. Außerdem kann eines oder können mehrere von den Datenverarbeitungsmodulen der Daten-Pipeline innerhalb der Daten-Pipeline fallweise entweder mit anderen Datenverarbeitungsmodulen innerhalb der Daten-Pipeline oder mit Anwendungen, die Daten aus der Daten-Pipeline abonniert haben, verbunden werden. Zum Beispiel kann ein oder können mehrere fallweise verbundene Datenverarbeitungsmodule Datenanzeigemodule sein, die einem Anwender Daten anzeigen, die innerhalb der Daten-Pipeline erzeugt werden, diese Module können in einem Handgerät angeordnet sein, das fallweise mit einem weiteren Anlagenkommunikationsnetz usw. verbunden wird.

[0019] Außerdem können die Ausgangsdaten einer Daten-Pipeline zwei oder mehr anderen Anwendungen gleichzeitig zugänglich gemacht werden. Darüber hinaus können die Daten-Pipeline-Module bei jeder gewünschten Ausführungsrate arbeiten, wobei diese Rate für unterschiedliche Module innerhalb der Daten-Pipeline verschieden sein kann. Ebenso kann jedes von den Daten-Pipeline-Modulen bei einer Rate arbeiten, die höher ist, niedriger ist oder gleich hoch ist wie die Ausführungsrate eines Prozess-Controllers, aus der Prozessdaten erfasst und innerhalb der Daten-Pipeline analysiert werden. Hierbei ist einer von den mehreren Prozesssteuerungsvorrichtungen ein Prozess-Controller, der eine oder mehrere Steuerroutinen mit einer Controller-Ausführungsrate ausführt, und die Prozesssteuerdaten, die von dem einen oder den mehreren vorgeschalteten Datenverarbeitungsmodulen der Daten-Pipeline erfasst werden, die in einer von den mehreren Prozesssteuerungsvorrichtungen angeordnet ist, kann mit einer Rate erfasst werden, die höher ist als die Controller-Ausführungsrate. Außerdem kann eine beliebige Anzahl der Datenverarbeitungsmodule (z.B. zwei oder mehr) innerhalb der Daten-Pipeline erfasste Daten mit einer

Rate verarbeiten, die höher ist als die Ausführungsrate des Controllers.

[0020] In einer anderen Ausführungsform ist eine Daten-Pipeline in einem oder mehreren Kommunikationsnetzen einer Prozessanlage angeordnet, die Daten mit einer Rate verarbeitet, die höher ist als die Steuerungsausführungsrate des Prozesssteuerungssystems der Prozessanlage. Genauer beinhaltet ein Anlagensteuerungs- und -kommunikationssystem zum Steuern eines Prozesses innerhalb einer Anlage eine Vielzahl von Prozesssteuerungsvorrichtungen, die innerhalb der Anlage angeordnet sind, um den Prozess zu steuern, einschließlich eines Prozess-Controllers, der ausgeführt wird, um den Prozess mit einer Ausführungsfrate zu steuern. Das Anlagensteuerungs- und -kommunikationssystem beinhaltet außerdem mehrere Datenverarbeitungsvorrichtungen, die innerhalb der Anlage angeordnet sind, und ein oder mehrere Kommunikationsnetze, welche die Vielzahl von Prozesssteuerungsvorrichtungen und die mehreren Datenverarbeitungsvorrichtungen kommunikationstechnisch koppeln. Hierbei ist bzw. sind eine oder mehrere Datenquellen innerhalb der Anlage angeordnet, und diese Datenquellen sind auf die Vielzahl von Prozesssteuerungsvorrichtungen verteilt, um mit einer Datenerfassungsrate, die höher ist als die Ausführungsrate des Controllers, Rohdaten aus den Prozesssteuerungsvorrichtungen innerhalb der Anlage zu erfassen. Außerdem ist eine Datenbank kommunikationstechnisch mit dem einen oder den mehreren Kommunikationsnetzen verbunden, um die erfassten Rohdaten aus der einen oder den mehreren Datenquellen mit der Datenerfassungsrate zu speichern, und eine Daten-Pipeline ist in der einen oder den mehreren von den mehreren Verarbeitungsvorrichtungen innerhalb der Anlage angeordnet, wobei die Daten-Pipeline eine Reihe von Datenverarbeitungsmodulen beinhaltet, die in einer bestimmten Kommunikationsreihenfolge kommunikationstechnisch miteinander verbunden sind, wobei mindestens eines von den Datenverarbeitungsmodulen der Daten-Pipeline eine Datenverarbeitungsoperation an Rohdaten aus der einen oder den mehreren Datenquellen durchführt und mindestens ein anderes von den Datenverarbeitungsmodulen eine Datenverarbeitung an Daten durchführt, die von einem von den Datenverarbeitungsmodulen innerhalb der Daten-Pipeline empfangen werden. Hierbei operieren mindestens zwei von den Datenverarbeitungsmodulen mit einer Rate, die höher ist als die Ausführungsrate des Prozess-Controllers.

[0021] In diesem System können die mindestens zwei von den Datenverarbeitungsmodulen mit einer Rate operieren, die höher ist als die Ausführungsrate des Prozess-Controllers, indem Daten zwischen den beiden Datenverarbeitungsmodulen mit einer Rate übermittelt werden, die höher ist als die Ausführungsrate des Prozess-Controllers, und/oder indem eine Verarbeitung an Daten mit einer Rate durchgeführt wird, die höher ist als die Ausführungsrate des Prozess-Controllers.

[0022] In einer anderen Ausführungsform sind mehrere verteilte Daten-Pipelines in einer Prozessanlage verteilt, um Daten innerhalb der Anlage zu verarbeiten und um verarbeitete Daten in analytische Anwendungen einer höheren Ebene einzuspeisen. In einem Beispiel beinhaltet ein Anlagenkommunikationssystem zur Verwendung innerhalb einer Prozessanlagenumgebung, die einen Prozess implementiert, ein Prozesssteuerungsnetzwerk, das eine Vielzahl von Prozesssteuerungsvorrichtungen aufweist, die innerhalb der Anlage angeordnet sind, um den Prozess zu steuern, und ein Prozesssteuerungskommunikationsnetz, das kommunikationstechnisch die Vielzahl von Prozesssteuerungsvorrichtungen miteinander verbindet, wobei eine oder mehrere von den mehreren Prozesssteuerungsvorrichtungen Prozesssteuerdaten erfasst oder erzeugt. Darüber hinaus ist ein weiteres Anlagenkommunikationsnetz in der Anlage angeordnet und beinhaltet mehrere Verarbeitungsvorrichtungen, die durch eine weitere Anlagenkommunikationsnetzanbindung kommunikationstechnisch miteinander verbunden sind, wobei mindestens eine von den mehreren Verarbeitungsvorrichtungen in dem weiteren Anlagenkommunikationsnetz kommunikationstechnisch mit dem Prozesssteuerungskommunikationsnetz verbunden ist. Mehrere verteilte Daten-Pipelines sind in dem System angeordnet, wobei jede Daten-Pipeline eine Reihe von unterschiedlichen Datenverarbeitungsmodulen beinhaltet, die kommunikationstechnisch miteinander verbunden sind, um eine Verarbeitung an Prozesssteuerdaten in einer bestimmten Reihenfolge durchzuführen, wobei jede Daten-Pipeline ein oder mehrere Datenerfassungsmodule, die Prozessdaten aus dem Prozesssteuerungsnetzwerk erfassen, ein oder mehrere Datenzwischenverarbeitungsmodule, welche die Daten, die von einem oder mehreren von den Datenerfassungsmodulen oder einem anderen Datenzwischenverarbeitungsmodul erfasst werden, verarbeiten, und ein oder mehrere Datenabschlussverarbeitungsmodule, die Daten-Pipeline-Ausgangsdaten unter Verwendung von Daten, die von dem einen oder den mehreren Datenverarbeitungsmodulen erzeugt werden, produzieren. Hierbei liegen mindestens zwei Datenverarbeitungsmodule jeder Daten-Pipeline in unterschiedlichen Vorrichtungen innerhalb des Prozesssteuerungskommunikationsnetzes und des weiteren Anlagenkommunikationsnetzes. Das System beinhaltet ferner einen Satz analytischer Anwendungen einer höheren Ebene, der kommunikationstechnisch innerhalb des weiteren Anlagenkommunikationsnetzes verbunden ist, wobei jede von dem Satz analytischer Anwendungen einer höheren Ebene Daten abonniert hat, die vom Datenabschlussverarbeitungsmodul einer oder mehrerer der verteilten Daten-Pipelines erzeugt werden.

[0023] Falls gewünscht, kann eine bzw. können mehrere von dem Satz analytischer Anwendungen einer höheren Ebene fallweise mit einer oder mehreren von den verteilten Daten-Pipelines verbunden werden, und die Datenverarbeitungsmodule von einer der verteilten Daten-Pipelines kann Daten verarbeiten und kann während eines Online-Betriebs des Prozesses Daten innerhalb der einen von den verteilten Daten-Pipelines übermitteln. Falls gewünscht, kann eine bzw. können mehrere der analytischen Anwendungen einer höheren Ebene Daten (Ausgangsdaten oder Endanwendungsdaten) von zwei oder mehreren von den verteilten Daten-Pipelines abonnieren, und eine oder mehrere von den analytischen Anwendungen einer höheren Ebene können in einem Handgerät angeordnet sein, das über eine drahtlose Kommunikationsverbindung mit dem weiteren Anlagennetzwerk verbunden ist.

[0024] In einer anderen Ausführungsform kann ein Verfahren zur Verarbeitung von Daten in einer Anlage in einer Anlage verwendet werden, die ein Prozesssteuerungsnetzwerk, das eine Vielzahl von innerhalb der Anlage angeordneten Prozesssteuerungsvorrichtungen beinhaltet, um einen Prozess zu steuern, und ein kommunikationstechnisch zwischen die Vielzahl von Prozesssteuerungsvorrichtungen geschaltetes Prozesssteuerungskommunikationsnetz beinhaltet, wobei eine oder mehrere von den mehreren Prozesssteuerungsvorrichtungen Prozesssteuerdaten erfasst oder erzeugt, und das Prozesssteuerungsnetzwerk ein weiteres Anlagennetzwerk beinhaltet, das mehrere Verarbeitungsvorrichtungen beinhaltet, die kommunikationstechnisch durch eine weitere Anlagenkommunikationsnetzanbindung miteinander verbunden sind. Das Verfahren kann das Speichern einer verteilten Daten-Pipeline innerhalb des Prozesssteuerungsnetzwerks und in dem weiteren Anlagennetzwerk beinhalten, wobei das Speichern der verteilten Daten-Pipeline das Speichern einer Reihe von Datenverarbeitungsmodulen beinhaltet, die für eine kommunikationstechnische gegenseitige Verbindung in einer bestimmten Reihenfolge ausgelegt sind, um eine Verarbeitung an Prozesssteuerdaten in verschiedenen von den Prozesssteuerungsvorrichtungen und Verarbeitungsvorrichtungen durchzuführen. Das Verfahren kann auch das Erfassen von Daten an einem oder mehreren von den Datenverarbeitungsmodulen der Daten-Pipeline während eines Online-Betriebs des Prozesssteuerungsnetzwerks und das Verarbeiten der erfassten Prozessdaten in den Datenverarbeitungsmodulen der verteilten Daten-Pipeline während eines Online-Betriebs des Prozesssteuerungsnetzwerks beinhalten. Außerdem kann das Verfahren das Speichern der verarbeiteten Daten, die von den Datenverarbeitungsmodulen der verteilten Daten-Pipeline entwickelt werden, in einer Computerarbeitsspeichervorrichtung und das Verwenden der von den Datenverarbeitungsmodulen der verteilten Daten-Pipeline entwickelten Daten in einer weiteren Anwendung, die an einer weiteren Verarbeitungsvorrichtung ausgeführt wird, beinhalten.

[0025] Falls gewünscht, kann das Speichern der verarbeiteten Daten, die von den Datenverarbeitungsmodulen der verteilten Daten-Pipeline entwickelt werden, in einer Computerarbeitsspeichervorrichtung das Speichern der verarbeiteten Daten in einer Massendatenmaschine beinhalten. Darüber hinaus kann das Speichern der verteilten Daten-Pipeline innerhalb des Prozesssteuerungsnetzwerks und im weiteren Anlagennetzwerk das Speichern mindestens eines der Datenverarbeitungsmodule innerhalb einer von den mehreren Prozesssteuerungsvorrichtungen und das Speichern eines anderen von den Datenverarbeitungsmodulen in einer von den Verarbeitungsvorrichtungen des weiteren Anlagennetzwerks beinhalten. Außerdem kann das Speichern der verteilten Daten-Pipeline innerhalb des Prozesssteuerungsnetzwerks und im weiteren Anlagennetzwerk das Speichern mindestens eines der Datenverarbeitungsmodule in einer Vorrichtung innerhalb eines ersten Sub-Anlagennetzwerks des weiteren Anlagennetzwerks und das Speichern eines anderen von den Datenverarbeitungsmodulen in einem zweiten Sub-Anlagennetzwerk des weiteren Anlagennetzwerks beinhalten. Hierbei kann das erste Sub-Anlagennetzwerk beispielsweise ein Massendatennetzwerk in der Anlage sein, und das zweite Sub-Anlagennetzwerk kann beispielsweise ein Cloud-basiertes Netzwerk sein.

[0026] Auch hier kann das Erfassen von Daten an einem oder mehreren von den Datenverarbeitungsmodulen der Daten-Pipeline während eines Online-Betriebs des Prozesssteuerungsnetzwerks beinhalten, dass Daten mit einer Rate erfasst werden, die höher ist als eine Rate, mit der ein Prozess-Controller, der innerhalb des Prozesssteuerungsnetzwerks verwendet wird, um eine Online-Prozesssteuerung durchzuführen, diese aufnehmen kann.

[0027] Falls gewünscht,, kann die Daten-Pipeline ein oder mehrere Datenerfassungsmodule, die Daten vom Prozesssteuerungsnetzwerk erfassen, ein oder mehrere Datenzwischenverarbeitungsmodule, welche die von dem einen oder den mehreren Datenerfassungsmodulen oder einem anderen Datenzwischenverarbeitungsmodul erfassten Daten verarbeiten, und ein oder mehrere Datenabschlussverarbeitungsmodule, die Ausgangsdaten, die von dem einen oder den mehreren Datenzwischenverarbeitungsmodulen oder den Datenabschlussverarbeitungsmodulen erzeugt werden, auf solche Weise speichern, dass sie für eine oder mehrere andere Anwendungen zugänglich sind. Zum Beispiel kann eines der Datenverarbeitungsmodule der Daten-Pipeline fallweise in die Daten-Pipeline eingeschaltet werden und/oder das fallweise eingeschaltete Datenverarbeitungsmo-

dul kann in einem Handgerät angeordnet sein, dass fallweise mit dem weiteren Anlagennetzwerk verbunden wird.

[0028] In einer anderen Ausführungsform wird ein Verfahren zum Konfigurieren einer Datenverarbeitungs-Pipeline innerhalb einer Prozessanlage verwendet, die ein Prozesssteuerungsnetzwerk mit einer Vielzahl von Prozesssteuerungsvorrichtungen, die der Steuerung des Prozesses dienen, aufweist und die ein Prozesskommunikationsnetzwerk aufweist mit einer Vielzahl von Verarbeitungsvorrichtungen, die kommunikationstechnisch miteinander verbunden sind. Das Konfigurationsverfahren beinhaltet das Speichern eines Satzes von Datenverarbeitungsmodulen innerhalb verschiedener von den mehreren Prozesssteuerungsvorrichtungen und der Verarbeitungsvorrichtungen, das kommunikationstechnische Verbinden der Datenverarbeitungsmodul untereinander auf feste Weise, um einen Satz aus drei oder mehr Datenverarbeitungsmodulen zu erzeugen, die kommunikationstechnisch in Reihe geschaltet sind, und das Konfigurieren des Satzes aus drei oder mehr in Reihe geschalteten Datenverarbeitungsmodulen, um spezifische Arten einer Datenverarbeitung an Daten durchzuführen, die in der Anlage erfasst werden. Der Konfigurationsschritt kann das Konfigurieren eines oder mehrerer aus der Reihe von Datenverarbeitungsmodulen innerhalb des Prozesssteuerungsnetzwerks als Datenverarbeitungsmodule, die rohe Prozessdaten erfassen, das Konfigurieren eines oder mehrerer aus der Reihe der Datenverarbeitungsmodule als Zwischenverarbeitungsmodule, die mit einem oder mehreren Datenerfassungsmodulen kommunizieren und die von den Datenerfassungsmodulen erfassten rohen Prozessdaten verarbeiten, um teilverarbeitete Prozessdaten zu erzeugen, und das Konfigurieren eines oder mehrerer aus der Reihe der Datenverarbeitungsmodule als Abschlussverarbeitungsmodule, die mit einem oder mehreren von den Datenzwischenverarbeitungsmodulen kommunizieren, um die teilverarbeiteten Prozessdaten zu verarbeiten, um fertig verarbeitete Prozessdaten zu erzeugen. Außerdem kann das Konfigurationsverfahren das Konfigurieren eines oder mehrerer von den Datenabschlussverarbeitungsmodulen beinhalten, um die fertig verarbeiteten Prozessdaten an einer oder mehreren subskribierenden Anwendungen, die kommunikationstechnisch mit dem Prozesskommunikationsnetzwerk verbunden sind, bereitzustellen.

[0029] Falls gewünscht, kann das Verfahren zum Konfigurieren einer Datenverarbeitungs-Pipeline das Konfigurieren des einen oder der mehreren aus der Reihe von Datenverarbeitungsmodulen, die innerhalb der Prozesssteuerungsvorrichtungen innerhalb des Prozesssteuerungsnetzwerks gespeichert sind, als Datenerfassungsmodule durch Konfigurieren des einen oder der mehreren aus der Reihe der Datenerfassungsmodule, um die rohen Prozessdaten mit einer Rate zu erfassen, die höher ist als eine Ausführungsrate eines Prozess-Controllers, der eine Prozesssteuerung innerhalb des Prozesssteuerungsnetzwerkes durchführt. Darüber hinaus kann das Konfigurieren eines oder mehrerer der Reihe von Datenverarbeitungsmodulen als Datenzwischenverarbeitungsmodule das Konfigurieren des einen oder der mehreren Datenzwischenverarbeitungsmodule auf solche Weise beinhalten, dass die rohen Prozessdaten mit einer Rate verarbeitet werden, die höher ist als eine Ausführungsrate des Prozess-Controllers. Ebenso kann das Konfigurieren eines oder mehrerer der Reihe von Datenverarbeitungsmodulen als Datenabschlussverarbeitungsmodule das Konfigurieren des einen oder der mehreren Datenabschlussverarbeitungsmodule auf solche Weise beinhalten, dass teilverarbeiteten Prozessdaten mit einer Rate verarbeitet werden, die höher ist als eine Ausführungsrate des Prozess-Controllers.

[0030] Das Verfahren des Konfigurierens einer Datenverarbeitungs-Pipeline innerhalb einer Prozessanlage kann beinhalten, dass ein Satz von Datenverarbeitungsmodulen innerhalb verschiedener von den mehreren Prozesssteuerungsvorrichtungen und der Verarbeitungsvorrichtungen gespeichert wird, und zwar durch Speichern einiger der Datenverarbeitungsmodule in den Vorrichtungen des Prozesssteuerungsnetzwerks und anderer von den Datenverarbeitungsmodulen in den Vorrichtungen des Prozesskommunikationsnetzwerks. Das Verfahren des Konfigurierens einer Datenverarbeitungs-Pipeline innerhalb einer Prozessanlage kann auch beinhalten, dass ein Satz von Datenverarbeitungsmodulen innerhalb verschiedener von den mehreren Prozesssteuerungsvorrichtungen und der Verarbeitungsvorrichtungen gespeichert wird, und zwar durch Speichern verschiedener Datenverarbeitungsmodule, die eine Verarbeitung von Prozessdaten durchführen sollen, in einer bestimmten Abfolge, wobei der gespeicherte Satz von Datenverarbeitungsmodulen beinhaltet: ein oder mehrere Upstream-Datenerfassungsmodule zur Erfassung von Prozessdaten aus dem Prozesssteuerungsnetzwerk, ein oder mehrere Zwischenverarbeitungsmodule, die kommunikationstechnisch downstream von bzw. hinter das eine oder die mehreren Datenerfassungsmodule oder das eine oder die mehreren Zwischenverarbeitungsmodulen geschaltet ist bzw. sind, zur Verarbeitung der Daten, die von einem oder mehreren von den Datenerfassungsmodulen oder einem anderen Zwischenverarbeitungsmodul erfasst werden, und ein oder mehrere Abschlussverarbeitungsmodule, die kommunikationstechnisch hinter das eine oder die mehreren Zwischenverarbeitungsmodule geschaltet ist bzw. sind, zur Erzeugung fertiger Daten unter Verwendung der teilverarbeiteten Daten von dem einen oder den mehreren Zwischenverarbeitungsmodulen.

[0031] Ebenso kann das Konfigurieren eines oder mehrerer von der Reihe von Datenverarbeitungsmodulen zur Verarbeitung der Prozessdaten, um teilverarbeitete Prozessdaten zu erzeugen, beinhalten, dass das eine oder die mehreren Datenzwischenverarbeitungsmodule so konfiguriert werden, dass Daten von zwei oder mehr Upstream-Datenverarbeitungsmodulen empfangen werden und die Daten von den zwei oder mehr Upstream-Datenverarbeitungsmodulen kombiniert werden, um die teilverarbeiteten Prozessdaten zu erzeugen, und es kann beinhalten, dass das eine oder die mehreren Zwischenverarbeitungsmodule so konfiguriert werden, dass die teilverarbeiteten Prozessdaten an zwei oder mehr Downstream-Datenverarbeitungsmodulen bereitgestellt werden. Das Konfigurieren von einem oder mehreren von den Abschlussverarbeitungsmodulen zur Verarbeitung der teilverarbeiteten Prozessdaten, um fertig verarbeitete Prozessdaten zu erzeugen, kann beinhalten, dass das eine oder die mehreren Abschlussverarbeitungsmodule so konfiguriert wird bzw. werden, dass ein Strom fertig verarbeiteter Daten an vielen unterschiedlichen Anwendungen bereitgestellt wird, und/oder dass fertige Daten an einer oder mehreren zwischengeschalteten Anwendungen bereitgestellt werden. Das Konfigurieren des Satzes aus drei oder mehr Datenverarbeitungsmodulen, die in Reihe geschaltet sind, um spezifische Arten einer Datenverarbeitung an Daten durchzuführen, die in der Anlage erfasst werden, kann auch beinhalten, dass zwei von den Datenverarbeitungsmodulen auf solche Weise konfiguriert werden, dass sie fallweise kommunikationstechnisch miteinander verbunden werden.

[0032] Zum Beispiel kann das Verfahren des Konfigurierens einer Datenverarbeitungs-Pipeline innerhalb einer Prozessanlage beinhalten, dass der Satz von Datenverarbeitungsmodulen innerhalb verschiedener von den mehreren Prozesssteuerungsvorrichtungen und der Verarbeitungsvorrichtungen gespeichert wird, und zwar durch Speichern unterschiedlicher von den kommunikationstechnisch gekoppelten Datenverarbeitungsmodulen in unterschiedlichen Kommunikationsnetzen einschließlich des Prozesssteuerungsnetzwerks und des Prozesskommunikationsnetzwerks. Der Speicherungsschritt kann auch irgendetwas oder alles von dem Folgenden beinhalten: Speichern eines der Datenverarbeitungsmodule der Daten-Pipeline in einer Prozesssteuerungs-Feldvorrichtung, Speichern eines der Datenverarbeitungsmodule in einem Prozess-Controller, Speichern eines der Datenverarbeitungsmodule in einer regionalen Massendatenanalyse-Engine, Speichern eines der Datenverarbeitungsmodule in einer Cloud-basierte Datenanalyse-Engine und/oder Speichern einer der Datenverarbeitungsmodule in einem Handgerät.

KURZE BESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

[0033] **Fig.** 1 ist ein Blockschema eines Anlagennetzwerks einschließlich von Prozesssteuerungsvorrichtungen, Überwachungsvorrichtungen und Massendaten-Appliance-Vorrichtungen, in denen Daten-Pipelines erzeugt und installiert werden können.

[0034] **Fig.** 2A–**Fig.** 2C sind Blockschemata verschiedener Beispiele für unterschiedliche Daten-Pipelines, die in dem Anlagennetzwerk von **Fig.** 1 erzeugt und installiert werden können.

[0035] **Fig.** 3 ist ein Blockschema, das einen Satz von Datenverarbeitungsfunktionen darstellt, die auf unterschiedliche Weise kombiniert werden können, um eine oder mehrere Daten-Pipelines in einem Anlagennetzwerk zu erzeugen.

[0036] **Fig.** 4 ist ein Blockschema eines Beispiels für ein Massendatennetzwerk für eine Prozessanlage oder ein Prozesssteuerungs- und -überwachungssystem, das ein automatisches oder autonomes, auf Signalverarbeitung basierendes Lernen unter Verwendung von Daten-Pipelines unterstützen kann.

[0037] **Fig.** 5 ist ein Blockschema eines Beispiels für eine Massendaten-Appliance von **Fig.** 4.

[0038] **Fig.** 6 ist ein weiteres Blockschema eines Beispiels für eine Prozessanlage oder ein Prozesssteuerungssystem, in der bzw. in dem ein automatisches oder autonomes, auf Signalverarbeitung basierendes Lernen auf Basis von Daten-Pipelines durchgeführt werden kann.

[0039] **Fig.** 7 stellt ein Blockschema eines Beispiels für eine Prozessanlage oder ein Prozesssteuerungssystem dar, das eine Massendatenmaschine, die Daten aus einer Anlage erfasst und speichert, und ein Datenstudio beinhaltet, das verwendet werden kann, um Daten-Pipelines zu erzeugen und auszuführen, die ein oder mehrere Datenmodelle implementieren, welche die aus der Anlage erfassten Daten verwenden oder analysieren.

[0040] **Fig.** 8 ist ein Blockschema eines Beispiels für eine Ausführungsform des Datenmodellierungsstudios von **Fig.** 6, das mit einer generischen Anlagenumgebung verbunden ist.

[0041] **Fig.** 9 ist eine Bildschirmdarstellung einer grafischen Benutzerschnittstelle des Datenmodellierungsstudios von **Fig.** 7 und **Fig.** 8, die verwendet werden kann, um eine oder mehrere Daten-Pipelines zum Testen und Implementieren in einem Echtzeit-Anlagennetzwerk zu erzeugen.

AUSFÜHRLICHE BESCHREIBUNG

[0042] Techniken, Systeme und Verfahren zum automatischen oder autonomen Durchführen eines auf Signalverarbeitung basierenden Lernens in einer Prozessanlage oder einem Prozesssteuerungssystem beinhalten das Erzeugen und das Verwenden einer oder mehrerer Daten-Pipelines als Strukturen, auf denen aufbauend das auf Signalverarbeitung basierende Lernen in Echtzeit oder in einem Online-Anlagennetzwerk durchgeführt wird. Generell ermöglichen diese Techniken, Systeme und Verfahren eine automatische oder autonome Durchführung oder Anwendung einer Signalverarbeitung an bzw. auf als Ergebnis einer Operation eines Steuersystems oder eines Überwachungssystems innerhalb einer Prozessanlage erzeugte(n) Daten (z.B. Signale (n)), die außerdem auch auf Instandhaltungsaktivitäten oder Instandhaltungsdaten, Überwachungsdaten, Vorrichtungsdaten, Geschäfts- oder Planungsdaten usw. basieren. In der Regel geben die Daten oder die Signale, aufgrund derer die Daten-Pipelines operieren, einen Parameterwert an, der unter anderem auf Basis der Steuerung, der Instandhaltung, der Überwachung des Prozesses variiert. Wie hierin verwendet, bezeichnet somit der Begriff „Signal“ allgemein eine Zeitreihe eines Parameterwerts, z.B. eine Zeitreihe einer Ausgabe eines Controllers, eine Zeitreihe einer Störgröße, eine Zeitreihe eines Prozessvariablenmesswerts, eine Zeitreihe einer überwachten oder gemessenen Variablen usw. Im Gegensatz zu bekannten Prozesssteuersignalverarbeitungstechniken, bei denen ein Anwender im Nachhinein einen Speisestrom historischer Signale von einer Prozessanlage erhält und den Speisestrom historischer Signale an einem separaten Offline-Signalprozessor bereitstellt, verwenden die hierin beschriebenen Techniken, Systeme und Verfahren Daten-Pipelines, um die Integration einer oder mehrerer Signalverarbeitungsfunktionen in die Prozessanlage, das Instandhaltungssystem, das Überwachungssystem oder das Prozesssteuerungssystem zu ermöglichen, so dass eine Signalverarbeitung autonom (z.B. als Hintergrundprozess) in Echtzeit durchgeführt wird, während das Signal/die Signale von einer oder mehreren Signalquellen in Echtzeit erzeugt wird bzw. werden. Somit wird anhand der hierin offenbarten Techniken, Systeme und Verfahren eine Signalverarbeitung in Betrieb befindliche Online-Prozessanlagen oder -systeme aufgenommen oder integriert, z.B. durch Positionieren oder Anordnen verschiedener Signalverarbeitungsfunktionen in der Nähe verschiedener Signalquellen innerhalb der Prozessanlage oder des Überwachungssystems und dadurch, dass die Verwendung der Ergebnisse dieser Signalverarbeitungsaktivitäten durch andere Analysemodule oder höhere analytische Anwendungen innerhalb der Anlage ermöglicht wird. Tatsächlich kann bzw. können in manchen Ausführungsformen eine oder mehrere Signalverarbeitungsfunktionen in eine Signalquelle integriert sein oder werden, während in anderen Fällen die Signalverarbeitungsfunktionen in stärker zentralisierten Vorrichtungen liegen können. In jedem Fall können die integrierten oder aufgenommenen Signalverarbeitungsfunktionen so konfiguriert sein, dass sie autonom und automatisch an den Echtzeitsignalen ausgeführt werden, die von Signalquellen als Ergebnis des Echtzeitbetriebs der Online-Prozessanlage oder des Überwachungssystems erzeugt werden.

[0043] Man beachte, dass die hierin erörterten Techniken, Systeme und Verfahren auf ein einzelnes Signal bzw. auf mehrere Signale und/oder auf viele Signale als Gruppe oder als Ganzes angewendet werden können. Jedoch wird zur Vereinfachung der vorliegenden Erörterung, aber nicht zur Beschränkung, die Singularform „Signal“ verwendet.

[0044] Die Verwendung einer oder mehrerer Daten-Pipeline-Strukturen für die Durchführung einer oder mehrerer Signalverarbeitungsfunktionen (z.B. die Anwendung der einen oder mehreren Signalverarbeitungsfunktionen auf ein Echtzeitsignal) können Ergebnisse liefern, die eine oder mehrere Eigenschaften eines Signals angeben, die andere Informationen über ein Signal oder eine Gruppe von Signalen usw. angeben. In einem noch anderen Fall kann die Verwendung der Daten-Pipelines implementiert werden, um ein Data-Mining und Data-Learning zusätzlich zu Datenverarbeitung oder Signalkonditionierung durchzuführen. Zum Beispiel kann eine oder können mehrere dominante Frequenzen oder Harmonische, die im Signal vorhanden sind, durch die Anwendung der einen oder mehreren Signalverarbeitungsfunktionen innerhalb einer Daten-Pipeline bestimmt werden. In manchen Prozessanlagen oder Prozesssteuerungssystemen wird bzw. werden die Eigenschaft(en) des Signals, die von der von einer Daten-Pipeline durchgeführten Datenverarbeitung bestimmt werden, einer oder mehreren Analysefunktionen zur Verfügung gestellt, die ebenfalls automatisch oder autonom während des Echtzeitbetriebs der Prozessanlage operiert bzw. operieren. Die Analysefunktion(en) kann bzw. können eine oder mehrere Quellen für die Eigenschaft(en) des Signals bestimmen, z.B. auf Basis einer Elementeanordnungskarte oder einer ähnlichen Ressource, die Elemente (z.B. Prozesselement) angibt oder identifiziert, die in dem Prozess upstream bzw. vor der Signalquelle liegen. In diesem und anderen Fällen kann ein Data-Learning unter Verwendung einer Daten-Pipeline durchgeführt werden, um andere Arten von Wissen über die Prozessanlage, das Steuersystem, das Überwachungs- oder überwachte System usw. zu identifizieren.

[0045] Allgemein gesprochen werden Daten-Pipelines als elementare Strukturen in einem verteilten Verarbeitungssystem verwendet, das innerhalb einer Anlage implementiert ist, um Daten von anderen

Quellen in einer Anlage oder einem anderen Überwachungssystem zu bereinigen, zu filtern, zu verarbeiten und zu erlernen und zu analysieren. Genauer kann eine bzw. können mehrere Daten-Pipelines eingerichtet werden, um eine spezifische Verarbeitung zu definieren, die an einem oder mehreren Datenströmen aus von verschiedenen Quellen, beispielsweise von Steuersystemressourcen, Instandhaltungssystemressourcen, Feldvorrichtungen, Controllern, Überwachungssystemen, Laboranalysen usw., empfangenen Daten durchgeführt werden soll. Jede Daten-Pipeline besteht aus vielen unterschiedlichen Verarbeitungsblöcken oder Datenverarbeitungsmodulen, die an bestimmten ihnen bereitgestellten Signalen oder Daten (z.B. einem Datenstrom) operieren und einen oder mehrere Datenströme produzieren, die dann an einem nachgeschalteten Block oder Modul innerhalb der Daten-Pipeline bereitgestellt werden. Allgemein gesprochen sind die anfänglichen Eingaben in die Daten-Pipeline ein oder mehrere Sätze von Rohdaten, beispielsweise Steuersignale, Messsignale von Prozessvariablen (unter anderem z.B. Druck-, Temperatur-, Durchsatzdaten), Überwachungssignalen, Vorrichtungsdaten, Instandhaltungsdaten usw. Darüber hinaus verarbeitet jeder Block innerhalb der Daten-Pipeline die dort hinein eingegebenen Daten (die z.B. von einem oder mehreren anderen Datenverarbeitungsmodulen in der Daten-Pipeline empfangen werden) auf irgendeine Weise, um die Daten beispielsweise zu bereinigen, zu kombinieren, fehlende Daten einzufügen, eine Datenfilterung durchzuführen, ein Erlernen oder eine Analyse der Daten durchzuführen usw. Während die Daten die verschiedenen unterschiedlichen Datenverarbeitungsmodule der Daten-Pipeline durchlaufen, erzeugt die Daten-Pipeline neue Daten (die teilverarbeitete Daten oder fertig verarbeitete Daten sein können), die offengelegt und für andere Datenverbraucher, einschließlich anderer Datenverarbeitungsmodule innerhalb einer Daten-Pipeline, anderer Daten-Pipelines, anderer Analysemodule, wie analytischer Anwendungen auf höherer Ebene, verfügbar gemacht werden können. Darüber hinaus können die Ausgaben einer Daten-Pipeline (die hierin als fertig verarbeitete Daten bezeichnet werden) Analyseergebnisse darstellen oder bereitstellen, die beispielsweise verwendet werden können, um Alarme einzurichten, eine bessere Instandhaltung oder Steuerung durchzuführen, einem Anwender Grafiken und Diagramme bereitzustellen, um irgendwelche Operationen der Anlage oder des Überwachungssystems oder irgendwelche anderen Kenntnisse, die aus den Daten erlernt worden sind, wie sie innerhalb der Daten-Pipeline verarbeitet werden, darzustellen. Darüber hinaus können unterschiedliche Blöcke einer Daten-Pipeline in verschiedenen Vorrichtungen innerhalb eines Anlagennetzwerks oder eines anderen Netzwerks implementiert werden, und Daten können zwischen den verschiedenen Blöcken einer Daten-Pipeline auf jede gewünschte Weise und mit jeder gewünschten Geschwindigkeit oder Rate fließen. Allgemein gesprochen können Datenverarbeitungsmodule innerhalb einer Daten-Pipeline folgende Formen aufweisen: (1) Datenerfassungsmodule, die Daten irgendeiner Art aus der Anlage oder dem Prozess erfassen, beispielsweise rohe Prozessdaten, Controller-Daten, I/O-Daten, Instandhaltungsdaten usw., (2) Zwischenverarbeitungsmodule, die kommunikationstechnisch mit einem oder mehreren Datenerfassungsmodulen oder anderen Zwischenverarbeitungsmodulen verbunden sind (das heißt diesen nachgeschaltet sind) und die dazu dienen, erfasste Daten oder andere ihnen von anderen Zwischenverarbeitungsmodulen bereitgestellte Daten zu analysieren (z.B. zu kombinieren, zu verarbeiten, zu filtern usw.), um teilverarbeitete Daten zu produzieren, und (3) Abschlussverarbeitungsmodule, die kommunikationstechnisch mit einem oder mehreren Datenerfassungsmodulen oder Zwischenverarbeitungsmodulen verbunden sind (d.h. diesen nachgeschaltet sind), und welche die Daten aus diesen anderen Modulen verwenden, um verarbeitete Daten (fertig verarbeitete Daten) zu erzeugen, die einem oder mehreren Datenverbrauchern bereitgestellt werden, beispielsweise Benutzerschnittstellen, analytischen Anwendungen höherer Ebene, Datenbanken usw. Falls gewünscht, können Daten-Pipeline so operieren, dass sie während der Operation des Prozesses fertig verarbeitete Daten erzeugen und fertig verarbeitete Daten konstant, periodisch oder fallweise an Datenverbraucher ausgeben. Das heißt, Endanwendungen können mit einer Daten-Pipeline verbunden werden und verbunden bleiben, um fertig verarbeitete Daten aus einer Daten-Pipeline auf konsistenter oder konstanter Basis zu empfangen oder können periodisch oder fallweise mit einer Daten-Pipeline verbunden werden, um fertig verarbeitete Daten zu empfangen, wenn diese Anwendungen oder Benutzer diese Daten brauchen. Darüber hinaus können Daten innerhalb der Daten-Pipeline mit jeder gewünschten Rate erfasst und verarbeitet werden, die beispielsweise höher ist als die Ausführungsrate eines oder mehrerer Prozess-Controller, die den Prozess steuern. In diesem Fall arbeiten die Daten-Pipelines innerhalb der Prozessanlage unabhängig von Prozess-Controllern (obwohl Daten-Pipelines Daten verwenden oder erfassen können, die von den Prozess-Controllern erzeugt werden).

[0046] Somit wird klar, dass Datenverarbeitungs- und Wissensaneignungstechniken innerhalb eines Anlagennetzwerks automatisch oder autonom implementiert werden können, wofür eine oder mehrere Daten-Pipelines verwendet werden, die durch ihre Operation spezifische Aktionen an Daten, die innerhalb der Anlage erfasst, erzeugt oder gemessen werden, implementiert werden, um dadurch die Durchführung spezifischer Arten von Datenverarbeitung und Data Learning auf einer höheren Ebene zu ermöglichen. Jede Daten-Pipeline definiert eine

Reihe von Operationen oder Funktionen, die an einem bestimmten Satz von Daten oder an Datensätzen in einer speziellen (z.B. festgelegten) Reihenfolge durchgeführt werden sollen, um dadurch irgendeine Art von Gesamtverarbeitung durchzuführen, die zu Wissen über die Anlage oder zu einem Lernen innerhalb der Anlage führt. Anders ausgedrückt implementiert jede Daten-Pipeline eine Reihe vorgegebener Datenverarbeitungsfunktionen in einer speziellen, vordefinierten Reihenfolge, um ein oder mehrere Datenmodelle durchzuführen oder zu implementieren und/oder um Data-Learning innerhalb der Anlage zu implementieren. In der Regel, aber nicht notwendigerweise, beinhalten die Prozessanlagen, in denen zumindest Abschnitte der Daten-Pipelines verwendet werden, ein Prozesssteuerungs-Massendatennetzwerk und Prozesssteuerungs-Massendatennetzwerkknoten oder -vorrichtungen. Zum Beispiel können zumindest einige der hierin offenbarten Systeme, Verfahren und Techniken in einer Prozessanlage implementiert werden, die lokale, regionale und/oder zentralisierte Massendaten unterstützt, wie sie beschrieben werden in der oben genannten US-Anmeldung Nr. 13/784,041, in der oben genannten US-Patentanmeldung Nr. 14/174,413, in der oben genannten US-Anmeldung Nr. 14/212,493 und/oder in der oben genannten US-Anmeldung Nr. 14/507,188 mit dem Titel „REGIONAL BIG DATA IN PROCESS CONTROL SYSTEMS." Somit kann eine Prozessanlage, die ein automatisches oder autonomes, auf Signalverarbeitung basierendes Lernen unter Verwendung von Daten-Pipelines durchführt, eine oder mehrere Massendaten-Appliances beinhalten, von denen zumindest einige eine jeweils verteilte oder eingebettete Massendaten-Appliance beinhalten, um an Massendaten zu operieren, die von einem Massendaten liefernden Knoten erzeugt werden.

[0047] In einem Beispielssystem können einzelne Daten-Pipelines von Analysemodulen umhüllt sein, die verschlagwortet, verteilt und für die Generierung von Voraussagen, spezialisierten Visualisierungen, Alarmen und Warnungen innerhalb einer Anlagensteuerungs- oder -überwachungseinrichtung verwendet werden können. Das heißt, Analysemodule können eine oder mehrere Daten-Pipelines kombinieren oder verwenden, um eine Analyse von Anlagendaten unter Verwendung der Ausgaben der Daten-Pipelines oder der von diesen produzierten, offengelegten Daten durchzuführen. Die Ausgaben der Analyseblöcke können dann verwendet werden, um Voraussagen durchzuführen, eine Überwachung auf Fehler durchzuführen und online, in Echtzeit, Empfehlungen auszugeben (zum Beispiel Bedienpersonen und Instandhaltungspersonal während deren Arbeitsschichten Empfehlungen auszugeben, während sich die Dinge innerhalb der Anlage entwickeln). Man beachte, dass die Daten-Pipelines verwendet werden können, um Zeitreihen, Anlagengüter-, Maschinengesundheitsdaten, überwachte Daten usw. auf jede gewünschte Weise zu erfassen, zu speichern und zu verarbeiten, um jede gewünschte oder nützliche Ausgabe zu produzieren.

[0048] Zum Beispiel kann eine Daten-Pipeline-Architektur in einem Anlagennetzwerk wie dem in **Fig.** 1 dargestellten Anlagennetzwerk **10** verwendet werden. Das in **Fig.** 1 dargestellte Anlagennetzwerk **10** beinhaltet ein Steuersystem **12** mit einem Controller **14**, der über eine Eingabe-/Ausgabevorrichtung **16** mit verschiedenen Feldvorrichtungen **18** gekoppelt ist, bei denen es sich um Ventile, Sensoren, Sender oder irgendeine andere Art von Vorrichtung handeln kann, die Prozess-, Vorrichtungs- oder Anlagenparameter messen können und/oder die irgendeine physische Steuerungsaktion innerhalb einer Anlage durchführen. Obwohl die in **Fig.** 1 dargestellten Feldvorrichtungen **18** verdrahtete Feldvorrichtungen sind, können sie genauso gut oder stattdessen auch Drahtlos- bzw. Funkvorrichtungen sein und können auf jede gewünschte Weise so konfiguriert sein, dass sie eine Steuerung von Anlagengütern, Systemen, Fluidströmen usw. durchführen. Darüber hinaus beinhaltet das Anlagennetzwerk **10** Überwachungsvorrichtungen oder andere Feldvorrichtungen **20**, die in der Darstellung Funkvorrichtungen sind, die innerhalb des Anlagennetzwerks **10** über eine Drahtlos-Gateway-Vorrichtung **22** verbunden sind. Bei der Vorrichtung **20** kann es sich um jede Art von Vorrichtung handeln, beispielsweise um Instandhaltungsvorrichtungen, Überwachungsvorrichtungen, Sensoren usw. Darüber hinaus können die Vorrichtungen **20** Funk- oder drahtgebundene Vorrichtungen sein, die innerhalb des Anlagennetzwerks **10** unter Verwendung jedes gewünschten Kommunikationsprotokolls und/oder Kommunikationsnetzes kommunizieren können. Außerdem stellt **Fig.** 1 eine Datenverarbeitungsvorrichtung in Form eines mit dem Anlagennetzwerk **10** gekoppelten Spektralanalysators **24** dar. Hierbei kann der Spektralanalysator **24** eine Analyse von Proben der Anlage oder anderen ihr bereitgestellten Daten periodisch durchführen, um Informationen oder Daten über manche Aspekte der Anlagenoperation bereitzustellen oder zu erzeugen. Natürlich ist der Spektralanalysator **24** nur ein Beispiel für eine Test- oder Analysevorrichtung, die im Anlagennetzwerk **10** verwendet werden kann, um Informationen oder Daten über den Betrieb der Anlage, des Steuersystems, des überwachten Systems usw. zu liefern. Darüber hinaus sein klargestellt, dass Datenlieferanten jeder anderen Art mit dem Anlagennetzwerk **10** gekoppelt sein können, einschließlich von Vorrichtungen, die Offline-Labormessungen oder -analysen bereitstellen und anderen Arten von Analysatoren, wie Signalanalysatoren irgendeiner Art.

[0049] Das in **Fig.** 1 dargestellte Anlagennetzwerk **10** beinhaltet auch verschiedene Ebenen einer analytischen Struktur, einschließlich einer oder mehrerer eingebetteter Analyseschichten **26**, die hierin auch

als regionale Massendatenknoten bezeichnet werden, zentralisierter analytischer Schichten **28** und Cloud-basierter analytischer Schichten **30**. Jede der regionalen, zentralisierten und Cloud-basierten analytischen Schichten **26**, **28**, **30** beinhaltet eine oder mehrere Analyse-Engines oder Signalverarbeitungs-Engines, die an einem oder mehreren Prozessoren, Computern, Servern usw. in diesen Schichten im Anlagennetzwerk **10** ausgeführt werden können. Wie in **Fig.** 1 dargestellt ist, können die regionalen eingebetteten Analyseschichten oder -blöcke **26** eine oder mehrere Analyse-Engines **36a**–**36n** beinhalten, die in Vorrichtungen in der Anlage **10** eingebettet sind, die (auf logische oder kommunikationstechnisch verbundene Weise) näher am Steuersystem **10** und den Überwachungssystemvorrichtungen (z.B. **20**, **22**, **24** usw.) liegen. Obwohl die Analyse-Engines **36a**–**36n** in Controllern, Feldvorrichtungen, Gateway-Vorrichtungen usw. implementiert werden können, können diese Engines auch oder stattdessen in eigenständigen Verarbeitungsvorrichtungen implementiert werden, die beispielsweise Massendatenmaschinen implementieren. Die Analyse-Engines **36a**–**36n** können über einen Streaming-Protokollbus **37** miteinander verbunden sein und können über verschiedene Busse oder Kommunikationsnetze, die gleiche oder unterschiedliche Kommunikationsprotokolle verwenden können, mit verschiedenen von den Steuervorrichtungen **14**, **16**, **18** des Steuersystems **12**, mit den Überwachungsvorrichtungen **20**, **24** oder mit anderen Vorrichtungen innerhalb des Systems, beispielsweise dem Spektrumsanalysierer **24**, verbunden sein. In manchen Fällen können die eingebetteten Analyse-Engines **36a**–**36n** in die Steuer- und Überwachungsvorrichtungen oder der anderen Vorrichtungen eingebettet sein oder können eigenständige Vorrichtungen oder Chips innerhalb von Vorrichtungen sein, die eine Datenanalyse durchführen.

[0050] Wie in **Fig.** 1 dargestellt ist, sind die eingebetteten Analyse-Engines **36a**–**36n** über einen Analysebus **37** miteinander verbunden und sind mit Analyseplattformen **40** in einer oder mehreren der zentralisierten Analyseschichten oder -blöcke **28** verbunden. Bei den Analyseplattformen **40** in den zentralisierten Schichten oder zentralisierten Massendatenknoten **28** kann es sich um eine Massendatenplattform mit einer Massendaten-Appliance sein, wie hierin ausführlicher beschrieben. Die Analyse-Engines **36a**–**36n** und die Massendatenplattformen **40** können die Daten aus den Vorrichtungen in den Steuer-, Überwachungs- und Analyse-Engines auf den unteren Ebenen des Anlagennetzwerks **10** von **Fig.** 1 speichern. Darüber hinaus können die Massendaten-Appliances der zentralisierten Schichten **28** mit einer Datenanalyse innerhalb des Cloud-basierten analytischen Blockes **30** verbunden sein. Obwohl dies in **Fig.** 1 nicht dargestellt ist, kann der Cloud-basierte analytische Block **30** jede beliebige Zahl von analytischen Vorrichtungen und Massendatenvorrichtungen beinhalten, die eine Datenanalyse an den ihnen bereitgestellten oder ihnen verfügbaren Daten über die anderen Ebenen oder Blöcke von **Fig.** 1 durchführen.

[0051] Wie in **Fig.** 1 dargestellt ist, kann bzw. können darüber hinaus ein oder mehrere Handgeräte **42** drahtlos mit irgendwelchen von den Analyse-Engines verbunden werden, beispielsweise mit irgendeiner der Vorrichtungen in den analytischen Blöcken **26**, **28** und **30**, um eine Datenanalyse durchzuführen. Somit kann bzw. können beispielsweise ein oder mehrere Handgeräte **42** über eine Schnittstelle mit den Analyse-Engines **36a**–**36n**, mit den Massendaten-Appliances **40** und/oder mit Servern oder anderen Engines im Cloud-Analyseblock **30** verbunden sein, um eine Datenanalyse unter Verwendung von Daten-Pipelines durchzuführen. Auch wenn dies in **Fig.** 1 nicht ausdrücklich dargestellt ist, können die Handgeräte **42** mit anderen Vorrichtungen verbunden werden, um Daten abzufragen, beispielsweise mit den Feldvorrichtungen **18**, den Überwachungsvorrichtungen **20**, den Controllern **14**, den I/O-Vorrichtungen **16**, den Gateways **22**, den Datenverarbeitungsvorrichtungen **24** usw.

[0052] Es sei klargestellt, dass die unteren Ebenen von **Fig.** 1 die Daten darstellen, die von verschiedenen Datenquellen (beispielsweise von I/O-Vorrichtungen, I/O-Bussen, Funk- und drahtgebundenen Feldvorrichtungen, Nahinfrarotspektroskopievorrichtungen und Ausrüstungsüberwachungssystemen) erfasst werden. Auch wenn ein Teil der Daten an herkömmliche Controller **14** gesendet werden kann, wird die Masse der Daten zu den eingebetteten Analyse-Engines **36a**–**36n** in den regionalen Massendatenknoten (d.h. den eingebetteten Analyseschichten **26**) des Netzwerks **10** gestreamt. Die eingebetteten Analyse-Engines **36a**–**36n** cachen die Daten und beginnen eine lokale Verarbeitung in Echtzeit, und die eingebetteten Analyse-Engines **36a**–**36n** können sowohl zum Lernen als auch zu einer Echtzeitausführung fähig sein. Da viele Arten von Analyse-, Fehlererfassungs- und Empfehlungssystemen möglich sind, können die Analyse-Engines **36a**–**36n** in der Lage sein, einen breiten Bereich von Algorithmen auszuführen. Als Teil dieser Fähigkeit können die Analyse-Engines **36a**–**36n** spezialisierte Signalverarbeitungs- und Lernchips (beispielsweise TI-Signalverarbeitungs- und IBM-Neuro-Learning-Chips) beinhalten. Eine solche Kombination aus Hardware und Software kann verwendet werden, um Voraussagen und eine Fehlererfassung durchzuführen und Empfehlungen auszugeben. Als Teil dieses Systems könnte die eingebettete Analyse damit beginnen, Leitindikatoren für die von ihr überwachte Ausrüstung zu identifizieren, und dann mit anderen eingebetteten Analyse-Engines zusammenzuarbeiten, um die Parameter zu identifizieren, die den größten Einfluss auf diese Leitindikatoren haben. Nachdem sie trainiert wurden, könnten die eingebet-

teten Analysemodule **36a**–**36n** dann heruntergeladen werden, und dann verwendet werden, um den Prozess, die Anlagengüter und die Ausrüstung zu überwachen. Ein eindeutiges Merkmal ist, dass die Analyse-Engines **36a**–**36n** kontinuierlich auf eine Weise lernen können, die von einer Daten-Pipeline definiert wird, und ein solches Lernen könnte an irgendeiner der Massendatenvorrichtungen gecachet werden, um zu einem späteren Zeitpunkt in Betracht gezogen werden zu können.

[0053] Darüber hinaus, und wie in **Fig.** 1 dargestellt ist, kann die Datenanalyse in den Handgeräten **42** abgearbeitet oder ausgeführt werden. In der Tat können mit der Entwicklung neuer Chipsätze mit eingebauten Analysefähigkeiten die Handgeräte **42** zu den besten Orten für die tatsächliche Durchführung einer Analyse gehören. Vor diesem Hintergrund können sich die Handgeräte **42** Daten aus den Vorrichtungen einer tieferen Ebene, beispielsweise Controllern **14**, Feldvorrichtungen **18**, Überwachungsvorrichtungen **20**, und aus Vorrichtungen einer höheren Ebene, beispielsweise eingebetteten Analyse-Engines **36a**–**36n**, zentralisierten Massendaten-Servern **40** und der Cloud-Schicht **30** holen, um eine spezialisierte Verarbeitung durchzuführen. In einem solchen Fall könnte spezialisierte Applets für spezifische Ausrüstung, Vorrichtungen, Prozesse, Unternehmen usw. entwickelt werden, und diese Applets könnten an den Handgeräten **42** ausgeführt werden.

[0054] Wie oben angegeben, können die Strategien, die an die eingebetteten Analyse-Engines **36a**–**36n** gesendet werden, beispielsweise einen oder mehrere Analyseblöcke beinhalten, die miteinander zu einer Daten-Pipeline verkettet sind. Zum Beispiel kann ein erster Block in der Daten-Pipeline verwendet werden, um bestimmte Daten (z.B. Controller-Daten, Feldvorrichtungsdaten, Messdaten, Überwachungsdaten, Vorrichtungsdaten usw.) zu filtern, ein zweiter Block in der Daten-Pipeline kann verwendet werden, um sich um fehlende Daten innerhalb des gefilterten Datensatzes zu kümmern (z.B. die fehlenden Daten zu finden, die Daten auf Basis von Interpolation oder anderen Techniken einzufügen, usw.), ein dritter Block in der Daten-Pipeline kann verwendet werden, um die Daten aus dem zweiten Block zeitlich auszurichten, ein vierter Block in der Daten-Pipeline kann verwendet werden, um Parameter aus einem Array oder einer Matrix der ausgerichteten Daten auszuwählen, ein fünfter Block in der Daten-Pipeline kann verwendet werden, um eine Fehlererfassung anhand der ausgewählten Parameter durchzuführen, und ein Endblock in der Daten-Pipeline kann verwendet werden, um Voraussagen über die Fehlererfassungsdaten durchzuführen. Jede Daten-Pipeline kann von einem Modul gehostet werden, das Alarme/Warnungen und beispielsweise manuell anpassbare Alarmgrenzen beinhaltet.

[0055] Natürlich könnte jede Daten-Pipeline verschiedene unterschiedliche oder verschiedene unterschiedliche Arten von Datenverarbeitungsblöcken beinhalten, die verwendet werden können, um eine Verarbeitung von Daten durchzuführen, die innerhalb der Anlage **10** erfasst werden. Zum Beispiel könnte ein Block oder Modul innerhalb einer Daten-Pipeline folgendes beinhalten oder durchführen: 1) Datenbereinigung (um Rauschen und inkonsistente Daten zu entfernen), 2) Datenintegration (wobei mehrere Datenquellen kombiniert werden können), 3) Datenauswahl (wobei Daten, die für eine Analyseaufgabe relevant sind, aus der Datenbank abgerufen werden), 4) Datentransformation (wobei Daten in Formen umgewandelt und konsolidiert werden, die von nachgeschalteten Algorithmen oder Blöcken verwendet werden können), 5) Data-Mining (ein essentieller Prozess, bei dem intelligente Verfahren angewendet werden, um Muster innerhalb der Daten zu extrahieren), 6) Musterevaluierung (um die wirklich interessanten Muster zu identifizieren, die Wissen auf Basis von Interessantheitsgraden darstellen) usw. Außerdem können von einer oder mehreren Daten-Pipelines oder -Blöcken innerhalb von Daten-Pipelines Wissenspräsentation und Voraussagen generiert werden. In manchen Fällen können Daten-Pipelines beispielsweise Visualisierungstechniken beinhalten, um Erkenntnisse zu präsentieren, und können Online-Modelle beinhalten, die verwendet werden können, um Voraussagen für die Steuerung oder Überwachung bereitzustellen. Darüber hinaus können die Voraussagen in manchen Fällen auch in Steuerstrategien eingebunden werden, wodurch die Steuerschleife auf Basis von Daten-Pipeline-Analysen geschlossen wird.

[0056] Nur als Beispiel stellen **Fig.** 2A–**Fig.** 2C verschiedene unterschiedliche Daten-Pipelines dar, die in einem Anlagennetzwerk **10**, wie dem von **Fig.** 1, implementiert werden könnten. Genauer stellt **Fig.** 2A eine Daten-Pipeline **50** mit fünf Datenanalyseblöcken dar, die kommunikationstechnisch miteinander verbunden sind (wie von den Pfeilen dargestellt ist), um verschiedene Datenverarbeitungsaufgaben an ein und demselben Datenstrom durchzuführen. In der Beispiels-Daten-Pipeline **50** von **Fig.** 2A erfasst ein erster Datenverarbeitungsblock **52** Prozessdaten eines bestimmten Typs (z.B. Überwachungs- oder Ventildaten), ein zweiter Block **54** filtert die vom Block **52** erfassten Daten, ein dritter Datenverarbeitungsblock **56** führt durch Einfügen von fehlenden Daten oder eine Verarbeitung der gefilterten Daten eine Datenglättung durch, um Ausreißer zu eliminieren, usw. Der dargestellte Block **56** stellt bestimmte errechnete Daten bereit oder macht sie sichtbar oder legt sie zur Verwendung durch andere Blöcke offen (die Teil anderer Daten-Pipelines oder Analysemodule sind, die mit den gemeinsam genutzten Daten verbunden werden oder diese abfragen können). Im Falle des Blockes **56** wird die durchschnittliche (mittlere) und Stan-

dardabweichung (SD) der gefilterten und geglätteten Daten als offengelegte Parameter bereitgestellt. In jedem Fall führt ein vierter Block **58** der Daten-Pipeline **50** eine Fourier-Transformation an den gefilterten und geglätteten Daten aus dem Block **56** durch und kann an seinem Ausgang eine Frequenzpräsentation der Daten bereitstellen. Ein Block **59** in der Daten-Pipeline **50** führt dann eine Analyse der Frequenzdaten am Ausgang des Blockes **58** durch, um eine oder mehrere dominante Frequenzen des Signals zu bestimmen. Die Daten der dominanten Frequenz können die letztendliche Ausgabe der Daten-Pipeline **50** sein und können in einer Datenbank gespeichert oder für die Verwendung durch andere Analyseblöcke offengelegt werden.

[0057] Auf ähnliche Weise stellt **Fig.** 2B eine Daten-Pipeline **60** mit verschiedenen Datenverarbeitungsblöcken dar, die Datenströme innerhalb der Daten-Pipeline **60** umwandeln. In diesem Beispiel weist die Daten-Pipeline **60** auf: drei Datenerfassungsblöcke **62A**–**62C**, die so angeschlossen sind, dass sie verschiedene Datenströme von verschiedenen unterschiedlichen Vorrichtungen oder Datenquellen empfangen, Filterblöcke **64A**–**64C**, welche die Datenströme aus den Blöcken **62A**–**62C** filtern, und einen Datenverarbeitungsblock **65**, der Daten aus einem der Filterblöcke **64A** verarbeiten kann, um Ausreißer zu entfernen. Dann richtet ein Block **66** die Daten aus den Blöcken **64B** und **64C** und **65** zeitlich aus, um eine Matrix aus zeitlich ausgerichteten Daten zu produzieren, während ein Block **68** Daten innerhalb der Matrix von Daten, die vom Block **66** produziert werden, auswählt, um eine weitere Verarbeitung durchzuführen. Die dargestellten Filterblöcke **64A**, **64B** und **64C** legen Parameter über die gefilterten Daten, beispielsweise etwaige statistische Methoden der gefilterten oder eingehenden Daten, die Filterkoeffizienten usw., offen. Natürlich könnten von diesen oder anderen Blöcken in der Daten-Pipeline **60** von **Fig.** 2B auch andere Daten berechnet und offengelegt werden.

[0058] Darüber hinaus stellt **Fig.** 2C eine Daten-Pipeline **70** dar, die Blöcke beinhaltet, die an divergierenden Datenströmen operieren. In diesem Fall erfasst ein erster Datenverarbeitungsblock **72** (z.B. ein Datenerfassungsmodul) Prozessdaten eines bestimmten Typs (z.B. Überwachungs- oder Ventildaten), ein zweiter Block **74** (z.B. ein Zwischenverarbeitungsmodul) filtert die vom Block **72** gefilterten Daten und ein dritter Datenverarbeitungsblock **76** (z.B. ein anderes Zwischenverarbeitungsmodul) glättet die gefilterten Daten durch Einfügen fehlender Daten oder Verarbeiten der gefilterten Daten, um Ausreißer usw. zu eliminieren. Danach führen die Blöcke **78A**–**78D** (ebenfalls Zwischenverarbeitungsmodule) Fourier-Transformationen an den gefilterten und geglätteten Daten aus den Blöcken **76** mit unterschiedlichen Abtastraten durch, und die Blöcke **79A**–**79E** filtern die Daten aus den Fourier-Transformationblöcken **78A**–**78D**. In diesem Fall können die Blöcke **79D** und **79E** dieselben Daten aus dem Block **78D** unter Verwendung unterschiedlicher Filterkoeffizienten (z.B. Durchlassraten) filtern, um unterschiedliche Sätze gefilterter Daten zu erzeugen. In jedem Fall können die Daten aus den Blöcken **79A**–**79E** von einem Block **80**) der ein Abschlussverarbeitungsmodul sein kann) zur Verwendung in anderen Analysen in einer Datenbank gespeichert werden, können einem Anwender von einem Block **82** (der ein Abschlussverarbeitungsmodul sein kann) als Grafik oder Diagramm präsentiert werden usw.

[0059] Es sei klargestellt, dass jeder der Blöcke in den verschiedenen Daten-Pipelines von **Fig.** 2A–**Fig.** 2C in verschiedenen oder in denselben Vorrichtungen, Prozessoren usw. innerhalb des Anlagennetzwerks **10** von **Fig.** 1 gespeichert und ausgeführt werden kann. Zum Beispiel sind bei der in **Fig.** 1 dargestellten Daten-Pipeline **60** von **Fig.** 2B die verschiedenen Datenverarbeitungsblöcke in unterschiedlichen Vorrichtungen innerhalb des Anlagennetzwerks **10** angeordnet. In diesem Fall sind die Datenverarbeitungsblöcke **62A**–**62C** in verschiedenen von den Feldvorrichtungen **18** und **20** von **Fig.** 1 angeordnet, während die Filterblöcke **64A**–**64C** in verschiedenen von den I/O-Vorrichtungen **16** und Gateway-Vorrichtungen **22** gespeichert sind und ausgeführt werden. Der Glättungsblock **65** ist bzw. wird in einer der Analyse-Engines **36b** gespeichert und ausgeführt, während der Zeitausrichtungsblock **66** in einer anderen von den Analyse-Engines **36a** gespeichert ist und ausgeführt wird. Der Auswahlblock **68** ist bzw. wird in der Massendatenanalyseplattform **40** gespeichert und ausgeführt. Natürlich ist jeder von den separaten Blöcken der Daten-Pipeline **60** über die verschiedenen Kommunikationsnetze, die zwischen die Vorrichtungen geschaltet sind, in denen diese Blöcke ausgeführt werden, kommunikationstechnisch verbunden, und die Blöcke der Daten-Pipeline **60** sind so konfiguriert, dass sie unter Verwendung von für dieses Netz geeigneter Kommunikation oder über Inter-Netzwerk-Kommunikation miteinander kommunizieren (wie von der Daten-Pipeline **60** definiert). Somit kann eine bestimmte Daten-Pipeline zwischen Vorrichtungen, die unterschiedliche Kommunikationsnetze und -protokolle verwenden, verteilt werden und trotzdem nahtlos arbeiten. Natürlich können die Daten, die von irgendeinem der Blöcke der Daten-Pipeline **60** offengelegt oder ausgegeben werden, an beliebige von den anderen Vorrichtungen oder Anwendungen im Anlagennetzwerk **10** ausgegeben oder für diese zugänglich gemacht werden, einschließlich von solchen in den Handgeräten **42**, in der Cloud **30** usw.

[0060] Als weiteres Beispiel ist die gesamte in **Fig.** 2A dargestellte Daten-Pipeline **50** in der Analyse-Engine **36n** angeordnet und wird von dieser ausgeführt. Als weiteres Beispiel werden die ersten drei

Blöcke der in **Fig.** 2C dargestellten Daten-Pipeline **70** in der Analyse-Engine **36b** ausgeführt, während der größte Teil der übrigen Datenverarbeitungsblöcke der in **Fig.** 2C dargestellten Daten-Pipeline in der Massendatenplattform **40** ausgeführt wird, wobei der dargestellte Aufzeichnungsblock **80** im Handgerät **42** ausgeführt wird.

[0061] Natürlich sind die Konfiguration der verschiedenen Blöcke der Daten-Pipeline von **Fig.** 2 und die Stellen, wo sie sich befinden, nur Beispiele, und es kann jeder Block oder jedes Modul einer Daten-Pipeline jeweils in jeder geeigneten Vorrichtung im Anlagennetzwerk gespeichert und ausgeführt werden, beispielsweise auf Basis der Verarbeitungsleistung der Vorrichtung, der Datenspeicherkapazität der Vorrichtung, der Nähe der Vorrichtung zu einer Datenquelle usw. Darüber hinaus können verschiedene Datenverarbeitungsmodule ein und derselben Daten-Pipeline in unterschiedlichen Netzwerken (z.B. irgendwelchen von denen, die mit den Feldgeräten **18** und/oder **20** und dem Controller **14** von **Fig.** 1 assoziiert sind) und/oder einem Anlagenkommunikationsnetz, wie irgendeinem der Kommunikationsnetze **26**, **28**, **30** von **Fig.** 1, gespeichert werden. Der Punkt ist, dass eine Daten-Pipeline, nachdem sie einmal in den verschiedenen Vorrichtungen im Anlagennetzwerk **10** erzeugt und installiert worden ist, an den an ihr bereitgestellten Daten arbeitet und neue Daten produziert, die in beliebigen unterschiedlichen analytischen Modellroutinen, anderen Daten-Pipelines usw., gespeichert oder bereitgestellt werden können, die diese Daten verwenden können, um Modelle auszuführen, Analysen höherer Ebenen durchzuführen, einem Anwender Daten anzuzeigen, usw. In manchen Fällen können die Daten-Pipelines selbst analytische Module sein, die in der Anlage **10** allgemein verteilt sind, um Datenströme auf bekannte oder vorgegebene Weise zu verarbeiten, um neue Daten oder neue Arten von Daten zur Verwendung oder Verarbeitung durch andere Analysemodule oder zum Verbrauch durch einen Anwender verfügbar zu machen. Falls gewünscht, können Daten-Pipeline natürlich verwendet werden, um ein gesamtes analytisches Modul (von Anfang bis Ende) zu implementieren oder kann in einen Teil eines analytischen Moduls aufgenommen oder von einem solchen verwendet werden. Infolgedessen kann eine bestimmte Daten-Pipeline, nachdem sie in einer Anlage installiert worden ist, von mehr als einem analytischen Modul verwendet werden, um unterschiedliche Arten von Analysen an denselben Daten oder unter Verwendung derselben Daten durchzuführen.

[0062] Es sei außerdem klargestellt, dass die Daten-Pipelines von **Fig.** 2A–**Fig.** 2C nur Beispiele sind und dass auch andere Arten von Daten-Pipelines, die einen beliebigen Satz von jeweils in einer beliebigen Reihenfolge kommunikationstechnisch miteinander verbundenen Verarbeitungsblöcken definieren, entworfen und verwendet werden können. Darüber hinaus können Daten-Pipelines konvergierende oder divergierende Ströme oder beides aufweisen und können viel komplizierter sein als die einfachen Daten-Pipelines, die in **Fig.** 2A–**Fig.** 2C dargestellt sind, mit jeder beliebigen Zahl divergierender und/oder konvergierender Zweige, jeder beliebigen Zahl von Modulen, die auf jede beliebige Art und Weise miteinander verbunden sind, usw.

[0063] Man beachte, dass die Verwendung von Daten-Pipelines als fundamentales Konzept einer Datenverarbeitungsarchitektur in Überwachungs- und Analysesystemen die effiziente Verarbeitung von Daten in Echtzeit oder in einem von analytischen Modulen verwendeten Zeitrahmen ermöglicht. Eine solche Daten-Pipeline beinhaltet einen Satz von Algorithmen, die in einer spezifischen Reihenfolge angeordnet wurden und die konfiguriert wurden, um Modelle zu entwickeln, die von anderen analytischen Modulen verwendet werden können. Die resultierenden Modelle können heruntergeladen und in einer Laufzeitumgebung verwendet werden, um Voraussagen, eine Fehlererfassung und Empfehlungen durchzuführen. Module, die in der Daten-Pipeline enthalten sein können, beinhalten beispielsweise Datenauswahl- und/oder Datenbereinigungsmodule, Datenausrichtungsmodule, Sensitivitätsanalysemodule, Kausalitätsanalysemodule, Module für überwachtes Lernen und Module für unüberwachtes Lernen.

[0064] Darüber hinaus können Daten-Pipelines von beliebigen der Verarbeitungsmodule innerhalb von beliebigen der Daten-Pipelines eine Datenerfassung und -verarbeitung mit jeder gewünschten Kommunikations- und Datenverarbeitungsgeschwindigkeit ausführen. Zum Beispiel können Daten-Pipelines oder ihre Verarbeitungsmodule rohe Prozessdaten mit einer Datenrate erfassen, die höher ist, gleich hoch ist oder langsamer ist als die Ausführungsrate eines Prozess-Controllers, der innerhalb eines Prozesssteuerungsnetzwerks angeordnet ist, in dem die rohen Prozessdaten generiert werden. Allgemein gesprochen ist es in der Regel erstrebenswert, rohe Prozessdaten mit einer Datenrate zu erfassen, die höher schneller ist als die Ausführung eines Prozess-Controllers, der solche Daten verwenden kann, um Prozesssteuerungsaktivitäten innerhalb einer Anlage durchzuführen. Um solche Daten in Echtzeit zu verarbeiten, ist es außerdem in der Regel erstrebenswert, zumindest manche von den Datenverarbeitungsmodulen in einer Daten-Pipeline so zu konfigurieren, dass sie mit einer Ausführungsrate arbeiten, die höher ist als die Ausführungsrate des Prozess-Controllers, und Daten zwischen unterschiedlichen Verarbeitungsmodulen einer Daten-Pipeline mit Raten zu versehenden, die höher sind als die Ausführungsrate des Prozess-Controllers. Diese höhere Datenrate ermöglicht es einer Daten-Pipeline, Rohdaten mit einer Datenrate zu verarbeiten und zu analysieren, die hö-

her ist als die Controller-Ausführungsrate, wodurch in der Regel eine bessere oder vollständigere Prozessanalyse ermöglicht wird.

[0065] In einem allgemeineren Sinne ist **Fig.** 3 eine Abbildung eines Blockdiagramms **85** verschiedener Arten von Datenverarbeitungsblöcken oder -funktionen, die miteinander verbunden werden können, um eine Daten-Pipeline innerhalb eines Anlagennetzwerks zu bilden. Genauer stellt ein Block **86** eine oder mehrere Quellen für Daten innerhalb der Anlage dar, einschließlich strukturierter und unstrukturierter Daten, wie Prozessdaten, Spektraldaten, Vibrationsdaten, Bilddaten usw. Bei den in Block **86** dargestellten Datenquellen kann es sich um jede beliebige Datenquelle handeln, beispielsweise eine Quelle für Mess- oder Rohdaten, verarbeitete Daten, Steuerdaten, Überwachungsdaten, Instandhaltungsdaten, Vorrichtungsdaten, Daten, die von anderen Daten-Pipelines oder anderen Analysemodulen produziert werden, usw. Diese Daten können von einer Online-Quelle, von einer Datenbank oder einem Historian oder von einer externen Quelle (z.B. dem Internet, einer Quelle außerhalb des Anlagennetzwerks usw.) verfügbar gemacht werden.

[0066] Das Schaubild **85** beinhaltet auch Blöcke, die verschiedene Arten von Verarbeitungen darstellen, die von einem oder mehreren Datenverarbeitungsblöcken in einer Daten-Pipeline, einschließlich eines Datenauswahl- und -bereinigungsblocks **87**, eines Datenausrichtungsblocks **88**, eines Sensitivitätsanalyseblocks **89**, eines Kausalitätsanalyseblocks **90**, eines Blockes **91** für überwachtes Lernen und eines Blockes **92** für unüberwachtes Lernen, durchgeführt werden können. Die Blöcke **87**–**92** beinhalten die wichtigsten Arten der Datenverarbeitungsfunktionen, die in einer Daten-Pipeline durchgeführt werden können oder werden, und jede Daten-Pipeline beinhaltet in der Regel einen oder mehrere Verarbeitungsblöcke der Arten, die von den Blöcken **87**–**92** dargestellt werden und die auf irgendeine Weise kommunikationstechnisch miteinander verbunden sind. Wie von den Pfeilen in **Fig.** 3 dargestellt ist, fragen die Blöcke **87**–**92** in einer Daten-Pipeline Daten vom Block **86** (z.B. irgendeiner vorgegebenen Datenquelle) ab und können in einer beliebigen Reihenfolge oder auf beliebige Weise verbunden sein, um verschiedene Datenverarbeitungsfunktionen durchzuführen.

[0067] Wie von einem Präsentationsblock **93** und einem Block **94** für eine explorative Analyse in **Fig.** 3 dargestellt ist, können die Daten-Pipelines, die aus einer Kombination aus einem oder mehreren der Blöcke **87**–**92** erzeugt werden, darüber hinaus Ausgaben oder verarbeitete Daten an verschiedene Anwender im Anlagennetzwerk bereitstellen. Beispielsweise stellt der Präsentationsblock **93** irgendeine Art von Präsentation der von der Daten-Pipeline produzierten Daten bereit. Eine solche Präsentation kann beispielsweise ein Graph, ein Diagramm, ein Betrachtungsfeld, eine Animation usw. sein, um irgendeine Darstellung, Veranschaulichung, Abbildung oder andere Betrachtung der von einem oder mehreren Blöcken der Daten-Pipeline (z.B. von einem Kausalitätsblock **90**, einem Sensitivitätsblock **89**, einem Block **91**, **92** für überwachtes oder unüberwachtes Lernen usw.) produzierten Daten bereitzustellen. Ebenso kann der Block **94** für eine explorative Analyse einem Anwender eine Schnittstelle mit einer Daten-Pipeline bereitstellen, um Änderungen vornehmen, Datenquellen neu hinzufügen oder ändern, die Daten-Pipeline entstören zu können usw., jeweils in dem Bemühen, neue oder nützlichere Daten-Pipelines zu erzeugen, eine neue Datenverarbeitung oder Datenquellen in der Daten-Pipeline auszuprobieren, usw.

[0068] Natürlich gibt es viele Arten von Algorithmen oder Techniken, die verwendet werden können, um eine Datenverarbeitung an irgendeinem der Blöcke **87**–**92** durchzuführen, und nachstehend werden nur einige wenige Beispiele für diese Techniken erörtert. Insbesondere können die Datenauswahl- und -bereinigungsfunktionen des Blockes **87** unter Verwendung verschiedener Techniken implementiert werden. Zum Beispiel können diese Blöcke die Parameter oder Daten für die Bereinigung und die Zeitspanne für die Bereinigung oder Verwendung von Daten anhand jeder gewünschten Technik auswählen oder spezifizieren. Diese Auswahlen können absolut oder festgelegt sein, wie vom Blockerzeuger vorgegeben, oder sie können auf Basis irgendwelcher aktueller Kriterien oder Berechnungen bestimmt werden. Zum Beispiel kann die Datenauswahl automatisch starten, wenn ein vorgegebener Parameter eine hohe Variabilität (entweder online oder in den in einer Datenbank gespeicherten historischen Daten) zeigt. Ein Datenauswahlblock **87** kann die Zeitspanne erkunden, in der die Variabilität für einen problematischen Parameter hoch ist, und kann diese Zeitspanne beispielsweise auf Basis der Prozessreaktionszeit in die Vergangenheit und in die Zukunft hinein erweitern, wenn solche Daten verfügbar sind. In einem anderen Fall kann ein Datenauswahlblock **87** die Variabilität von Downstream- und Upstream-Parametern innerhalb einer vordefinierten Zeitspanne überprüfen und kann Parameter auswählen, die eine Mindestvariation überschreiten (unter der Annahme, dass Upstream/Downstream-Parameter bei der Konfiguration oder anderweitig vordefiniert worden sind). Wenn innerhalb einer Anlage kein Upstream/Downstream-Pfad definiert ist, kann der Datenauswahlblock **87** Parameter für die Prozesseinheit auswählen, eine Hauptkomponentenanalyse (principle component analysis, PCA), mit den Daten über der ausgewählten Zeitspanne entwickeln, kann einen Schwankungssignifikanzindex (oscillation significance index, OSI) für alle Parameter berechnen und kann dann Parameter auf Basis dieses Indexwerts

auswählen. Natürlich können auch viele andere Methoden der Datenauswahl verwendet werden.

[0069] In einem anderen Fall kann ein Datenauswahl- und -bereinigungsblock **87** fehlende oder ungültige Daten erfassen und eine Datenkorrektur oder einen Ausschluss dieser Daten durchführen. Zum Beispiel kann ein Block **87** einem letzten bekannten gültigen Wert für diese Variable (z.B. online) einen Ungültigkeitsstatus-Datenwert geben. In einem anderen Fall kann ein Block **87** fehlende Daten unter Verwendung von Interpolationstechniken einfügen. Wenn beispielsweise der Gradient eines Datentrends des letzten gültigen Datenabschnitts (vor den fehlenden Daten) dem Gradienten des Teiles der Daten nach dem Zeitraum der fehlenden Daten ungefähr gleich ist, dann können die fehlenden Parameterwerte entsprechend dem Gradienten eingefügt werden. Diese Regel kann bis zu einer Datenlänge angewendet werden, die der Prozessreaktionszeit gleich ist, oder, wenn die Prozessreaktionszeit unbekannt ist, bis zu einer vorgegebenen Anzahl von Abfragen (z.B. **10**). Wenn die Gradienten der Daten vor und nach den fehlenden Daten nicht gleich sind, kann der Variablenmittelwert der Daten angewendet werden, um die fehlenden Datenwerte zu generieren. Ebenso kann die Zeitspanne, in der Daten ungültig sind, aus dem Datensatz herausgeschnitten werden, wenn eine erhebliche Anzahl von Datenwerten fehlt, z.B. zweimal doppelt so viele wie die verfügbaren Daten, oder wenn mehrere Variablen in derselben Zeitspanne ungültig sind. Es kann jede bekannte Vorgehensweise zum Ausschließen oder Abtrennen von Daten für Mehrzustandsmodelle oder für die Erstellung von Datenscheiben verwendet werden. In diesem Fall kann die Erstellung von Datenscheiben durchgeführt werden, nachdem Parameterverzögerungen in Bezug auf die Leitvariable definiert worden sind. Für ein unüberwachtes Lernen kann ein einfacher Datenschnitt angewendet werden. Wenn mehr als 20 Prozent der Werte über einem ausgewählten Zeitraum ungültig sind, kann die Variable außerdem ganz von der Modellierung / dem Lernen ausgeschlossen werden, wenn diese Variable keine Schlüsselvariable ist, die in der Analyse definitiv notwendig ist.

[0070] In einem noch anderen Fall kann der Block **87** die Entfernung von Ausreißern durchführen, indem er beispielsweise eine 3σ (Standardabweichungsregel) anwendet oder eine Hammel-Analyse (d.h. eine Regel für eine mittlere absolute Abweichung) anwendet oder eine modellbasierte Regel anwendet (z.B. AR/ARIMA) oder auf Kalman basierende Regeln für die Erkennung von Ausreißern anwendet, um nur einige zu nennen.

[0071] Darüber hinaus kann ein Datenauswahl- und -bereinigungsblock **87** eine Datenfilterung durchführen. Zum Beispiel könnte ein Block **87** eine Filterung nur dann anwenden, wenn eine spezifische Anwendung die Filterung benötigt, oder kann eine Auswahl aller gewünschten oder bekannten Filtertechniken bereitstellen, beispielsweise eine Savitzky-Golay-Filterung, eine exponentielle Filterung, eine Durchschnittswertfilterung, eine optionale Wavelet-Filterung usw.

[0072] Auf ähnliche Weise kann ein Block **88** eine Datenausrichtung unter Verwendung jeder gewünschten Technik durchführen. Zum Beispiel kann eine Datenausrichtung durch Auswählen eines Downstream-Qualitätsparameters für ein überwachtes Lernen oder eines Downstream-Verarbeitungsleitparameters mit einer erheblichen Variation für ein unüberwachtes Lernen durchgeführt werden. Die Datenausrichtung kann nacheinander einen Kreuzkorrelationsalgorithmus für jeden Upstream-Parameter anwenden, um eine zeitliche Verzögerung für Upstream-Parameter zu definieren, oder kann PCA-Techniken für jeden Upstream-Parameter anwenden, um die eine zeitliche Verzögerung zu definieren. Der Block **88** kann eine neue Datei aus ausgerichteten Daten auf Basis der zeitlichen Verzögerungen entwickeln, und wenn der Qualitätsparameter in einem Labor entwickelt wird, könnte er nur den ersten Wert nach einer Änderung verwenden.

[0073] In einem noch weiteren Fall kann ein Block **80** eine Sensitivitätsanalyse beispielsweise unter Verwendung einer Zeitausrichtungsdatei (wie beispielsweise von einem Block **88** produziert) durchführen und ein Partial Least Squares(PLS)-Modell entwickeln. Der Block **89** kann eine Verstärkung für jeden Modelleingang experimentell unter Verwendung von sequenziellen Sprungänderungen an jeder Eingabe definieren (um Sensitivitäten von Variablen für Änderungen an anderen Variablen zu bestimmen). Der Block **89** kann Eingaben mit einer unter einem Mindestwert liegenden Verstärkung aus der Modellkonfiguration ausschließen und kann optional eine PCA anwenden und OSIs (Schwankungssignifikanzindizes) für Eingabeparameter anwenden.

[0074] Ebenso kann ein Block **90** unter Verwendung nicht-ausgerichteter und/oder ausgerichteter Dateien eine Kausalitätsanalyse durchführen und kann aus diesen Dateien PCA-Modelle entwickeln. Der Block **90** kann auch OSI-Indizes für Eingabeparameter (Signifikanzindizes) definieren und kann Eingaben mit einem Indexwert, der kleiner als mindestens erforderlich, von der Modellkonfiguration ausschließen.

[0075] Darüber hinaus kann ein Block **91** ein überwachtes Lernen unter Verwendung beliebiger gewünschter nichtlinearer Modelle, beispielsweise Neuronalnetzmodelle, oder linearer Modelle, wie PLS- oder MLR-Modelle durchführen. Ein Block **92** kann ein unüberwachtes Lernen durch Anwenden einer analytischen Modellierung, wie einer PCA- und SVD-Modellierung, durch Durchführen einer Daten-Clus-

terbildung, durch K-Means, k-NN, Entscheidungsbäume, Bagging, Boosting, Random Forest, bedingte Baye'scher Wahrscheinlichkeitsanalysen usw. durchführen. Natürlich sind dies nur einige wenige Beispiele für die Arten der Verarbeitung, die stattfinden können oder die in den einzelnen Blöcken **87**–**92** in einer Daten-Pipeline implementiert werden können, und es können viele andere Arten der Datenverarbeitung zusätzlich dazu oder anstelle davon angewendet werden.

[0076] Als weiteres Beispiel für die Verwendung von Daten-Pipelines zeigt **Fig.** 4 ein vereinfachtes Blockschema eines Beispiels für ein Massendatennetzwerk **100** für eine Prozessanlage oder ein Prozesssteuerungssystem, die bzw. das einen oder mehrere Prozesse steuert und Prozesssteuerungsmassendaten unterstützt und die bzw. das insbesondere unter Verwendung einer oder mehrerer Daten-Pipelines arbeitet, um eine oder mehrere Instanzen des automatischen oder autonomen, auf Signalverarbeitung basierenden Lernens zu implementieren. Das Prozesssteuerungs-Massendatennetzwerk **100** beinhaltet einen oder mehrere Prozesssteuerungs-Massendatenknoten **102**–**110**, von denen jeder Prozesssteuerungsmassendaten erfasst, observiert, generiert, speichert, analysiert, sendet, empfängt oder auf diese zugreift und/oder an diesen arbeitet. Die Begriffe „Prozesssteuerungsmassendaten“, „Prozessmassendaten“ und „Massendaten“ werden hierin austauschbar verwendet und bezeichnen allgemein alle (oder fast alle) Daten, die von Vorrichtungen, die im Prozesssteuerungssystem oder in der Prozesssteuerungsanlage enthalten sind und damit assoziiert sind, generiert, empfangen und/oder observiert werden. In manchen Fällen werden alle Daten, die von allen Vorrichtungen, die in der Prozessanlage enthalten und mit dieser assoziiert sind, generiert, erzeugt, empfangen oder auf andere Weise observiert werden, als Massendaten innerhalb des Prozesssteuerungs-Massendatennetzwerks **100** erfasst und gespeichert.

[0077] Das Beispiel des Prozesssteuerungs-Massendatennetzwerk **100** beinhaltet eine oder mehrere unterschiedliche Arten von Prozesssteuerungs-Massendatenknoten oder -Vorrichtungen **102**–**110**, von denen jede Prozesssteuerungs-Massendaten, die durch die Steuerung des einen oder der mehreren Prozesse durch die Prozessanlage oder das Prozesssteuerungssystem generiert werden oder die darauf basieren, erfasst, observiert, generiert, speichert, analysiert, sendet, empfängt und/oder auf diese zugreift oder an diesen arbeitet. Jede(r) Prozesssteuerungs-Massendatenknoten oder -Vorrichtung **102**–**110** ist mit einem Prozesssteuerungssystem-Massendatennetzwerk-Backbone (nicht dargestellt) verbunden und kann das Backbone verwenden, um mit einem oder mehreren anderen Prozesssteuerungs-Massendatenknoten zu kommunizieren. Somit umfasst das Prozesssteuerungs-Massendatennetzwerk **100** das Prozesssteuerungssystem-Massendatennetzwerk-Backbone und die Prozesssteuerungs-Massendatenknoten **102**–**110**, die kommunikationstechnisch damit verbunden sind. In einem Beispiel beinhaltet das Prozesssteuerungs-Massendatennetzwerk **100** mehrere vernetzt arbeitende Rechenvorrichtungen oder Netzwerkweichen, die dafür ausgelegt sind, Pakete zu verschiedenen anderen Vorrichtungen, Weichen oder Knoten des Netzwerks **100** zu routen. Wie noch genauer beschrieben wird, kann eine oder können mehrere Daten-Pipelines innerhalb der verschiedenen Vorrichtungen, Knoten usw. des Massendatennetzwerks **100** implementiert werden, um eine Datenverarbeitung und ein überwachtes oder unüberwachtes Lernen an Daten, die innerhalb der verschiedenen Knoten **102**–**110** des Massendatennetzwerks **100** generiert werden, erfasst werden oder anderweitig verfügbar sind, durchzuführen.

[0078] Das Backbone des Massendatennetzwerks der Prozesssteuerung kann jede beliebige Zahl von drahtgebundenen Kommunikationsverbindungen und jede beliebige Zahl von drahtlosen Kommunikationsverbindungen beinhalten, die ein oder mehrere geeignete Routing-Protokolle, z.B. Protokolle, die in der Internet Protocol(IP)-Suite enthalten sind (z.B. UDP (User Datagram Protocol), TCP (Transmission Control Protocol), Ethernet, etc.) oder andere geeignete Routing-Protokolle unterstützen. Das Backbone kann ein Streaming-Protokoll wie das Stream Control Transmission Protocol (SCTP) und/oder ein anderes geeignete Streaming-Protokoll zum Streamen (z.B. Transportieren) von Daten zwischen Prozesssteuerungs-Massendatenknoten unterstützen. Zum Beispiel beschreibt die oben genannte US-Patentanmeldung Nr. 14/506,863 mit dem Titel „STREAMING DATA FOR ANALYTICS IN PROCESS CONTROL SYSTEMS” Beispiele für Streaming-Protokolle und -Techniken für Prozesssteuerungs-Massendaten, von denen irgendwelche oder mehrere vom Prozesssteuerungs-Massendatennetzwerk-Backbone im Netzwerk **100** verwendet werden können. In der Regel kann jeder Knoten, der im Prozessdaten-Massendatennetzwerk **100** enthalten ist, zumindest eine Anwendungsschicht (und bei manchen Knoten zusätzliche Schichten) des einen oder der mehreren Routing-Protokolle, die vom Backbone unterstützt werden, unterstützen. In manchen Fällen wird jeder Prozesssteuerungsmassendatenknoten **102**–**110** innerhalb des Massendatennetzwerks **100** des Prozesssteuerungssystems eindeutig identifiziert, z.B. durch eine eindeutige Netzwerkadresse.

[0079] Zumindest ein Abschnitt des Prozesssteuerungssystem-Massendatennetzwerks **100** kann ein Adhoc-Netzwerk sein. Somit können zumindest manche von den Knoten **102**–**110** (und/oder einer oder mehrere andere Knoten, beispielsweise eine Benutzerschnittstellenvorrichtung **130**) mit dem Netzwerk-

Backbone (oder mit einem anderen Knoten des Netzwerks **100**) auf Adhoc-Weise verbunden werden.

[0080] Da **Fig.** 4 ein vereinfachtes Diagramm ist, das Kommunikationsverbindungen zwischen verschiedenen Massendatenknoten **102–110** im Prozesssteuerungs-Massendatennetzwerk **100** darstellt, ist das Prozesssteuerungsnetzwerk-Backbone in **Fig.** 4 nicht ausdrücklich dargestellt. Jedoch ist ein Beispiel für solch ein Backbone, das mit irgendwelchen oder allen der hierin beschriebenen Techniken verwendet werden kann, in der oben genannten US-Patentanmeldung Nr. 13/784,041 beschrieben. Natürlich sind manche oder alle der hierin beschriebenen Techniken nicht auf die Nutzung mit dem in der US-Patentanmeldung Nr. 13/784,041 beschriebenen Backbone beschränkt, sondern kann mit jedem geeigneten Kommunikationsnetz-Backbone verwendet werden.

[0081] Wenn man die verschiedenen Typen von Prozesssteuerungs-Massendatenknoten oder -Vorrichtungen **102–110** betrachtet, kann ein Prozesssteuerungs-Massendatenknoten des Netzwerks **100** ein „Massendaten-Provider“ sein und/oder eine „Massendaten-Appliance“ beinhalten, wie nachstehend erörtert.

[0082] Die Begriffe „Massendaten-Provider“, „Massendaten-Providerknoten“ oder „Providerknoten“, die hierin austauschbar verwendet werden, bezeichnen allgemein einen Prozesssteuerungs-Massendatenknoten, der mit einer Prozesssteuerung in Beziehung stehende Massendaten unter Verwendung des Prozesssteuerungs-Massendatennetzwerk **100** erfasst, generiert, observiert und/oder weitergibt. Die Prozesssteuerungsmassendaten, die von Provider-Knoten generiert, erfasst, observiert und/oder weitergegeben werden, können Daten beinhalten, die bereits in der Steuerung oder Überwachung eines Prozesses innerhalb der Anlage direkt verwendet oder daraus generiert wurden, z.B. Echtzeit- und Konfigurationsdaten erster Ordnung, die von Prozesssteuerungsvorrichtungen wie Controllern, Eingabe-/Ausgabe(I/O)-Vorrichtungen und Feldvorrichtungen wie Sendern, Sensoren usw. generiert oder verwendet werden. Außerdem oder alternativ dazu können Prozesssteuerungs-Massendatenproviderknoten Daten in Bezug auf die Abgabe und das Routing solcher Prozesssteuerdaten erster Ordnung und anderer Daten innerhalb der Prozessanlage generieren, erfassen, observieren und/oder weitergeben, z.B. von Daten, die mit einer Netzwerksteuerung des Massendatennetzwerks **100** und/oder anderen Kommunikationsnetzwerken in der Anlage in Beziehung stehen, Daten, die Bandbreite, Netzwerkzugriffsversuche, Diagnosedaten, Überwachungsdaten usw. angeben. Ferner können manche Prozesssteuerungs-Massendatenproviderknoten Daten, die für Ergebnisse, Lernen und/oder Informationen, die innerhalb des Prozesssteuerungs-Massendatennetzwerks **100** durch Analysieren von Prozesssteuerdaten, Überwachungsdaten, Wartungsdaten usw. gelernt wurden, generieren, erfassen, observieren und/oder weitergeben. In der Regel werden solche Analyseergebnisse, Lernen und/oder gelernte Informationen aus automatischen, autonomen Analysen erzeugt, die von einer oder mehreren Prozesssteuerungs-Massendatenknoten unter Verwendung einer oder mehrerer Daten-Pipelines wie hierin beschrieben durchgeführt werden.

[0083] In manchen Fällen kann ein Massendatenproviderknoten mehrkernige Hardware (z.B. mehrkernige Prozessoren) zum Senden und Empfangen von Massendaten in Echtzeit (z.B. gestreamt) und in manchen Ausführungsformen zum Cachen der Echtzeit-Massendaten als Vorbereitung für das Streamen oder anderweitige Verteilen über dem Prozesssteuerungs-Massendatennetzwerk **100** beinhalten. Ein Massendatenproviderknoten kann in manchen Ausführungsformen auch einen hochdichten Arbeitsspeicher zum Cachen der Echtzeit-Massendaten beinhalten. Beispiele für Echtzeitdaten, die gesendet, empfangen, gestreamt, gecachet, erfasst und/oder auf andere Weise durch Massendatenproviderknoten observiert werden, können Prozesssteuerdaten, wie Messdaten, Konfigurationsdaten, Batch-Daten, Ereignisdaten, Überwachungsdaten, Instandhaltungsdaten (beispielsweise solche, die von Instandhaltungsvorrichtungen, Algorithmen, Vorgehensweisen usw. erfasst oder erzeugt werden) und/oder kontinuierliche Daten beinhalten. Zum Beispiel können Echtzeitdaten, die Konfigurationen, Batch-Rezepturen, Sollwerten, Ausgaben, Raten, Steueraktionen, Diagnostik, Alarmen, Ereignissen und/oder Änderungen daran erfasst werden. Andere Beispiele für Echtzeitdaten können Prozessmodelle, Statistiken, Zustandsdaten und Netzwerk- und Anlagenverwaltungsdaten beinhalten. In manchen Ausführungsformen cachet ein Massendatenproviderknoten zumindest manche von Echtzeit-Massendaten, die von ihm observiert werden, nicht, sondern streamt stattdessen die ungecacheten Daten an einen oder mehrere Massendatenknoten, während die Daten an dem Knoten observiert, empfangen oder generiert werden. Beispiele für Massendatenproviderknoten, die mit irgendwelchen oder allen von den hierin beschriebenen Techniken verwendet werden können, finden sich in den oben genannten US-Patentanmeldungen Nr. 13/784,041, 14/174,413 und 14/212,493. Natürlich können irgendwelche oder alle von den hierin beschriebenen Techniken alternativ oder zusätzlich dazu mit Massendatenproviderknoten verwendet werden, die von denen verschieden sind, die in den US-Anmeldungen Nr. 13/784,041, 14/174,413 und 14/212,493 beschrieben sind.

[0084] Die Begriffe „Massendaten-Appliance“, „Massendaten-Appliance-Knoten“ oder „Appliance-Kno-

ten“, die hierin austauschbar verwendet werden, bezeichnen allgemein einen Prozesssteuerungs-Massendatenknoten, der mit einer Prozesssteuerung in Beziehung stehende Massendaten unter Verwendung des Prozesssteuerungs-Massendatennetzwerk **100** erfasst, generiert, beobachtet und/oder weitergibt. Als solches arbeitet eine Prozesssteuerungs-Massendaten-Appliance (oder „BDA“) generell an Massendaten, die von einem oder mehreren Prozesssteuerungs-Massendatenprovidernetzen generiert oder bereitgestellt werden. In manchen Fällen ist eine Massendaten-Appliance in einem Massendatenproviderknoten enthalten oder ist auf integrale Weise koresident mit einem Massendatenprovider innerhalb desselben Knotens oder derselben Vorrichtung. In manchen Fällen wird die Massendaten-Appliance als „eingebettete Massendaten-Appliance“ bezeichnet, da die Appliance in den Providerknoten oder die Vorrichtung eingebettet ist und an den Massendaten arbeitet, die vom koresidenten Massendatenprovider empfangen, erfasst oder generierte worden sind. In einem Beispiel analysiert eine eingebettete Massendaten-Appliance Massendaten, die vom Massendatenproviderknoten lokal generiert und/oder bereitgestellt werden, in dem die eingebettete Massendaten-Appliance liegt, um Wissen zu entdecken oder zu lernen. Dieses erlernte Wissen kann an der eingebetteten Massendaten-Appliance gespeichert werden, lokal von der eingebetteten Massendaten-Appliance bearbeitet werden, und/oder als Massendaten an anderen Massenkatenknoten bereitgestellt werden. Irgendwelche oder alle von den hierin beschriebenen Techniken können in Verbindung mit eingebetteten Massendaten-Appliances verwendet werden, wie beispielsweise denen, die in der oben genannten US-Patentanmeldung Nr. 14/212,493 und/oder in der US-Patentanmeldung Nr. 14/507,188 mit dem Titel „REGIONAL BIG DATA IN PROCESS CONTROL SYSTEMS” beschrieben sind, aber es können auch andere eingebettete Massendaten-Appliances zusätzlich oder alternativ dazu verwendet werden. Ferner sei darauf hingewiesen, dass in Ausführungsformen, in denen ein Massendatenproviderknoten eine eingebettete Massendaten-Appliance beinhaltet, der Cache des Massendatenproviders verkleinert oder weggelassen werden kann, da die eingebettete Massendaten-Appliance lokale Datenspeicherkapazitäten bereitstellt.

[0085] In manchen Fällen kann eine Massendaten-Appliance ein eigenständiger Massendatenknoten des Prozesssteuerungs-Massendatennetzwerks **100** sein. Das heißt, in diesen Fällen ist keine Massendaten-Appliance in einem Massendatenproviderknoten eingebettet oder damit koresident. Somit muss ein Prozesssteuerungs-Massendatenknoten, der keine Massendaten-Appliance beinhaltet, nicht seinerseits ein Massendatenprovider sein.

[0086] Fig. 5 bildet ein vereinfachtes Blockdiagramm eines Beispiels für Massendaten-Appliances **214**, von denen Instanzen in einem der Knoten **102–110** des Prozesssteuerungs-Massendatennetzwerks **100** von **Fig.** 4 oder ähnlichen Knoten von **Fig.** 1 enthalten sein können. Das Beispiel der Massendaten-Appliance **214** beinhaltet einen Massendatenspeicherbereich **220** zum Historisieren oder Speichern von empfangenen Massendaten, einen oder mehrere Empfänger **222** der Massendaten-Appliance und eine oder mehrere Massendaten-Appliance-Einrichtungen **224** zur Bedienung von Anforderungen. Jeder von den Empfängern **222** der Massendaten-Appliance ist dafür ausgelegt, Massendatenpakete (die von einem anderen Knoten gestreamt und/oder von einem Massendatenproviderknoten, an dem die Appliance **214** liegt, generiert werden können) zu empfangen, die Datenpakete zu verarbeiten, um die darin enthaltenen substantiellen Daten und den Zeitstempel abrufen und um die substantiellen Daten und Zeitstempel im Massendatenspeicherbereich **220** der Appliance **214**, z.B. als Zeitreihendaten und optional auch als Metadaten zu speichern. Zum Beispiel kann ein Datenpunkt verschlagwortet und als Metadaten gespeichert werden. Der Massendatenspeicherbereich **220** kann mehrere lokale und/oder an anderem Ort liegende physische Datenlaufwerke oder Speicherentitäten umfassen, beispielsweise einen RAID(Redundant Array of Independent Disks)-Speicher, einen Festzustandsspeicher, einen Cloud-Speicher, einen hochdichten Datenspeicher und/oder irgendeine andere geeignete Datenspeichertechnik, die für eine Datenbank- oder Datenzentrumsspeicherung geeignet ist und die für andere Knoten das Aussehen eines einzelnen oder einheitlichen logischen Datenspeicherbereichs oder einer entsprechenden Entität hat. Ferner ist jede von den Massendaten-Appliance-Einrichtungen **224** für die Bedienung von Anforderungen dafür ausgelegt, auf Zeitreihendaten und/oder Metadaten, die im Speicherbereich **220** der Massendaten-Appliance gespeichert sind, zuzugreifen, z.B. auf eine Anforderung einer anfordernden Entität oder Anwendung hin.

[0087] In manchen Fällen beinhaltet eine Massendaten-Appliance **214** einen oder mehrere Massendatenanalysierer **226**, um jeweils eine Datenanalyse durchzuführen und/oder zumindest an Teilen der gespeicherten Massendaten jeweilige Analysen, in der Regel auf automatische oder autonome Art und Weise ohne die Verwendung irgendeiner Benutzereingabe durchzuführen, um die Lernanalyse zu initiieren und/oder durchzuführen. Die Massendatenanalysierer **226** können einzeln und/oder gemeinsam eine Datenanalyse im großen Stil an den gespeicherten Daten unter Verwendung einer oder mehrerer Daten-Pipelines durchführen (z.B. Data-Mining, Data-Discovery usw.), um neue Informationen oder Kenntnisse zu entdecken, zu erkennen oder zu lernen. Zum Beispiel beinhaltet Data-Mining im Allgemeinen den

Prozess der Untersuchung großer Mengen von Daten, um neue oder bis dahin noch unbekannte interessante Daten oder Muster, wie unübliche Aufzeichnungen oder mehrere Gruppen von Datenaufzeichnungen, zu extrahieren. Die Massendatenanalysierer **226** können zusätzlich oder alternativ dazu eine Datenanalyse im großen Maßstab an den gespeicherten Daten durchführen (z.B. eine Maschinenlernanalyse, eine Datenmodellierung, eine Mustererkennung, eine prädiktive Analyse, eine Korrelationsanalyse usw.), um Beziehungen oder Konflikte innerhalb der gespeicherten Daten vorauszusagen, zu berechnen oder zu identifizieren. In manchen Fällen arbeiten mehrere Massendatenanalysierer **226** (und/oder mehrere Instanzen von mindestens einem Massendatenanalysierer **226**) parallel und/oder zusammen, um die Daten, die im Massenspeicherbereich **220** der Appliance **214** gespeichert sind, zu analysieren. Ein Beispiel für eine in Zusammenarbeit durchgeführte Datenanalyse, die mit irgendwelchen oder allen der hierin beschriebenen Techniken verwendet werden kann, findet sich in der oben genannten US-Patentanmeldung Nr. 14/507,188 mit dem Titel „REGIONAL BIG DATA IN PROCESS CONTROL SYSTEMS,", aber es kann bzw. es können jede geeignete in Zusammenarbeit durchgeführte Technik oder Techniken mit beliebigen oder allen Aspekten der vorliegenden Offenbarung verwendet werden.

[0088] In der Regel umfasst jeder von den Empfängern **222** der Massendaten-Appliance, jede von den Massendaten-Appliance-Einrichtungen **224** für die Bedienung von Anforderungen und jeder von den Massendatenanalysierern **226** jeweils computerausführbare Befehle, die in einem oder mehreren nichtflüchtigen, materiellen Speichern oder Datenspeichervorrichtungen gespeichert sind und die von einem oder mehreren Prozessoren ausführbar sind, die eine oder mehrere ihrer jeweiligen Massendatenfunktionen durchführen. In manchen Fällen sind die Massendatenanalysierer **226** nicht in der Massendaten-Appliance **214** enthalten, sondern sind stattdessen kommunikationstechnisch mit der Massendaten-Appliance **214** verbunden. Zum Beispiel kann die Massendaten-Appliance **214** einschließlich des Speicherbereichs **220**, der Empfänger **222** und der Bedienungseinrichtungen **224**, durch einen ersten Satz computerausführbarer Befehle implementiert werden, und die Massendatenanalysierer **226** können von einem zweiten Satz computerausführbarer Befehle implementiert werden (die in denselben nichtflüchtigen, materiellen Speichern oder Speichervorrichtungen gespeichert werden können wie der erste Satz von computerausführbaren Befehlen). Beschreibungen verschiedener Arten von Beispielen für Massendaten-Appliances und ihrer Komponenten, die mit irgendwelchen oder allen der hierin beschriebenen Techniken verwendet werden können, finden sich in den oben genannten US-Patentanmeldungen Nr. 13/784,041, 14/174,413 und 14/212,493, aber es sei klargestellt, dass irgendwelche oder alle der hierin beschriebenen Techniken mit anderen geeigneten Massendaten-Appliances verwendet werden können.

[0089] Es wird erneut auf **Fig.** 4 Bezug genommen, wo gezeigt ist, dass das Prozesssteuerungs-Massendatennetzwerk **100** Prozesssteuerungs-Massendatenproviderknoten **102**–**110** beinhalten kann, die auf verschiedenen Ebenen, Schichten oder Ordnungen in Bezug auf prozessbezogene Daten erster Ordnung bzw. primäre Daten, die von Prozesssteuerungsvorrichtungen wie Controllern, I/O-Vorrichtungen, Feldvorrichtungen usw. direkt generiert, geroutet und/oder verwendet werden, arbeiten. In der untersten Ordnung, Schicht oder Ebene arbeiten „lokale" Massendatenproviderknoten oder -vorrichtungen **102a**–**102n**, die den Prozessen am nächsten liegen, um primäre Prozessmassendaten, die mit der Eingabe, der Operation und der Ausgabe von Prozessvorrichtungen und -ausrüstung in der Prozessanlage in Beziehung stehen, zu erfassen, zu generieren, zu observieren und/oder weiterzugeben. Somit sind „lokale Massendatenproviderknoten oder -vorrichtungen" **102a**–**102n** in der Regel Knoten und/oder Vorrichtungen, die primäre Prozesssteuerdaten oder Überwachungsdaten (von einem Prozessüberwachungssystem) generieren, routen und/oder empfangen, um eine Echtzeit-Steuerung oder -Überwachung des einen oder der mehreren Prozessoren in der Prozessanlage zu ermöglichen. Beispiele für lokale Massendatenproviderknoten **102a**–**102n** beinhalten Vorrichtungen, deren primäre Funktion auf die Erzeugung und/oder Bearbeitung von Prozesssteuerdaten gerichtet ist, um einen Prozess zu steuern, z.B. drahtgebundene oder drahtlose Feldvorrichtungen, Controller und I/O-Vorrichtungen. Diese Prozesssteuerungsvorrichtungen können kommunikationstechnisch miteinander und/oder auf verteilte Weise mit einem oder mehreren Prozesssteuerungs-Kommunikationsnetzen verbunden sein. Zum Beispiel ist bzw. sind eine oder mehrere Feldvorrichtungen kommunikationstechnisch mit einer oder mehreren I/O-Vorrichtungen verbunden, die ihrerseits kommunikationstechnisch mit einem oder mehreren Controllern verbunden ist bzw. sind, die ihrerseits kommunikationstechnisch mit einem oder mehreren Prozesssteuerungs-Kommunikationsnetzen (z.B. HART®, WirelessHART®, Prozesssteuerungsmodulen, FOUNDATION® Fieldbus usw.) verbunden ist bzw. sind.

[0090] Andere Beispiele für lokale Massendatenproviderknoten **102a**–**102n** beinhalten Vorrichtungen, deren primäre Funktion darin besteht, einen Zugriff auf primäre Prozessdaten oder in Routing derselben durch eines oder mehrere Kommunikationsnetze des Prozesssteuerungssystems zu ermöglichen (was das Prozesssteuerungs-Massendatennetzwerk **100** und/oder andere Kommunikationsnetze beinhalten kann).

Beispiele für solche Arten von lokalen Massendatenproviderknoten **102a**–**102n** beinhalten Zugriffspunkte, Router, Schnittstellen mit drahtgebundenen Steuerbussen, Gateways zu Drahtloskommunikationsnetzen, Gateways zu externen Netzwerken oder Systemen und andere derartige Routing- und Netzwerkvorrichtungen. Noch andere Beispiele für lokale Massendatenproviderknoten **102a**–**102n** beinhalten Vorrichtungen wie Historian-Vorrichtungen, die dafür ausgelegt sind, Massendaten vorübergehend im gesamten Prozesssteuerungssystem zu speichern, z.B. als Überlauf-Cache, Zwischenstation oder Routing-Kolonne.

[0091] In manchen Fällen beinhaltet ein lokaler Massendatenproviderknoten eine jeweilige lokale Massendaten-Appliance, wie in **Fig.** 4 durch die Knoten **102a**, **102n** dargestellt ist, die jeweils die eingebetteten Massendaten-Appliances **112a**, **112n** beinhalten. Jede lokale eingebettete Massendaten-Appliance **112a**, **112n** empfängt und speichert jeweilige lokale Massendaten, die von ihrem jeweiligen Provider **102a**, ..., **102n** bereitgestellt werden. Ferner kann bzw. können in manchen lokalen Massendatenproviderknoten wie dem Knoten **102a** eine oder mehrere Analysefunktionen, -routinen, -operationen oder -prozesse (die von einem A_1 in einem Kreis dargestellt werden) an zumindest einigen von den in der Appliance **112a** gespeicherten lokalen Massendaten durchgeführt werden. Die Analyse A_1 kann von einem oder mehreren der Massendatenanalysierer **226** von **Fig.** 5 durchgeführt werden, und die Analyse A_1 kann mit einer oder mehreren Daten-Pipelines durchgeführt oder implementiert werden. Die erlernten Informationen, das Gelernte und/oder die Ergebnisse der einen oder der mehreren Analyse(n) A_1 können ebenfalls in der lokalen Massendaten-Appliance **112a** gespeichert werden und zumindest einige von den erlernten Informationen oder Ergebnissen können an einem anderen Massendatenknoten **106a** bereitgestellt werden.

[0092] Manche lokalen Providerknoten, z.B. wie vom Knoten **102n** dargestellt, beinhalten eine jeweilige lokale, eingebettete Massendaten-Appliance **112n** für eine lokale Erfassung und Historisierung von Massendaten, aber die residente Appliance **112n** führt eine nur minimale oder gar keine Analyse durch. Als solches streamt der Knoten **102n** lediglich lokal gespeicherte Massendaten zu einem anderen Knoten **106b** (oder versendet sie ansonsten, z.B. nach Aufforderung oder zu geeigneten Zeiten), z.B. für eine analytische Verarbeitung oder eine weitere Weitergabe. Manche lokalen Massendatenknoten, z.B. der Knoten **102b** beinhalten überhaupt keine Massendaten-Appliance. Solche Knoten **102b** können lokal observierte Massendaten in Echtzeit oder mithilfe eines Cache, zu einem oder mehreren anderen Massendatenknoten **102a**, **106b** streamen.

[0093] Verschiedene Arten von Echtzeitdaten, beispielsweise prozessbezogene Daten, anlagenbezogene Daten und andere Arten von Daten, können von den Massendatenproviderknoten oder -vorrichtungen **102a**–**102n** gecachet, erfasst, gespeichert, gesendet und/oder gestreamt werden. Beispiele für prozessbezogene Daten beinhalten kontinuierliche, Batch-, Mess- und Ereignisdaten, die generiert werden, während ein Prozess in der Prozessanlage gesteuert wird (und die manchmal eine Wirkung einer Echtzeitausführung des Prozesses angeben). Ferner können prozessbezogene Daten Prozessdefinitionen, Anordnungs- oder Einrichtungsdaten beinhalten, wie Konfigurationsdatei und/oder Batch-Rezepturdaten, Daten die der Konfiguration, der Ausführung und den Ergebnissen einer Prozessdiagnose entsprechen, usw.

[0094] Anlagenbezogene Daten, beispielsweise Daten, die mit der Prozessanlage in Beziehung stehen, die aber möglicherweise nicht von Anwendungen generiert werden, die einen Prozess in der Prozessanlage direkt konfigurieren, steuern oder diagnostizieren, können ebenfalls von den Massendatenproviderknoten **102a**–**102n** als Massendaten gecachet, gespeichert, gesendet und/oder gestreamt werden. Beispiele für anlagenbezogene Daten beinhaltet Vibrationsdaten, Kondensatabscheiderdaten, Daten, die einen Wert eines Parameters angeben, welcher der Anlagensicherheit entspricht (z.B. Korrosionsdaten, Gaserfassungsdaten usw.), Daten, die ein Ereignis angeben, das der Anlagensicherheit entspricht, Daten, die der Gesundheit von Maschinen, Anlagenausstattung und/oder Vorrichtungen entsprechen, Daten, die der Konfiguration, der Ausführung und den Ergebnisse einer Diagnose der Ausstattung, der Maschinen und/oder der Vorrichtungen entsprechen, und Daten, die nützlich sind für eine Diagnose und Prognose.

[0095] Ferner beinhalten andere Typen von Daten einschließlich von Datenautobahnverkehrs- und Netzwerkverwaltungsdaten in Bezug auf das Backbone des Prozesssteuerungs-Massendatennetzwerks und verschiedene Kommunikationsnetze der Prozessanlage auf den Benutzer bezogene Daten wie Daten, die auf Benutzerfrequenz, Login-Versuche, Abfragen und Befehle bezogen sind, Textdaten (z.B. Protokolle, Betriebsabläufe, Handbücher usw.), räumliche Daten (z.B. standortbezogene Daten) und Multimediadaten (z.B. Videoüberwachung, Videoclips usw.), die von den Massendatenproviderknoten **102a**–**102n** als Massendaten gecachet, erfasst, gespeichert, gesendet und/oder gestreamt werden können. Hierin offenbarte Daten-Pipelines können an beliebigen dieser Daten arbeiten bzw. diese verwenden.

[0096] In manchen Ausführungsformen können dynamische Mess- und Steuerdaten von den Massendatenproviderknoten **102a**–**102n** automatisch als

Massendaten gecachet, erfasst, gespeichert, gesendet und/oder gestreamt werden. Beispiele für dynamische Mess- und Steuerdaten beinhalten Daten, die Änderungen an einer Prozessoperation vorgeben, Daten, die Änderungen an Betriebsparametern wie beispielsweise Sollwerten vorgeben, Aufzeichnungen von Prozess- und Hardware-Alarmen und -Ereignissen wie Download- oder Kommunikationsfehler, usw. Außerdem können statische Daten wie Controller-Konfigurationen, Batch-Rezepturen, Alarme und Ereignisse standardmäßig automatisch erfasst werden, wenn eine Änderung erfasst wird oder wenn ein Controller oder eine andere Entität das erste Mal zum Massendatennetzwerk **100** hinzugefügt wird. Natürlich können hierin offenbarte Daten-Pipelines an beliebigen dieser Daten arbeiten bzw. diese verwenden.

[0097] Darüber hinaus werden in manchen Szenarios zumindest manche statischen Metadaten, die dynamische Steuer- und Messdaten beschreiben, in den Massendatenproviderknoten **102a**–**102n** aufgezeichnet, wenn eine Änderung an den Metadaten erfasst wird. Wenn beispielsweise eine Änderung an der Controller-Konfiguration vorgenommen wird, die sich auf die Mess- und Steuerdaten in Modulen oder Einheiten, die vom Controller geschickt werden müssen, auswirkt, dann wird von den Massendatenproviderknoten **102a**–**102n** automatisch eine Aktualisierung der assoziierten Metadaten aufgezeichnet. Zusätzlich oder alternativ dazu können Parameter, die mit den speziellen Modulen assoziiert sind, die zum Puffern von Daten aus externen Systemen oder Quellen (z.B. Wettervorhersagen, öffentliche Ereignisse, Unternehmensentscheidungen usw.) verwendet werden, Aufsichtsdaten und/oder andere Arten von Überwachungsdaten automatisch von den Massendatenproviderknoten **102a**–**102n** aufgezeichnet werden. Hierin offenbarte Daten-Pipelines können an beliebigen dieser Daten arbeiten bzw. diese verwenden.

[0098] In manchen Situationen werden hinzugefügte Parameter, die von Endanwendern erzeugt werden, automatisch in den Massendatenproviderknoten **102a**–**102n** aufgezeichnet. Zum Beispiel kann ein Endanwender eine spezielle Berechnung in einem Modul erzeugen oder kann einen Parameter zu einer Einheit hinzufügen, die erfasst werden muss, oder der Endanwender könnte einen Standard-Controller-Diagnoseparameter erfassen wollen, der nicht per Voreinstellung kommuniziert wird. Parameter, die der Endanwender optional konfiguriert, können auf die gleiche Weise wie die voreingestellten Parameter kommuniziert werden.

[0099] Es wird erneut auf das Netzwerk **100** von **Fig.** 4 Bezug genommen, wo das Massendatennetzwerk **100** auf einer oder mehreren Ebenen oder Schichten oberhalb der lokalen Massendatenknoten **102a**–**102n** einen oder mehrere regionale Massendatenknoten **106a**–**106m** beinhalten kann. Um regionale Massendaten zu implementieren, kann die Prozessanlage oder das Prozesssteuerungssystem so betrachtet werden, als würde es mehrere unterschiedliche Bereiche oder Regionen aufweisen, die gemäß irgendeiner gewünschten Art und Weise abgegrenzt sein können, beispielsweise physisch, funktional, logisch usw. In einem erläuternden, aber nicht beschränkenden Beispiel kann eine Prozessanlage eine erste Region, die Rohmaterialien empfängt und ein erstes Zwischenprodukt hervorbringt, eine zweite Region, die andere Rohmaterialien empfängt und zweites Zwischenprodukt hervorbringt, und eine dritte Region aufweisen, die das erste und das zweite Zwischenprodukt empfängt und ein zur Ausgabe bestimmtes Produkt hervorbringt. Jede von diesen drei Beispielsregionen kann von einem entsprechenden „regionalen“ Massendatenknoten **106a**, **106b**, **106m** bedient werden, der an Massendaten arbeitet, die von seiner jeweiligen Region produziert werden. Somit stellt ein „regionaler Massendatenknoten“ Massendaten-Unterstützungs- und -Dienstleistungen für Daten bereit, die von einer jeweiligen Gruppierung oder Region von lokalen Massendatenproviderknoten **102** und in manchen Fällen von anderen Massendatenproviderknoten **104** bereitgestellt werden. Andere Massendatenproviderknoten **104** können beispielsweise Massendatenknoten, die außerhalb der Region der Anlage liegen (z.B. eine tragbare Diagnosevorrichtung oder einen Offline-Simulator), Benutzerschnittstellenvorrichtungen **130** oder Datenquellen, die ganz außerhalb der Prozessanlage liegen (z.B. eine Rechenvorrichtung eines Zulieferers, einen Feed, der eine Wettervorhersage liefert, usw.). Man beachte, dass die regionalen Massendatenknoten **106a**–**106m** jeder der regionalen Schichten oder Blöcke **26** von **Fig.** 1 entsprechen können.

[0100] Wie in **Fig.** 4 dargestellt ist, kann eine jeweilige Gruppierung oder Region, die von einem regionalen Massendatenknoten **106a**–**106m** bedient wird, einen oder mehrere Massendatenproviderknoten **102a**–**102n** und/oder andere Massendatenknoten **104** umfassen, die auf irgendeine geografische, physische, funktionale, logische oder andere gewünschte Weise in Beziehung stehen. Zum Beispiel bedient der regionale Massendatenknoten **106a** eine Region, welche die lokalen Massendatenproviderknoten **102a** und **102b** beinhaltet, und der regionale Massendatenknoten **106b** bedient eine Region, welche die lokalen Massendatenknoten **102b** und **12n** ebenso wie einen anderen Massendatenknoten **104** bedient. Die bestimmten Knoten **102**, **104**, die in einer bestimmten Region enthalten sind, können Daten für die Zwecke einer regionalen Speicherung von Massendaten, eines Zugriffs auf dieselben und/oder einer Analyse derselben an ihren jeweiligen regionalen Massendatenknoten **106** streamen oder liefern. Ferner kann jeder der Massendatenproviderknoten

102a–**102n** und/oder der anderen Massendatenknoten **104** mit einem bestimmten regionalen Massendatenknoten **106a**–**106m** kommunizieren, um regional verfügbare Dienste anzufordern und/oder um auf darin gespeicherte regionale Massendaten und Metadaten zuzugreifen, wobei diese anfordernden Knoten in der jeweiligen Region des jeweiligen regionalen Massendatenknotens **106a**–**106m** enthalten sind oder nicht. Darüber hinaus kann jede Daten-Pipeline wie hierin beschrieben innerhalb eines spezifischen regionalen Massendatenknotens **106a**–**106m** oder über verschiedenen regionalen Massendatenknoten **106a**–**106m** implementiert werden.

[0101] Somit beinhaltet jeder regionale Massendatenknoten **106a**–**106m** eine jeweilige regionale Massendaten-Appliance **116**–**116m**, über die Massendaten empfangen und als regionale Massendaten gespeichert werden und über die auf diese zugegriffen oder über die diese angefordert werden. Ferner beinhaltet jeder regionale Massendatenknoten **106a**–**106m** in der Regel eine oder mehrere Analysefunktionen, Routinen, Operationen oder Prozesse (z.B. A_2–A_w), die einzeln und/oder zusammen an mindestens manchen von den regionalen Massendaten arbeiten können. Zum Beispiel kann die regionale Massendaten-Appliance **116b** lokale Massendaten von lokalen Providerknoten **102b**, **102n** empfangen, die dafür ausgelegt sind, den Strom einer Flüssigkeit durch einen Abschnitt oder eine Region der Prozessanlage zu speichern, und der Knoten **106b** kann einen Analyseprozess A_4 an zumindest manchen der empfangenen Daten durchführen, um eine durchschnittliche Transportverzögerung der Flüssigkeit innerhalb des Abschnitts oder der Region der Prozessanlage zu bestimmen. Der Analyseprozess A_4 kann beispielsweise Daten, die von einer oder mehreren Daten-Pipelines produziert oder entwickelt werden, einbinden und verwenden, oder er kann stattdessen teilweise oder ganz von einer oder mehreren Daten-Pipelines implementiert werden. Die Ergebnisse der Analytik A_4 können dann als zusätzliche regionale Massendaten innerhalb der regionalen Massendaten-Appliance **116** gespeichert oder historisiert werden. In einer Ausführungsform wird jede Analytik A_2–A_w von einem oder mehreren Massendatenanalysierern **226** von **Fig.** 5 durchgeführt, die an ihren jeweiligen Massendatenknoten resident sind, und diese Analytik kann unter Verwendung einer oder mehrerer Daten-Pipelines, die in die verschiedenen Vorrichtungen der Massendatenknoten **106a**–**106m** heruntergeladen und implementiert oder ausgeführt werden, implementiert werden.

[0102] In manchen Situationen tauschen die regionalen Massendatenknoten oder Vorrichtungen **106a**–**106m** empfangene oder generierte Massendaten, erlerntes Wissen oder Informationen und/oder Analyseergebnisse mit anderen regionalen Massendatenknoten **106a**–**106m** aus, z.B. als Peers. In manchen Fällen können Daten-Pipelines über mehreren Peer-Knoten implementiert werden. Um beim obigen Beispiel zu bleiben, empfängt der regionale Massendatenknoten **116a** erlernte Informationen, die von der Analytikanalyse A_4, die vom regionalen Massendatenknoten **106b** durchgeführt wurde, generiert worden sind. Anschließend kann dann der regionale Massendatenknoten **106a** eine entsprechende regionale Analytik A_2, A_3 an zumindest einem Teil der von Peers bereitgestellten erlernten Informationen vom Knoten **106b** in Verbindung mit den lokalen Massendaten, die von den lokalen Massendatenknoten **1022**, **102b** innerhalb seiner eigenen Region empfangen wurden, durchführen. Diese Analytik kann jeweils unter Verwendung derselben oder anderer Daten-Pipelines und/oder wie bzw. als die Analytik A_4 implementiert werden. Die Analytik A_2, A_3 kann wiederum unter Verwendung noch weiterer Daten-Pipelines zusätzliche Massendaten zur Historisierung an der regionalen Massendaten-Appliance **116a** und/oder für die Bereitstellung an anderen Massendatenknoten **106**, **106c**, **108** generieren. Da ein regionaler Massendatenknoten **106a**–**106m** in manchen Szenarios regionale Massendaten erschaffen kann (z.B. basierend auf den Ergebnissen oder des Lernens irgendeiner residenten Analytik, die dadurch durchgeführt wurden), kann ein regionaler Massendatenknoten **106a**–**106m** auch als regionaler Massendatenproviderknoten operieren.

[0103] Eine Gruppierung der Massendatenprovider **102a**–**102n** unter entsprechenden regionalen Massendatenknoten kann auf jede gewünschte Weise ausgeführt werden, beispielsweise geografisch, physisch, funktional, logisch usw. Zum Beispiel kann in einem erläuternden, aber nicht beschränkenden Szenario ein Prozess in der Prozessanlage ein bestimmtes Produkt auf Basis von zwei Zwischenprodukten hervorbringen. Somit kann der lokale Massendatenproviderknoten **102a** eine erste Regelungsschleife darstellen, die das erste Zwischenprodukt hervorbringt, und der lokale Massendatenproviderknoten **102b** kann eine zweite Steuerschleife darstellen, die das zweite Zwischenprodukt hervorbringt. Somit können alle Prozesssteuerdaten, die von den beiden Steuerschleifen **102a**, **102b** erfasst, empfangen oder anderweitig observiert werden, zur Historisierung, Speicherung und Analyse zum regionalen Massendatenknoten **106a** gesendet werden.

[0104] Auf ähnliche Weise kann der regionale Massendatenknoten **106b** Daten von seiner jeweiligen Gruppe von Massendatenproviderknoten empfangen und analysieren. Zum Beispiel kann der regionale Massendatenknoten **106b** verantwortlich sein für die Analyse der Massendaten, die der Produktion eines anderen Produkts entsprechen, das auf Zwischenprodukten von jedem der Massendatenproviderknoten **102b**, **102n** basiert, in Verbindung mit Massenda-

ten, die von anderen Quellen **104** bereitgestellt werden.

[0105] Am regionalen Massendatenknoten **106a** können die empfangenen Massendaten analysiert werden (z.B. unter Verwendung einer oder mehrerer Analysefunktionen oder Prozesse A_2, A_3), um gelerntes Wissen zu erzeugen oder zu generieren, das auf aussagekräftige Weise Beziehungen, Muster, Korrelationen, Trends usw. über der Zeit und/oder über zumindest einigen der verschiedenen Datensätze beschreibt. Zum Beispiel kann eine bestimmte Kombination von Ereignissen in den beiden Steuerschleifen **102a**, **102b** zu einer schlechten Produktqualität führen, wenn das jeweilige Produkt schließlich produziert wird. Um die Grundursache für die schlechte Produktqualität zu bestimmen, analysiert der regionale Massendatenknoten **106a** Daten, die durch die Kombination von Ereignissen bei oder kurz nach deren Auftreten generiert worden sind (z.B. wenn die Daten, die dem Eintreten der Ereignisse entsprechen, am regionalen Massendatenknoten **106a**) empfangen werden), und kann dies auch unter Verwendung einer oder mehrerer Daten-Pipelines tun, die für diesen Zweck erschaffen wurden und die in den verschiedenen Vorrichtungen in Knoten **106a** ausgeführt werden. Der regionale Massendatenknoten **106a** kann gelerntes Wissen, das die schlechte Produktqualität vorhersagt, auf Basis des Stattfindens dieser Ereignisse generieren und/oder kann einen oder mehrere Parameter in Echtzeit anpassen oder ändern, um die Auswirkungen der Kombination von Ereignissen abzuschwächen, falls und sobald diese in der Zukunft eintreten. Zum Beispiel kann der regionale Massendatenknoten **106a** einen revidierten Sollwert oder revidierte Parameterwerte bestimmen, um die beiden Steuerschleifen **102a**, **102b** besser regulieren und beherrschen zu können.

[0106] Im Allgemeinen analysiert jeder regionale Massendatenknoten **106a**–**106m** (oder seine entsprechende Massendaten-Appliance **116a**–**116m**) Daten aus seiner entsprechenden Gruppe oder Region von Massendatenproviderknoten, um aussagekräftige Muster, Korrelationen, Trends usw. zu bestimmen, und kann eine oder mehrere Daten-Pipelines verwenden, um diese Analytik durchzuführen. Die gelernten Muster, Korrelationen, Trends usw. werden dann in den jeweiligen regionalen Massendaten-Appliances **116a**–**116m** als gelerntes Wissen gespeichert. Wie hierin verwendet, bezeichnet der Begriff „gelerntes Wissen“ oder „Erlerntes“ allgemein Daten, Dienste, Funktionen, Routinen und/oder Anwendungen, die als Ergebnis der Durchführung einer oder mehrerer Anallysen an Massendaten generiert werden. Ferner kann jeder regionale Massendatenknoten **106a**–**106m** (oder seine entsprechende Massendaten-Appliance **116a**–**116m**) auf Basis des zu Anfang gelernten Wissens einen neuen Dienst, eine neue Funktion, Routine oder Anwendung bestimmen oder definieren (und/oder einen bereits existierenden Dienst, eine bereits existierende Funktion, Routine oder Anwendung modifizieren), der seinerseits bzw. die ihrerseits als weiteres gelerntes Wissen gespeichert wird.

[0107] Regionale Massendatenknoten **106a**–**106m** können für ein Lernen in Schichten oder Ebenen genutzt werden. Zum Beispiel kann einer oder können mehrere von den Massendatenknoten ihr gelerntes Wissen und/oder gespeicherte Daten an einem vorgeschalteten Massendatenknoten, der mehreren Regionen vorsteht, senden. Wie in **Fig.** 4 dargestellt ist, empfängt ein regionaler Massendatenknoten **106c** gelerntes Wissen und/oder Daten von den regionalen Massendatenknoten **106a** und **106b**, und der Knoten **106c** historisiert die empfangenen Massendaten an seiner jeweiligen eingebetteten Appliance **116c**. Der regionale Massendatenknoten **106c** kann eine weitere Analyse oder ein weiteres Lernen an zumindest einem Teil des empfangenen gelernten Wissens und/oder zumindest an einigen von den empfangenen Daten durchführen (z.B. unter Verwendung einer oder mehrerer der Analysefunktionen A_8–A_w), um zusätzliches gelerntes Wissen (z.B. Datenmuster, Trends, Korrelationen usw., Dienste, Funktionen, Routinen und/oder Anwendungen) zu generieren, die wiederum als zusätzliche regionale Massendaten innerhalb der eingebetteten Appliance **116c** gespeichert und/oder an anderen Massendatenknoten **106a**, **106b**, **108** bereitgestellt werden können. Natürlich können Daten-Pipelines verwendet werden, um beliebige der Analysefunktionen A_8–A_w oder eine Kombination der Analysefunktionen A_1–A_w zu implementieren.

[0108] In manchen Fällen wird ein Lernen in Schichten oder Ebenen von unten nach oben unter Verwendung von Daten-Pipelines ausgeführt. In einem erläuternden, aber nicht beschränkenden Beispiel analysiert ein regionaler Massendatenknoten **106a** Daten, die aus seiner entsprechenden Gruppe lokaler Massendatenproviderknoten **102a**, **102b** empfangen werden, um zu bestimmen, ob „seine“ Region korrekt arbeitet. Wissen, dass der regionale Massendatenknoten **106a** aus seiner Analyse lernt, kann dazu führen, dass der regionale Massendatenknoten **106a** einen neuen Diagnoseparameter (z.B. einen gelernten Parameter) generiert. Der regionale Massendatenknoten **106a** kann den generierten Diagnoseparameter wie von einer Daten-Pipeline definiert, zum Speichern, zur Verwendung und/oder für einen Zugriff an einen vorgeschalteten Massendatenknoten **106c** senden. Der regionale Massendatenknoten **106a** kann die Freigabe des neuen Diagnoseparameters für den vorgeschalteten regionalen Massendatenknoten **106c** unabhängig (z.B. automatisch bei dessen Generierung oder auf periodischer Basis) unter Verwendung derselben oder einer anderen Daten-Pipeline initiieren oder der regionale Massendatenknoten **106a** kann das Senden des neuen Dia-

gnoseparameters bewirken, wenn der vorgeschaltete regionale Massendatenknoten **106c** den regionalen Massendatenknoten **106a** auffordert, neues gelerntes Wissen einer oder mehrerer Arten freizugeben.

[0109] Natürlich kann das Lernen in Schichten oder Ebenen unter Verwendung von Daten-Pipelines von oben nach unten ausgeführt werden. Um beim obigen Beispiel zu bleiben, kann der vorgeschaltete regionale Massendatenknoten **106c** die empfangene Diagnoseroutine analysieren und bestimmen, dass die Diagnoseroutine für andere regionale Massendatenknoten (z.B. den regionalen Massendatenknoten **106b**) nützlich oder anwendbar ist. Somit kann der vorgeschaltete regionale Massendatenknoten **106c** den Diagnoseparameter unter Verwendung einer oder mehrerer Daten-Pipelines an den regionalen Massendatenknoten **106b** verteilen, so dass der regionale Massendatenknoten **106b** und/oder ein beliebiger von den lokalen Providerknoten **102a**, **102n**, **104**, die in seiner Region enthalten sind, in der Lage ist bzw. sind, die Diagnoseparameter für seine bzw. ihre jeweiligen Diagnosezwecke zu nutzen. Der vorgeschaltete regionale Massendatenknoten **106c** kann die Freigabe des neuen Diagnoseparameters für den regionalen Massendatenknoten **106b** unabhängig initiieren, oder der vorgeschaltete regionale Massendatenknoten **106c** kann das Senden des neuen Diagnoseparameters bewirken, nachdem vom regionalen Massendatenknoten **106b** eine Aufforderung dazu erfolgt ist. Alternativ oder zusätzlich dazu kann der vorgeschaltete regionale Massendatenknoten **106c** durch Aggregieren und Analysieren gelernten Wissens, das aus allen regionalen Massendatenknoten, denen er vorsteht oder mit denen er verbunden ist empfangen wird, einen allgemeinen Diagnoseparameter generieren. In diesem Szenario verteilt der vorgeschaltete regionale Massendatenknoten **106c** den allgemeinen Diagnoseparameter an irgendwelche oder an alle seiner regionalen Massendatenknoten, z.B. automatisch bei deren Generierung oder auf einer periodischen Basis, nach Aufforderung durch einen bestimmten regionalen Massendatenknoten, wenn der vorgeschaltete regionale Massendatenknoten **106c** Daten von einem regionalen Massendatenknoten empfängt, die angeben, dass die allgemeine Diagnose von Nutzen sein könnte, oder aus irgendeinem anderen Grund (beispielsweise wie von einer anderen Daten-Pipeline definiert). Anschließend und auf ähnliche Weise kann jeder regionale Massendatenknoten, der dem regionalen Massendatenknoten **106c** nachgeschaltet ist, die allgemeine Diagnoseroutine an eine beliebige Zahl der lokalen Massendatenprovider in seiner jeweiligen Region verteilen.

[0110] In noch anderen Fällen können regionale Massendatenknoten, z.B. die Knoten **106a** und **106b**, gelerntes Wissen untereinander, z.B. auf Peer-to-Peer-Basis, unter Verwendung einer oder mehrerer Daten-Pipelines freigeben. Zum Beispiel sendet der regionale Massendatenknoten **106a** eine(n) neue(n) oder gelernte(n) Analytikroutine oder Parameter direkt an den regionalen Massendatenknoten **106b**, so dass der regionale Massendatenknoten **106b** die neue Analytikroutine für seine eigenen Zwecke nutzen kann.

[0111] Man beachte, dass in **Fig.** 4 nur ein einziger vorgeschalteter regionaler Massendatenknoten **106** dargestellt ist. Jedoch können die Techniken und Konzepte, die unter Bezugnahme auf **Fig.** 4 erörtert wurde, auf eine beliebige Zahl von vorgeschalteten regionalen Massendatenknoten angewendet werden, die viele Schichten oder Ebenen von Massendatenhistorisierung, -speicherung und -lernen unterstützen.

[0112] Da sowohl regionale Massendaten-Appliances als auch lokal begrenzte Massendaten-Appliances jeweils verschiedenen Massendatenknoten und/oder jeweils verschiedenen Gruppen oder Regionen der Prozessanlage dienen, aber nicht der gesamten Prozessanlage oder mehr als einer Region derselben dienen, werden sowohl regionale Massendaten-Appliances als auch lokal begrenzte Massendaten-Appliances hierin allgemein und kategorische als „verteilte Massendaten-Appliances“ bezeichnet. Generell tauschen verteilte Massendaten-Appliances Massendaten mit vielen anderen Massendaten-Appliances aus. Zum Beispiel kann eine lokale Massendaten-Appliance, die in einem bestimmten Massendatenproviderknoten enthalten ist, gelerntes Wissen und/oder Massendaten einer anderen lokal begrenzten Massendaten-Appliances, die in anderen Massendatenproviderknoten enthalten sind, einer oder mehreren regionalen Massendaten-Appliances und/oder einer zentralisierten Massendaten-Appliance (die nachstehend ausführlicher beschrieben wird) mitteilen. Ebenso kann eine regionale Massendaten-Appliance Massendaten von einer oder mehreren lokal begrenzten Massendaten-Appliances und/oder Massendatenproviderknoten empfangen. Die regionale Massendaten-Appliance kann gelerntes Wissen und/oder Massendaten anderen Massendaten-Appliances und/oder einer zentralisierten Massendaten-Appliance mitteilen.

[0113] Wie oben angegeben, teilen in manchen Konfigurationen des Prozesssteuerungs-Massendatennetzwerks **100** zumindest manche von den regionalen Massendatenknoten oder -vorrichtungen **106a**–**106m**, von den lokalen Massendatenknoten oder -vorrichtungen **102a**–**102n** und/oder von den anderen Massendatenknoten oder -vorrichtungen **104** jeweils Massendaten, Analytikergebnisse und/oder gelernte Informationen einem zentralisierten Massendatenknoten **108** mit und können dies wiederum gemäß einer oder mehrerer vordefinierter Daten-Pipelines tun. Ein „zentralisierter Massendatenkno-

ten“ (was der Schicht **28** von **Fig.** 1 entspricht) bedient in der Regel viele Regionen der Prozessanlage und bedient in manchen Situationen die Prozessanlage zu großen Teilen oder vollständig. Somit beinhaltet der zentralisierte Massendatenknoten **108** eine oder mehrere zentralisierte, eingebettete Massendaten-Appliances **118**, um Prozessanlagenmassendaten zu empfangen, zu speichern und einen Zugriff auf diese zu gewähren. Zum Beispiel kann die zentralisierte Massendaten-Appliance **118** eine umfassende Langzeithistorisierung der meisten oder aller Massendaten, die von der Prozessanlage generiert werden, leisten, und/oder die zentralisierte Massendaten-Appliance **118** kann Massendaten für eine prozessanlagenweite Verfügbarkeit für andere Massendatenknoten oder sogar für Rechenvorrichtungen innerhalb oder außerhalb der Prozessanlage, die keine Prozesssteuerungs-Massendatenknoten sind, veröffentlichen.

[0114] In manchen Konfigurationen bedient ein einzelner zentralisierter Massendatenknoten **108** oder eine einzelne zentralisierte Massendaten-Appliance möglicherweise nicht ein ganzes Prozesssteuerungssystem oder eine ganze Prozessanlage, sondern bedient möglicherweise mehr als eine Region des Prozesssteuerungssystems oder der Prozessanlage. Zum Beispiel können unterschiedliche zentralisierte Massendatenknoten **108** oder Massendaten-Appliances **118** innerhalb einer einzigen Anlage oder eines Systems verwendet werden, um aus Sicherheits- und zugriffstechnischen Gründen unterschiedliche Arten oder Bereiche von Massendaten zu partitionieren. In manchen Konfigurationen bedient ein einzelner zentralisierter Massendatenknoten **108** oder eine einzelne zentralisierte Massendaten-Appliance **118** die gesamte Prozessanlage

[0115] In der Prozessanlage kann einer oder können mehrere der regionalen Massendatenknoten **106a**–**106m** bewirken, dass ihr generiertes oder empfangenes gelerntes Wissen und/oder ihre Daten zum Teil oder ganz zum zentralisierten Massendatenknoten **108** gestreamt oder auf andere Weise geliefert werden. Zum Beispiel sendet bzw. senden einer oder mehrere der regionalen Massendatenknoten **106a**–**106m** zumindest einen Teil seines bzw. ihres jeweils gespeicherten gelernten Wissens und/oder seiner bzw. ihrer Daten an den zentralisierten Massendatenknoten **108**. In manchen Ausführungsformen schiebt bzw. schieben einer oder mehrere der regionalen Massendatenknoten **106a**–**106m** zumindest einen Teil seines bzw. ihres jeweils gespeicherten gelernten Wissens und/oder seines bzw. ihrer Daten in periodischen Intervallen auf eine Weise, die von einer oder mehreren geeigneten Daten-Pipelines definiert wird, zum zentralisierten Massendatenknoten **108**. In manchen Ausführungsformen stellt einer bzw. stellen mehrere der regionalen Massendatenknoten **106a**–**106m** zumindest einen Teil seines bzw. ihres jeweils gespeicherten gelernten Wissens und/oder seiner bzw. ihrer Daten als Antwort auf eine Aufforderung vom zentralisierten Massendatenknoten **108** bereit. In diesem Fall können Daten-Pipeline-Blöcke so eingerichtet werden, dass sie Daten automatisch veröffentlichen oder an den nächsten (vorgeschalteten) Block in der Pipeline senden oder Daten von einem vorangehenden (nachgeschalteten) Block in der Daten-Pipeline anfordern.

[0116] Der zentralisierte Massendatenknoten **108** und/oder seine eingebettete Appliance **118** kann bzw. können so konfiguriert sein, dass sie das empfangene gelernte Wissen und/oder die empfangenen Daten, die von den regionalen Massendatenknoten **106a**–**106m** empfangen werden, ganz oder in Teilen weiter analysieren, z.B. durch Nutzung einer oder mehrerer Analysefunktionen A_x–A_y. In einer Ausführungsform wird die jeweilige Analytik A_x–A_y jeweils von einem oder mehreren Massendatenanalysierern **226** von **Fig.** 5 durchgeführt, die am entsprechenden Massendatenknoten resident sind. Die eine oder die mehreren Analysefunktionen A_x–A_y können wie von einer oder mehreren Daten-Pipelines definiert an dem empfangenen erlernten Wissen und/oder den Daten operieren, um zusätzliches Wissen zu generieren und Beziehungen zwischen verschiedenen Entitäten und Providern innerhalb und außerhalb der Prozessanlage zu bestimmen. Das zusätzliche Wissen und die bestimmten Beziehungen können als zusätzliche zentralisierte Massendaten gespeichert und beispielsweise an der eingebetteten Appliance **118** anderweitig verwendet werden. In manchen Fällen nutzt der zentralisierte Massendatenknoten **108** oder die Appliance **118** das generierte Wissen und die Beziehungen zum entsprechenden Steuern einer oder mehrerer Prozesse der Anlage.

[0117] Tatsächlich kann jeder Knoten **102**–**106** des Massendatennetzwerks **100** Massendaten zu einer zentralisierte Massendaten-Appliance **118** streamen oder anderweitig liefern, z.B. für eine Historisierung oder Langzeitspeicherung. Zum Beispiel kann ein lokaler Massendatenproviderknoten **102** seine Massendaten direkt an den zentralisierten Massendatenknoten **108** streamen. Ebenso kann jeder Knoten **102**–**106** des Massendatennetzwerks Dienste anfordern, die von der eingebetteten zentralisierten Appliance **118** bereitgestellt werden, und/oder kann einen Zugriff auf darin gespeicherte Daten und Metadaten anfordern. Ferner können in Ausführungsformen, in den viele zentralisierte Massendatenknoten **108** oder Appliances **118** eine einzige Prozessanlage bedienen, die vielen zentralisierten Massendatenknoten **108** oder Appliances **118** auf Peer-to-Peer-Basis miteinander kommunizieren, ähnlich wie für die regionalen Massendatenknoten **106a**–**106m** beschrieben.

[0118] Ähnlich wie die regionalen Massendatenknoten **106a**–**106m** kann auch ein zentralisierter Mas-

sendatenknoten **108** in manchen Situationen selbst ein Erzeuger oder Provider von Massendaten sein, beispielsweise wenn eine Analytik, die vom zentralisierten Massendatenknoten **108** durchgeführt wird (z.B. eine oder mehrere der Analysefunktionen A_x–A_y) dazu führt, dass zusätzliche Informationen entdeckt oder gelernt werden, die an der zentralisierten Massendaten-Appliance **118** gespeichert werden und für andere Massendatenknoten **102**–**106** zugänglich gemacht werden. Jedoch wird der größte Teil des Volumens von Massendaten, die von einer zentralisierten Massendaten-Appliance **118** gehandhabt und bedient werden, von anderen Massendatenknoten **102**–**106** empfangen. Eine Beschreibung eines Beispiels für einen zentralisierten Massendatenknoten **108** und eines Beispiels für eine zentralisierte Massendaten-Appliance **118**, die mit irgendwelchen oder allen von den hierin beschriebenen Techniken verwendet werden können, findet sich in der oben genannten US-Patentanmeldung Nr. 13/784,041. Jedoch sein klargestellt, dass irgendwelche oder alle von den hierin beschriebenen Techniken alternativ oder zusätzlich mit zentralisierten Massendaten-Appliances verwendet werden können, die von den in der US-Patentanmeldung Nr. 13/784,041 beschriebenen verschieden sind.

[0119] In manchen Konfigurationen teilt ein zentralisierter Massendatenknoten **108** einem Massendatenknoten, der sich an einem anderen Ort befindet (z.B. einem Massendatenknoten, der sich an einem anderen Ort als die Prozessanlage befindet) Daten und gelernte Informationen für eine(n) Massendatenhistorisierung, -speicherung, -zugriff und/oder -analyse mit. Solch ein Massendatenknoten, der hierin als „Cloud-Massendatenknoten **110** bezeichnet wird, kann Dienste für viele verschiedene Prozessanlagen oder Prozesssteuerungssysteme **10** bereitstellen. Zum Beispiel kann ein Unternehmen, das viele verschiedene Ölraffinerien betreibt, einen Cloud-Massendatenknoten **110** und eine Cloud-Massendaten-Appliance **121** bereitstellen, um Massendaten in Bezug auf all ihre Ölraffinerien zu bedienen. Daten-Pipelines wie hierin beschrieben können teilweise oder vollständig im Cloud-Massendatenknoten **110** implementiert werden. Zum Beispiel kann ein zentralisierter Massendatenknoten einer bestimmten Raffinerie veröffentlichte Massendaten, die vom Prozesssteuerungs-Massendatennetzwerk **100** der Prozessanlage generiert worden sind, über den Cloud-Massendatenknoten **110** und die residente Cloud-Massendaten-Appliance **121** abfragen und kann die abgefragten, veröffentlichten Massendaten für Operationen in der jeweiligen Raffinerie unter Verwendung derselben Daten-Pipeline nutzen. In manchen Ausführungsformen können manche von den Massendatenknoten **102**–**106** Daten gemäß einer oder mehrerer Daten-Pipelines direkt an den Cloud-Massendatenknoten **110** streamen oder liefern. Ebenso kann jeder von den Massendatenknoten **102**–**106** Dienste, die von der eingebetteten Appliance **121** des Cloud-Massendatenknotens **110** bereitgestellt werden, und/oder Zugriffsdaten und Metadaten, die gemäß einer oder mehrerer Daten-Pipelines dort gespeichert sind, anfordern. Auch wenn dies in **Fig.** 4 nicht dargestellt ist, kann ein Cloud-Massendatenknoten **110** eine oder mehrere jeweilige Analytikroutinen, -funktionen oder -prozesse enthalten, die z.B. von Massendatenanalysierern **226** von **Fig.** 6 bereitgestellt werden und die gemäß einer oder mehrerer der hierin beschriebenen Daten-Pipelines implementiert werden können.

[0120] Ferner sei klargestellt, dass nicht alle Arten von Massendatenknoten in allen Prozessanlagen enthalten sind. Zum Beispiel kann eine höchste Ebene einer Massendatenverarbeitung in einer bestimmten Prozessanlage die regionale Ebene sein, und somit kann es sein, dass diese eine Prozessanlage überhaupt keine zentralisierten Massendatenknoten **108** beinhaltet und nicht mit einem Cloud-Massendatenknoten **110** verbunden ist. Um Prozesssteuerungsmassendaten zu erleichtern oder zu unterstützen, beinhaltet eine Prozessanlage jedoch generell mindestens einen lokalen Massendatenproviderknoten **102** und mindestens eine Massendaten-Appliance **112**, **116**, **118**.

[0121] Außerdem beinhaltet eine Prozessanlage in manchen Ausführungsformen eine oder mehrere hergebrachte bzw. Legacy-Prozesssteuerungsvorrichtungen (nicht dargestellt), die von Natur aus keine Massendatenunterstützung bieten. In diesen Ausführungsformen kann ein Gateway-Knoten in der Anlage oder eine Ergänzungsvorrichtung, die direkt mit einer Legacy-Vorrichtung gekoppelt ist, Datennachrichten zwischen einem von der Legacy-Vorrichtung genutzten Protokoll und dem vom Backbone des Prozesssteuerungs-Massendatennetzwerks genutzten Protokoll umwandeln oder übersetzen, wodurch die Legacy-Vorrichtung und das Prozesssteuerungs-Massendatennetzwerk **100** kommunikationstechnisch miteinander verbunden werden. Jedoch können Daten-Pipelines durch diese Knoten verlaufen, um einen Datenaustausch zwischen den verschiedenen Verarbeitungsblöcken der Daten-Pipeline durchzuführen.

[0122] Jedoch weisen Massendatenknoten oder Vorrichtungen **102**–**110** in der Regel keine integrale Benutzerschnittstelle auf, obwohl manche der Massendatenknoten oder Vorrichtungen **102**–**110** die Fähigkeit zur kommunikationstechnischen Verbindung mit einer oder mehreren Benutzerschnittstellenvorrichtungen **130** haben können, z.B. durch eine Kommunikation über eine drahtgebundene oder drahtlose Kommunikationsverbindung oder durch Einstecken einer Benutzerschnittstellenvorrichtung **130** in einen Port der Massendatenknoten oder Vorrichtungen **102**–**110**. In **Fig.** 4 ist die Benutzerschnittstellen-

vorrichtung **130** als Massendatenknoten dargestellt, der drahtlos mit dem Prozesssteuerungs-Massendatennetzwerk **100** verbunden ist.

[0123] Die Benutzerschnittstellenvorrichtung **130** ist eine Vorrichtung (z.B. eine mobile oder stationäre Rechenvorrichtung, ein Handgerät, eine Surface-Rechenvorrichtung, ein Tablet usw.), die eine oder mehrere integrierte Benutzerschnittstellen beinhaltet, über die ein Benutzer oder Betreiber mit der Vorrichtung und dem Prozesssteuerungssystem oder der Prozessanlage interagieren kann, um Aktivitäten in Bezug auf die Prozessanlage durchzuführen (z.B. Konfigurieren, Betrachten, Überwachen, Testen, Diagnostizieren, Ordnen, Planen, Terminieren, Annotieren und/oder andere Aktivitäten). Integrierte Benutzerschnittstellen können einen Bildschirm, eine Tastatur, ein Keypad, eine Maus, Schaltflächen, einen Touchscreen, ein Touchpad, eine biometrische Schnittstelle, Lautsprecher und Mikrofone, Kameras und/oder irgendeine andere Benutzerschnittstellentechnologie beinhalten. Die Benutzerschnittstellenvorrichtungen **130** können eine direkte drahtgebundene oder drahtlose Verbindung mit dem Backbone des Massendatennetzwerks des Prozesssteuerungssystems beinhalten oder können eine indirekte Verbindung mit dem Backbone beinhalten, z.B. über einen Zugriffspunkt oder ein Gateway. Die Benutzerschnittstellenvorrichtungen **130** können als Drahtlos-Handgeräte implementiert werden, wie die Vorrichtungen **42** von **Fig.** 1, und können mit einer oder mehreren Daten-Pipelines verbunden sein, um fertig verarbeitete Daten von der einen oder den mehreren Daten-Pipelines zu empfangen. Darüber hinaus können diese Vorrichtungen oder Endanwendungsvorrichtungen fallweise mit einer Daten-Pipeline verbunden werden oder können für lange Zeitspannen mit einer Daten-Pipeline verbunden bleiben.

[0124] In manchen Ausführungsformen kann eine Benutzerschnittstellenvorrichtung **130** eine oder mehrere eingebaute Analysefähigkeiten (in **Fig.** 4 durch das eingekreiste A_z bezeichnet), aufweisen. Anders ausgedrückt kann eine Benutzerschnittstellenvorrichtung **130** mit einer beliebigen Zahl von Massendatenknoten und/oder Massendaten-Appliances kommunizieren, um Daten herunterzuladen und/oder zu empfangen und eine lokale Analyse A_z an den heruntergeladenen/empfangenen Daten durchzuführen, um Wissen zu entdecken oder zu lernen, und kann dies als Teil einer Daten-Pipeline oder durch die Verbindung mit einer Daten-Pipeline tun. In der Tat kann eine Benutzerschnittstellenvorrichtung in manchen Konfigurationen selbst ein Massendatenproviderknoten sein und kann selbst zumindest manche der Ergebnisse ihrer Analyse A_z als Massendaten an einem oder mehreren anderen lokalen, regionalen, zentralisierten oder Cloud-Massendatenknoten **102**–**110** bereitstellen. Beispiele für die Nutzung von Benutzerschnittstellenvorrichtungen in Prozesssteuerungs-Massendatennetzwerken (die mit irgendwelchen oder allen von den hierin beschriebenen Techniken verwendet werden können, findet sich beispielsweise in der oben genannten US-Patentanmeldung Nr. 14/028,785. Natürlich können jedoch alternativ oder zusätzlich dazu auch andere Techniken der Nutzung von Benutzerschnittstellenvorrichtungen mit dem Prozesssteuerungs-Massendatennetzwerk **100** in Verbindung mit beliebigen oder allen von den hierin beschriebenen Techniken verwendet werden.

[0125] **Fig.** 6 zeigt ein Blockschema eines anderen Beispiels für ein Prozessanlagennetzwerk **400**, das verschiedene Vorrichtungen beinhaltet, die mit einer Prozessanlage oder einem Prozesssteuerungssystem **401** assoziiert sind, in der bzw. in dem die automatischen, auf Signalverarbeitung basierenden Lerntechniken, Verfahren, Systeme und Geräte, die eine oder mehrere der hierin offenbarten Daten-Pipelines nutzen, implementiert und enthalten sein können. Zum Beispiel kann zumindest ein Teil des automatischen, aus Signalverarbeitung basierenden Lernsystems unter Verwendung einer oder mehrerer Daten-Pipelines in dem Prozessanlagennetzwerk **400** implementiert werden. Zumindest ein Abschnitt des Prozessanlagennetzwerks **400** kann von einem Prozesssteuerungs-Massendatennetzwerk, beispielsweise dem Prozesssteuerungs-Massendatennetzwerk **100** von **Fig.** 4 unterstützt werden. Obwohl das Prozessanlagennetzwerk **400** nachstehend zur Vereinfachung der Erörterung und nicht zur Beschränkung unter Bezugnahme auf Merkmale beschrieben ist, die in **Fig.** 1, **Fig.** 4 und **Fig.** 5 dargestellt sind, sei klargestellt, dass das Prozessanlagennetzwerk **400** von **Fig.** 6 auch ein anderes Prozesssteuerungs-Massendatennetzwerk als das in **Fig.** 1, **Fig.** 4 und **Fig.** 5 beschriebene verwenden kann, oder das Prozessanlagennetzwerk **400** irgendwelche Prozesssteuerungs-Massendatennetzwerke, -knoten und/oder -Vorrichtungen weglassen kann.

[0126] In **Fig.** 6 sind Prozesssteuerungs-Massendatenknoten oder -Vorrichtungen mit einem Bezugszeichen „BD“ bezeichnet, das anzeigt, dass der Knoten ein Prozesssteuerungs-Massendatenknoten, eine Massendaten-Appliance oder beides ist. Zum Beispiel können Knoten oder Vorrichtungen, die mit einem Bezugszeichen „BD“ in **Fig.** 6 bezeichnet sind, auf **Fig.** 4, einen lokalen Massendatenproviderknoten und/oder eine Appliance **102a**–**102n**, **112a**–**112n**, einen regionalen Massendatenproviderknoten und/oder eine Appliance **106a**–**106m**, **116a**–**116m**, einen zentralisierten Massendatenproviderknoten **108** und/oder eine Appliance **118** oder eine andere Art von Massendatenknoten **104** verwenden oder können auf ähnliche Knoten in **Fig.** 1 verweisen.

[0127] In **Fig.** 6 sind die Prozesssteuerungs-Massendatenknoten BD Knoten des Prozesssteuerungs-Massendatennetzwerks **400**. Falls gewünscht, kann

das Prozesssteuerungs-Massendatennetzwerk **400** das Prozesssteuerungs-Massendatennetzwerk **100** von **Fig.** 4 sein, und die Knoten BD können die Knoten **102**–**108** des Netzwerks **100** sein. In **Fig.** 6 sind die Knoten BD über ein Massendatennetzwerk-Backbone **405** des Prozesssteuerungssystems kommunikationstechnisch über dem Netzwerk **400** verbunden. Das Backbone **405** beinhaltet mehrere vernetzte Rechenvorrichtungen oder Weichen, die dafür ausgelegt sind, Pakete zu/von verschiedenen Prozesssteuerungs-Massendatenknoten BD zu routen. Die mehreren vernetzten Rechenvorrichtungen des Backbone **405** können durch eine beliebige Zahl von drahtlosen und/oder drahtgebundenen Verbindungen verbunden sein, und das Backbone **405** des Massendatennetzwerks kann ein oder mehrere geeignete Routing-Protokolle, beispielsweise ein Streaming-Protokoll für die Massendaten der Prozesssteuerung, unterstützen, wie bereits unter Bezugnahme auf das Netzwerkkarte **100** erörtert wurde.

[0128] Wie in **Fig.** 6 dargestellt ist, beinhaltet das Prozesssteuerungs-Massendatennetzwerk **400** eine zentralisierte Massendaten-Appliance **408** und viele andere Massendatenproviderknoten **411**, **415**, **416**, **418**, **419**, **420**, **421**, **426**, **428**, **435**, **442a**, **442b**, **444**, **452a**, **455a**, **458**, **472**, **475**, **478**. Eines von den Beispielen für Massendatenproviderknoten ist eine Massendatenprozesssteuerungsvorrichtung **411**, die Massendaten des Prozesssteuerungsnetzwerks oder der Anlage **40** lokal erfasst, analysiert und speichert. Der Controller **411** ist über Eingabe-/Ausgabe (I/O)-Karten **426** und **428** kommunikationstechnisch mit drahtgebundenen Feldvorrichtungen **415**–**422** verbunden und ist über ein Drahtlos-Gateway **435** und das Backbone **405** des Massendatennetzwerks der Prozesssteuerung kommunikationstechnisch mit Drahtlos-Feldvorrichtungen **440**–**446** verbunden. In einer anderen Ausführungsform kann der Controller **411** jedoch unter Verwendung eines Kommunikationsnetzes, das vom Massendaten-Backbone **405** verschieden ist, kommunikationstechnisch mit dem Drahtlos-Gateway **435** verbunden sein, beispielsweise unter Verwendung eines Prozesssteuerungskommunikationsnetzes, das eine beliebige Zahl von drahtgebundenen und/oder drahtlosen Kommunikationsverbindungen beinhaltet, unter Verwendung eines öffentlichen oder internetbasierten Kommunikationsnetzes, unter Verwendung eines Local Area Network usw. In **Fig.** 6 ist der Controller **411** ein Massendatenproviderknoten BD des Prozesssteuerungssystem-Massendatennetzwerks **400**, und ist direkt mit dem Massendatennetzwerk-Backbone **405** der Prozesssteuerung verbunden.

[0129] Der Controller **411**, der beispielsweise der von Emerson Process Management verkaufte DeltaV™-Controller sein kann, kann so arbeiten, dass ein Batch-Prozess oder ein kontinuierlicher Prozess unter Verwendung von zumindest manchen der Feldvorrichtungen **415**–**422** und **440**–**446** implementiert wird. Zusätzlich dazu, dass der Controller **411** kommunikationstechnisch mit dem Massendatennetzwerk-Backbone **405** der Prozesssteuerung verbunden ist, kann er auch unter Verwendung beliebiger gewünschter Hardware, Software und/oder Kommunikationsverbindungen oder Netzwerke, die beispielsweise mit 4–20 mA-Standardvorrichtungen, I/O-Karten **426**, **428** und/oder irgendeinem intelligenten Kommunikationsprotokoll wie dem FOUNDATION®-Fieldbus-Protokoll, dem HART®-Protokoll, dem WirelessHART®-Protokoll usw. assoziiert sind, mit zumindest manchen von den Feldvorrichtungen **415**–**422** und **440**–**446** verbunden sein. Der Controller **411** kann unter Verwendung des Massendatennetzwerk-Backbone **405** der Prozesssteuerung mit zumindest manchen von den Feldvorrichtungen **415**–**422** und **440**–**446** verbunden sein. Der Controller **411**, die Feldvorrichtungen **415**–**422** und die I/O-Karten **426**, **428** sind als drahtgebundene Vorrichtungen dargestellt, und die Feldvorrichtungen **440**–**446** sind als drahtlose Feldvorrichtungen dargestellt. Natürlich könnten die drahtgebundenen Feldvorrichtungen **415**–**422** und die drahtlosen Feldvorrichtungen **440**–**446** einem oder mehreren beliebigen anderen gewünschten Standard(s) oder Protokollen entsprechen, beispielsweise beliebigen Verdrahtungs- oder Drahtlosprotokollen, einschließlich etwaiger Standards oder Protokolle, die in der Zukunft entwickelt werden.

[0130] Die Prozesssteuerungsvorrichtung **411** beinhaltet einen Prozessor **430**, der einer oder mehreren Prozesssteuerungsroutinen (die z.B. in einem Speicher **432** gespeichert sind) vorsteht, die Steuerungsschleifen beinhalten können. Der Prozessor **430** ist dafür ausgelegt, mit den Feldvorrichtungen **415**–**422** und anderen Prozesssteuerungs-Massendatenknoten BD, die kommunikationstechnisch mit dem Backbone **405** verbunden ist, zu kommunizieren. Man beachte, dass Teile von beliebigen der hierin beschriebenen Steuerroutinen oder -module (einschließlich von Qualitätsvoraussage- und Fehlererfassungsmodulen oder Funktionsblöcken) von unterschiedlichen Controllern oder anderen Vorrichtungen implementiert oder ausgeführt werden können, falls gewünscht. Ebenso können die hierin beschriebenen Steuerroutinen oder -module, die innerhalb des Prozesssteuerungssystems **40** implementiert werden sollen, jede Form aufweisen, einschließlich von Software, Firmware, Hardware usw. Steuerroutinen können in jedem gewünschten Software-Format implementiert werden, beispielsweise unter Verwendung objektorientierter Programmierung, eines Kontaktplans, der Ablaufsprache, Funktionsblockschemata oder unter Verwendung irgendeiner anderen Softwareprogrammiersprache oder irgendeines Design-Paradigmas implementiert werden. Die Steuerroutinen können in jeder geeigneten Art von Speicher, beispielsweise einem Speicher mit wahlfreiem Zu-

griff (RAM) oder Nur-Lese-Speicher (ROM) gespeichert werden. Ebenso können die Steuerroutinen fest beispielsweise in einen oder mehrere EPROMs, EEPROMs, anwendungsspezifische integrierte Schaltungen (ASICs) oder irgendwelche anderen Hardware- oder Firmware-Elemente einprogrammiert werden. Somit kann der Controller **411** dafür ausgelegt sein, eine Steuerstrategie oder eine Steuerroutine auf irgendeine gewünschte Art und Weise implementieren.

[0131] In manchen Ausführungsformen implementiert die Steuerung **411** eine Steuerungsstrategie unter Verwendung dessen, was allgemein als Funktionsblöcke bezeichnet wird, wobei jeder Funktionsblock ein Objekt oder einen anderen Teil (z.B. eine Subroutine) einer Gesamt-Steuerroutine ist und (über Kommunikationen, die als Links bezeichnet werden) in Verbindung mit anderen Funktionsblöcken arbeitet, um Prozesssteuerschleifen innerhalb des Prozesssteuerungssystems **401** zu implementieren. Auf Steuerung basierende Funktionsblöcke führen in der Regel eine der folgenden durch: eine Eingabefunktion, beispielsweise solche, die mit einem Sender, einem Sensor oder einer anderen Prozessparametermessvorrichtung assoziiert sind, eine Steuerfunktion, beispielsweise solche, die mit einer Steuerroutine assoziiert sind, die eine PID-, Fuzzy-Logik- oder ähnlichen Steuerung durchführt, oder eine Ausgabefunktion, die den Betrieb irgendeiner Vorrichtung steuert, beispielsweise eines Ventils, um gewisse physische Funktionen innerhalb des Prozesssteuerungssystems **401** durchzuführen. Natürlich existieren hybride und anderen Arten von Funktionsblöcken. Funktionsblöcke können im Controller **411** gespeichert und von diesem ausgeführt werden, was typischerweise der Fall ist, wenn diese Funktionsblöcke mit 4–20 mA-Standardvorrichtungen und manchen Arten von intelligenten Feldvorrichtungen wie HART-Vorrichtungen verwendet werden oder damit assoziiert sind, oder in den Feldvorrichtungen selbst gespeichert oder implementiert werden, was der Fall mit Fieldbus-Vorrichtungen sein kann. Der Controller **411** kann eine oder mehrere Steuerroutinen **438** beinhalten, die eine oder mehrere Steuerschleifen implementieren können. Jede Steuerschleife wird typischerweise als Steuermodul bezeichnet und kann durch Ausführen eines oder mehrerer von den Funktionsblöcken durchgeführt werden.

[0132] Die in **Fig.** 6 dargestellten drahtgebundenen Vorrichtungen **411**–**422** beinhalten drahtgebundene Massendaten-Prozesssteuerungsvorrichtungen **415**, **416** und **418**–**421** und die I/O-Karten **426**, **428**. **Fig.** 6 stellen auch drahtgebundene Legacy-Vorrichtungen **417** und **422** dar, die in Verbindung mit den drahtgebundenen Massendatenvorrichtungen **415**, **418**–**421**, **426**, **428** innerhalb der Prozessanlage arbeiten können. Die drahtgebundenen Feldvorrichtungen **415**–**422** Vorrichtungen beliebiger Art sein, wie Sensoren, Ventile, Sender, Stellungsgeber usw., während die I/O-Karten **426** und **428** I/O-Vorrichtungen beliebiger Art sein können, die sich jedem gewünschten Kommunikations- oder Steuerungsprotokoll anpassen können. In **Fig.** 6 sind die Feldvorrichtungen **415**–**418** 4–20 mA-Standardvorrichtungen oder HART-Vorrichtungen, die über analoge Leitungen oder kombinierte analoge und digitale Leitungen mit der I/O-Karte **426** kommunizieren, während die Feldvorrichtungen **419**–**422** intelligente Vorrichtungen sind wie FOUNDATION®Fieldbus-Feldvorrichtungen, die über einen digitalen Bus unter Verwendung eines Fieldbus-Kommunikationsprotokolls mit der I/O-Karte kommunizieren. In manchen Ausführungsformen kommunizieren jedoch zumindest einige von den Massendaten-Feldvorrichtungen **415**, **416** und **418**–**421** und/oder zumindest einige von den Massendaten-I/O-Karten **426**, **428** zusätzlich oder alternativ dazu unter Verwendung des Massendatennetzwerk-Backbone **405** mit dem Controller **411**.

[0133] Das dargestellte Netzwerk **400** beinhaltet auch ein Überwachungssystem (das Teil des Prozesssteuerungssystems **401** sein kann, aber nicht muss). Das Überwachungssystem beinhaltet drahtlose Feldvorrichtungen **440**–**446**, die in **Fig.** 6 dargestellt sind, und diese beinhalten auch Beispiele für drahtlose Massendatenknoten oder -vorrichtungen BD (z.B. Vorrichtungen **442a**, **442b**, **444**). **Fig.** 6 beinhaltet auch ein Beispiel für eine drahtlose Legacy-Vorrichtung (z.B. die Vorrichtung **446**). Die drahtlosen Feldvorrichtungen **440**–**446** kommunizieren in einem Drahtlos-Netzwerk **470** unter Verwendung eines Drahtlosprotokolls, wie des Wireless-HART-Protokolls. Solche drahtlosen Feldvorrichtungen **440**–**446** können direkt mit einer oder mehreren anderen Massendatenvorrichtungen oder -knoten BD des Prozesssteuerungsmassendatennetzwerks **400** kommunizieren, die auch dafür ausgelegt sind, über Funk zu kommunizieren (beispielsweise unter Verwendung eines Drahtlos-Streaming-Protokolls). Um mit einem oder mehreren anderen Massendatenknoten zu kommunizieren, die nicht dafür ausgelegt sind, drahtlos zu kommunizieren, können die drahtlosen Feldvorrichtungen **440**–**446** ein Drahtlos-Gateway **345** verwenden, das mit dem Backbone **405** oder mit einem anderen Prozesssteuerungskommunikationsnetz verbunden ist. In der Prozessanlage **40** kann jede Zahl von drahtlosen Feldvorrichtungen, die Massendaten unterstützten, verwendet werden.

[0134] Das in **Fig.** 6 dargestellte Drahtlos-Gateway ist ein anderes Beispiel für einen Massendatenknoten BD, der in der Prozesssteuerungsanlage oder dem System **40** enthalten ist, und bietet Zugang zu/von den verschiedenen Drahtlosvorrichtungen **440**–**458** eines Drahtloskommunikationsnetzes **470**. Genauer ermöglicht das Drahtlos-Gateway **345** eine kommunikationstechnische Kopplung zwischen den Drahtlos-

vorrichtungen **440**–**458**, den drahtgebundenen Vorrichtungen **411**–**428** und/oder anderen Knoten oder Vorrichtungen des Prozesssteuerungsmassendatennetzwerks **400** (einschließlich des Controllers **411** von **Fig.** 6). Zum Beispiel kann das Drahtlos-Gateway **435** eine kommunikationstechnische Kopplung unter Verwendung des Backbone **405** des Massendatennetzwerks und/oder unter Verwendung eines oder mehrerer Kommunikationsnetze der Prozessanlage **40** ermöglichen.

[0135] Das Drahtlos-Gateway **435** ermöglicht in manchen Fällen durch Routing-, Pufferungs- und Timing-Dienste eine kommunikationstechnische Kopplung mit tieferen Schichten der Verdrahtungs- oder Drahtlosprotokollstapel (z.B. Adressenumwandlung, Routing, Paketsegmentation, Priorisierung usw.), während sie eine gemeinsam genutzte Schicht oder mehrere gemeinsam genutzte Schichten der Verdrahtungs- und Drahtlosprotokollstapel tunneliert. In anderen Fällen kann das Drahtlos-Gateway **435** Befehle zwischen Verdrahtungs- und Drahtlosprotokollen, die gar keine Protokollschichten gemeinsam nutzen, übersetzen. Zusätzlich zur Protokoll- und Befehlsumwandlung kann das Drahtlos-Gateway **435** eine synchronisierte Taktung bereitstellen, die von Zeitschlitzen und Superframes (Sätzen von Kommunikationszeitschlitzen, die zeitlich gleiche Abstände aufweisen) eines Terminierungsschemas verwendet wird, das mit dem im Drahtlosnetzwerk **470** implementierten Drahtlosprotokoll assoziiert ist. Ferner kann das Drahtlos-Gateway **435** Netzwerkverwaltungs- und administrative Funktionen für das Drahtlos-Netzwerk **470** bereitstellen, beispielsweise Ressourcenverwaltung, Leistungsanpassung, Netzwerkfehlerabmilderung, Datenverkehrsüberwachung, Sicherheit und dergleichen.

[0136] Ähnlich wie die drahtgebundenen Feldvorrichtungen **415**–**422** können die Drahtlosvorrichtungen **440**–**446** des Drahtlosnetzwerks **470** eine Überwachungsfunktion und/oder physische Steuerfunktionen innerhalb der Prozessanlage **40** durchführen, z.B. Öffnen und Schließen von Ventilen oder Durchführen von Messungen von Prozessparametern. Die drahtlosen Feldvorrichtungen **440**–**446** sind jedoch dafür ausgelegt, unter Verwendung des Drahtlosprotokolls des Netzwerks **470** zu kommunizieren. Somit sind die drahtlosen Feldvorrichtungen **440**–**446**, das Drahtlos-Gateway **435** und die anderen drahtlosen Knoten **452**–**458** des Drahtlosnetzwerks **470** Produzenten und Verbraucher von Drahtloskommunikationspaketen.

[0137] In manchen Szenarios kann das Drahtlosnetzwerk **470** Vorrichtungen beinhalten, die nicht drahtlos sind und die Massendatenvorrichtungen sein können, aber nicht müssen. Zum Beispiel kann eine Feldvorrichtung **448** von **Fig.** 6 eine 4–20 mA-Legacy-Vorrichtung sein und eine Feldvorrichtung **450** kann eine herkömmliche verdrahtete HART-Vorrichtung sein. Um innerhalb des Netzwerks **470** zu kommunizieren, können die Feldvorrichtungen **448** und **450** über einen Drahtlosadapter (WA) **452a** oder **452b** mit dem Drahtloskommunikationsnetz **470** verbunden werden. Der in **Fig.** 6 gezeigte Drahtlosadapter **452b** ist ein Legacy-Drahtlosadapter, der unter Verwendung des Drahtlosprotokolls kommuniziert, und der dargestellte Drahtlosadapter **452a** unterstützt Massendaten und ist somit kommunikationstechnisch mit dem Backbone **405** des Massendatennetzwerks verbunden. Außerdem können die Drahtlosadapter **452a**, **542b** andere Kommunikationsprotokolle wie Foundation® Fieldbus, PROFIBUS, DeviceNet, usw. unterstützen. Ferner kann das Drahtlosnetzwerk **470** einen oder mehrere Netzwerkzugriffspunkte **455a**, **455b** beinhalten, bei denen es sich um separate physische Vorrichtungen handeln kann, die mit dem Drahtlos-Gateway **435** über Drähte kommunizieren, oder sie können mit dem Drahtlos-Gateway **435** als integraler Vorrichtung ausgestattet sein. In **Fig.** 6 ist der dargestellte Netzwerkzugriffspunkt **455a** eine Massendatenvorrichtung BD, während der Netzwerkzugriffspunkt **455b** ein Legacy-Zugriffspunkt ist. Das Drahtlosnetzwerk **470** kann auch einen oder mehrere Router **458** beinhalten, um Pakete von einer Drahtlosvorrichtung zu einer anderen Drahtlosvorrichtung innerhalb des Drahtloskommunikationsnetzes **470** weiterzugeben, die jeweils verteilte Massendaten im Prozesssteuerungssystem **40** unterstützen können, aber nicht müssen. Die Drahtlosvorrichtungen **440**–**446** und **452**–**458** können miteinander und mit dem Drahtlos-Gateway **435** über drahtlose Verbindungen **460** des Drahtloskommunikationsnetzes **470** und/oder über das Massendatennetzwerk-Backbone **405** kommunizieren, wenn die Drahtlosvorrichtungen verteilte und/oder zentralisierte Massendatenvorrichtungen sind.

[0138] Somit beinhaltet das System von **Fig.** 6 mehrere Beispiele für Massendatenvorrichtungen von Knoten BD, die in erster Linie dazu dienen, eine Netzwerk-Routing-Funktion und eine Administration für verschiedene Netzwerke des Prozesssteuerungssystems bereitzustellen und in denen oder die die hindurch Daten-Pipelines implementiert werden können. Zum Beispiel beinhalten das Drahtlos-Gateway **435**, der Zugangspunkt **455a** und der Router **458** jeweils eine Funktionalität, um Drahtlospakete im Drahtloskommunikationsnetzwerk **470** zu routen, und diese Knoten oder Vorrichtungen können solche Kommunikationen als Teil der Implementierung einer oder mehrerer Daten-Pipelines implementieren. Das Drahtlos-Gateway **435** führt Datenverkehrsmanagement- und administrative Funktionen für das Drahtlosnetzwerk **470** durch und routed außerdem Datenverkehr zu und von drahtgebundenen Netzwerken, die mit dem Drahtlosnetzwerk **470** in Kommunikationsverbindung stehen. Das Drahtlosnetzwerk **470** kann ein Drahtlos-Prozesssteuerungsprotokoll nut-

zen, das spezifisch Prozesssteuerungsnachrichtungen und -funktionen unterstützt, beispielsweise WirelessHART, und das auch für Daten-Pipeline-Kommunikationen verwendet werden kann. Wie in **Fig.** 6 dargestellt ist, unterstützen die Vorrichtungen **435**, **455a**, **452a**, **442a**, **442b** und **458** des Drahtlosnetzwerks **470** Massendaten in der Prozesssteuerungsanlage **40**, jedoch kann eine beliebige Anzahl beliebiger Arten von Knoten des Drahtlosnetzwerks **470** verteilte Massendaten in der Prozessanlage **40** unterstützen.

[0139] Andere Vorrichtungen, die unter Verwendung anderer Drahtlosprotokolle kommunizieren, können Massendatenknoten oder -vorrichtungen BD des Prozesssteuerungsmassendatennetzwerks **400** sein. In **Fig.** 6 sind einer oder mehrere Drahtloszugriffspunkte **472** Massendatenvorrichtungen BD, die unter Verwendung anderer Drahtlosprotokolle wie Wi-Fi oder anderer mit IEEE 802.11 konformer Drahtlosprotokolle für Local Area Networks, mobiler Kommunikationsprotokolle wie WiMAX (Worldwide Interoperability for Microwave Access), LTE (Long Term Evolution) oder anderer mit ITU-R (International Telecommunication Union Radiocommunication Sector) kompatibler Protokolle, Kurzwellen-Funkkommunikationen wie Nahfeldkommunikationen (NFC) und Bluetooth oder anderer Drahtloskommunikationsprotokolle Daten-Pipelines oder Teile von Daten-Pipelines implementiert. In der Regel ermöglichen solche Drahtloszugriffsprotokolle **472** Handgeräte oder andere tragbaren Rechenvorrichtungen (z.B. Benutzerschnittstellenvorrichtungen), um über ein entsprechendes Drahtlosnetzwerk, das vom Drahtlosnetzwerk **470** verschieden ist und das ein anderes Drahtlosprotokoll als das Drahtlosnetzwerk **470** unterstützt, zu kommunizieren. In manchen Szenarios kann bzw. können zusätzlich zu tragbaren Rechenvorrichtungen eine oder mehrere Prozesssteuerungsvorrichtungen (z.B. der Controller **411**, die Feldvorrichtungen **415**–**422** oder die Drahtlosvorrichtungen **435**, **440**–**458**) ebenfalls unter Verwendung des von den Zugriffspunkten **472** unterstützten Drahtlosprotokolls kommunizieren.

[0140] Außerdem sind in dem System von **Fig.** 6 ein oder mehrere Gateways **475**, **478** zu Systemen, die außerhalb des unmittelbaren Prozesssteuerungssystems **40** liegen, Massendatenknoten oder -vorrichtungen BD des Prozesssteuerungsmassendatennetzwerks **400**, die verwendet werden können, um Daten-Pipelines oder analytische Module, die Daten-Pipelines verwenden, zu implementieren. In der Regel sind solche Systeme Kunden oder Lieferanten von Informationen, die vom Prozesssteuerungssystem **40** generiert oder betrieben werden. Zum Beispiel kann ein Anlagen-Gateway-Knoten **475** die unmittelbare Prozessanlage **40** (die ihr eigenes Prozesssteuerungsmassendatennetzwerk-Backbone **405** aufweist) kommunikationstechnisch mit einer anderen Prozessanlage verbinden, die ihr eigenes jeweiliges Prozesssteuerungsmassendatennetzwerk-Backbone aufweist. In einem anderen Beispiel kann ein einzelnes Prozesssteuerungsmassendatennetzwerk-Backbone **405** viele Prozessanlagen oder Prozesssteuerungsumgebungen bedienen. In einem noch anderen Beispiel verbindet der Anlagen-Gateway-Knoten **475** die unmittelbare Prozessanlage **40** kommunikationstechnisch mit einem Cloud-Massendatenknoten **110** und/oder einer Cloud-Massendaten-Appliance **121**.

[0141] Ein in **Fig.** 6 dargestellter Anlagen-Gateway-Knoten **475** verbindet die unmittelbare Prozessanlage **40** kommunikationstechnisch mit einer Prozessanlage, die hergebracht ist oder zum Stand der Technik gehört und die kein Prozesssteuerungsmassendatennetzwerk **400** oder Backbone **405** beinhaltet. In diesem Beispiel kann der Anlagen-Gateway-Knoten **475** Nachrichten zwischen einem Protokoll, das vom Massendaten-Backbone **405** der Prozesssteuerung **40** verwendet wird, und einem anderen Protokoll, das vom Legacy-System verwendet wird (z.B. Ethernet, Profibus, Fieldbus, DeviceNet, usw.) als Teil einer Daten-Pipeline verwendet wird, umwandeln oder übersetzen. Der eine oder die mehreren Gateway-Knoten **478** des externen Systems verbinden das Prozesssteuerungsmassendatennetzwerk **400** kommunikationstechnisch mit dem Netzwerk eines externen öffentlichen oder privaten Systems, beispielsweise eines Laborsystems (z.B. Laboratory Information Management System oder LIMS), einer Betreiberrundendatenbank, eines Materialhandhabungssystems, eines Instandhaltungshandhabungssystems, eines Produktlagerbestandskontrollsystems, eines Produktionsterminierungssystems, eines Wetterdatensystems, eines Auslieferungs- und Handhabungssystems, eines Verpackungssystems, des Internet, eines Prozesssteuerungssystems eines anderen Anbieters oder anderer externer Systeme.

[0142] Auch wenn **Fig.** 6 nur einen einzelnen Controller **411** mit einer endlichen Zahl von Feldvorrichtungen **415**–**422** und möglicherweise **440**–**446** zeigt, ist dieses Beispiele nur eine der Erläuterung dienende, aber nicht beschränkende Ausführungsform. Jede Zahl von Controllern **411** kann Massendaten unterstützen, und jeder von den Controllern **411** kann mit einer beliebigen Zahl von drahtgebundenen oder drahtlosen Feldvorrichtungen **415**–**422**, **440**–**446** kommunizieren, um einen Prozess in der Anlage **40** zu steuern. Ferner kann die Prozessanlage **40** auch eine beliebige Zahl von Drahtlos-Gateways **435**, Routern **458**, Zugriffspunkten **455**, Zugriffspunkten **472** und/oder Gateways **475**, **478** von drahtlosen Prozesssteuerungskommunikationsnetzwerken **470** beinhalten. Darüber hinaus kann das System von **Fig.** 6 eine beliebige Zahl von zentralisierten Massendaten-Appliances **408** beinhalten, die erfasste Daten und/oder generierte gelernte Daten oder Wissen von irgendwelchen oder allen von den

Vorrichtungen in der Prozessanlage **40** empfangen und speichern können. In manchen Ausführungsformen kann das Prozesssteuerungsmassendatennetzwerk **400** eine beliebige Zahl von regionalen Massendaten-Appliances und -knoten (in **Fig.** 6 nicht gezeigt) beinhalten.

[0143] Ferner ist die Kombination aus Aspekten, Vorrichtungen und Komponenten, die in der in **Fig.** 6 dargestellten Beispielsprozessanlage **40** enthalten ist, nur ein Beispiel. Die hierin offenbarten Daten-Pipeline-Techniken, -Systeme, -Verfahren und -Geräte können in Prozessanlagen mit null oder mehr als einem der in **Fig.** 6 dargestellten Aspekte verwendet werden. Zum Beispiel können die hierin offenbarten Daten-Pipeline-Techniken, -Systeme, -Verfahren und -Geräte in einer Prozessanlage ohne eine zentralisierte Massendaten-Appliance **408** oder in einer Prozessanlage mit einer oder mehreren regionalen Massendaten-Appliances und/oder -knoten verwendet werden. In einem anderen Beispiel können die hierin offenbarten Techniken, Systeme, Verfahren und Geräte in einer Prozessanlage mit nur Legacy-Vorrichtungen verwendet werden.

[0144] Es wird nun auf **Fig.** 1–**Fig.** 6 gleichzeitig Bezug genommen, wo gezeigt ist, dass eine beliebige Zahl beliebiger von den Knoten **102**, **106**, **108**, **110** des Prozesssteuerungsmassendatennetzwerks, der Massendaten-Appliances **112**, **116**, **118**, **121**, der Massendatenknoten **411**, **415**, **416**, **418**, **419**, **420**, **421**, **426**, **428**, **435**, **442a**, **442b**, **444**, **452a**, **455a**, **458**, **472**, **475**, **478**, und/oder der Legacy-Vorrichtungen **417**, **422**, **440**, **446**, **448**, **450**, **452b**, **455b** eine Instanz oder einen Teil einer Daten-Pipeline enthalten kann. Das heißt, eine Instanz eines analytischen Moduls, das als Daten-Pipeline implementiert ist, kann integral mit einem oder mehreren beliebigen Knoten oder einer oder mehreren beliebigen Vorrichtungen sein, die in einer Prozessanlage oder einem Prozesssteuerungssystem, das ein Signal generiert, dessen Wert im Zeitverlauf variiert, beispielsweise einer Prozesssteuerungsvorrichtung, einem Massendatenknoten, einem Analysator usw. enthalten oder damit assoziiert sein. Zumindest ein Teil des als Daten-Pipeline implementierten Signalverarbeitungsmoduls ist als Software oder computerausführbare Befehle implementiert die in einem Speicher von irgendeinem oder mehreren der in **Fig.** 1–**Fig.** 6 dargestellten Knoten oder Vorrichtungen gespeichert sind und die von einem Prozessor ausführbar ist, der koresident darauf liegt.

[0145] In manchen Fällen wird zumindest ein Teil des Signalverarbeitungsmoduls, das als Daten-Pipeline implementiert ist, als Chip, als integrierter Schaltkreis, als Halbleiterschaltkreis oder andere geeignete Hardware implementiert, die in einem Knoten oder in Vorrichtungen, die in **Fig.** 1 und **Fig.** 4–**Fig.** 6 dargestellt sind, enthalten sind. Zum Beispiel kann zumindest ein Teil eines Signalverarbeitungsmoduls in einem oder mehreren digitalen Signalverarbeitungs (DSP)-Chips wie z.B. Texas Instruments KeyStone Multicore-DSP- und ARM™-Prozessoren oder anderen geeigneten DSP-Chips implementiert werden. Der eine oder die mehreren integrierten DSP-Chips können eingebettet sein oder eine Einheit bilden mit einem beliebigen Knoten oder einer beliebigen Vorrichtung, der bzw. die enthalten ist in oder assoziiert ist mit einer Prozessanlage oder einem Prozesssteuerungssystem, die bzw. das ein Signal generiert, dessen Wert im Zeitverlauf variiert, beispielsweise eine Prozesssteuerungsvorrichtung, einen Massendatenknoten, einen Analysierer usw. Die Anzahl der Chips kann nach Wunsch erhöht werden, um Signalverarbeitungsfunktionen/-fähigkeiten zu beschleunigen, zu verstärken und/oder hinzuzufügen.

[0146] In manchen Fällen bilden die Signalverarbeitungsmodule, die als Daten-Pipeline implementiert sind, keine Einheit mit einem Knoten oder einer Vorrichtung (der Prozessanlage oder des Prozesssteuersystems) der bzw. die das Signal generiert, dessen Wert im Zeitverlauf variiert, aber trotzdem sind die Signalverarbeitungsmodule kommunikationstechnisch mit dem Knoten oder der Vorrichtung gekoppelt. Zum Beispiel kann das Signalverarbeitungsmodul, das in Form einer Daten-Pipeline implementiert ist, physisch am Knoten oder an der Vorrichtung befestigt sein, der bzw. die das Signal erzeugt, dessen Wert im Zeitverlauf variiert, so dass die Ausgabe der Signalquelle durch die verschiedenen Blöcke oder Komponenten des Signalverarbeitungsmoduls läuft, bevor sie über ein Prozesssteuerungsnetzwerk versendet wird, oder das Signalverarbeitungsmodul kann die Netzwerkverbindung überwachen, über welche die Ausgabe des Knotens oder der Vorrichtung gesendet wird.

[0147] Die Erzeugung oder Konfigurierung einer Daten-Pipeline kann durch eine Datenstudiokonfigurationsanwendung durchgeführt werden, die allgemein eine Konfigurationsumgebung bietet, die ein Anwender nutzen kann, um die Blöcke und die Verbindungen zwischen den Blöcken in der Daten-Pipeline ebenso wie den Ort innerhalb des Anlagennetzwerks, wo die einzelnen Blöcke heruntergeladen oder ausgeführt oder abgearbeitet werden sollen, auf einfache Weise zu definieren. Das Datenstudio kann allgemein aufweisen: eine Konfigurationsregion, die Templates von Datenverarbeitungsblöcken speichert, die verwendet werden können, um eine Daten-Pipeline zu erzeugen, und eine Konfigurationsregion, die einen Benutzer in die Lage versetzt, die Verarbeitungsblöcke in der Daten-Pipeline, die verwendet werden sollen, und die Verbindungen zwischen diesen Blöcken vorzugeben. Nachdem eine Daten-Pipeline in der Konfigurationsregion erzeugt worden ist, kann sie unter Verwendung historischer Daten innerhalb einer Massendatenmaschine getestet werden. Nach-

dem das Testen abgeschlossen wurde, kann die erzeugte Daten-Pipeline in die verschiedenen Vorrichtungen im Anlagennetzwerk heruntergeladen werden und kann automatisch an Daten ausgeführt werden, während die Daten innerhalb der Anlage erfasst werden, um kontinuierlich neues Lernen innerhalb der Anlage zu ermöglichen.

[0148] Allgemein gesprochen kann der Satz von Blöcken in der Daten-Pipeline verwendet werden, um Daten zu lesen, zu filtern, zu formen, Analysen durchzuführen, Ergebnisse zu visualisieren und andere Funktionen an Daten durchzuführen. Die Blöcke werden verwendet, um eine 'Daten-Pipeline' zu erstellen, die Datenquellen kombiniert und in eine Form bringt, die von den unter Bezugnahme auf **Fig.** 1–**Fig.** 6 beschriebenen Analyseblöcken verarbeitet und getestet werden kann.

[0149] In einem allgemeinen Sinn kann das Datenstudio auf zwei Ebenen betrachtet werden. Erstens stellt das Datenstudio Benutzern eine strukturierte Umgebung bereit, um Verarbeitungs- und Berechnungsentitäten zu erzeugen, die eine Datenverarbeitung durchführen, um im Endeffekt Voraussagen zu generieren, Fehlererfassungen durchzuführen und Voraussagen zu generieren. Das Datenstudio wird verwendet, um Daten zu formen, Modelle zu generieren, Modell zu testen, Modelle zu vergleichen und die Funktionen, die normalerweise von einem Wissenschaftler durchgeführt werden, durchzuführen. Nachdem Modelle entwickelt worden sind, kann derselbe Satz von Modellen in die Rechen-Engines innerhalb der Anlage, beispielsweise die eingebetteten Analyse-Engines oder Massendaten-Appliances von **Fig.** 1–**Fig.** 6, heruntergeladen werden. Diese Modelle werden hierin auch als Analysemodule bezeichnet.

[0150] **Fig.** 7 ist ein Blockschema eines Beispiels für ein Prozesssteuerungs- oder -überwachungssystem einer Prozessanlage (beispielsweise der von **Fig.** 1, **Fig.** 4 oder **Fig.** 6), die ein Massendatennetzwerk **500** beinhaltet, das seinerseits Daten innerhalb einer Prozessanlage erfasst. Das Prozesssteuerungssystem von **Fig.** 7 beinhaltet außerdem eine Benutzerschnittstellenstation **503**, die beispielsweise innerhalb der Prozessanlagenumgebung vorgesehen ist und die ein Datenstudio **509** ausführt, um einen Benutzer in die Lage zu versetzen, verschiedene Datenmodelle an den Daten auszuführen, die vom Massendatennetzwerk erfasst werden. Die Benutzerschnittstellenstation **503** führt außerdem eine Datenwissensanwendung **514** aus (die mit dem Block **94** von **Fig.** 3 assoziiert oder als Funktion desselben implementiert sein kann), die Modelle ausführt, die eine systematische oder umfassende Diagnose, Prognose, Analyse, Erkennung von Beziehungen usw. durchführen, um Daten aufzufinden und zu evaluieren, die aus einer Prozessanlage abgerufen worden sind. Auch wenn **Fig.** 7 zeigt, dass das Datenstudio **509** und die Datenwissensanwendung **514** nur von einer einzigen Benutzerschnittstellenstation **503** beherbergt werden, können das Datenstudio **509** und die Datenwissensanwendung **514** in manchen Ausführungsformen von unterschiedlichen Benutzerschnittstellenstationen **503**, von mehreren Benutzerschnittstellenstationen **503** beherbergt werden oder auf eine oder mehrere Vorrichtungen in der Prozessanlage **509** verteilt sein. Genauer stellt das Datenstudio **509**, das innerhalb der Anlage oder des Prozesssteuerungssystems implementiert ist, einem Benutzer oder einem Modellentwickler ein Werkzeug bereit, das ihn bei der systematischen und effizienten Definition oder Erzeugung von Daten-Pipelines unterstützt, die innerhalb der Anlagenumgebung mit historischen Daten, die früher aus der Anlage erfasst wurden, Echtzeitdaten, die aktuell in der Anlage erfasst werden, oder beidem ausgeführt werden. Das Datenstudio **509** und die Datenwissensanwendung **514** sind in der Lage, Vorteil aus der Tatsache zu ziehen, dass das Massendatennetzwerk **500** alle oder die meisten von den Daten, die innerhalb der Anlage oder des Prozesssteuerungssystems generiert oder erfasst werden, erfasst, speichert und einen effizienten Zugriff darauf bietet. Darüber hinaus verwendet das Datenmodellierungsstudio **509** diese Daten, um dem Modellentwickler eine effizientere Möglichkeit zum Entwerfen, Testen und Implementieren von Modellen innerhalb der Anlage oder des Prozesssteuerungssystems bereitzustellen. Die Datenwissensanwendung **514** stellt eine zusätzliche Umgebung bereit zum Implantieren von Modellen in die Anlage oder das Prozesssteuerungssystem, ebenso wie zum Betrachten und Erforschen von Beziehungen zwischen den Daten sowie der Ergebnisse des ausgeführten Modells. Wie in **Fig.** 7 dargestellt ist, kann das Datenstudio **509** ein Satz von Befehlen sein, die von einem oder mehreren Prozessoren einer oder mehrerer Vorrichtungen ausgeführt wird, beispielsweise an der Benutzerschnittstellenstation **503**. Natürlich kann das Datenstudio **509** an beliebigen von einer Reihe verschiedener Rechenvorrichtungen wie Tablets, Mobiltelefonen, Laptop-Computern, Desktop-Computern, Servern usw. ausgeführt werden und innerhalb einer einzigen Vorrichtung laufen oder auf eine beliebige Zahl solcher Vorrichtungen verteilt sein. Ebenso kann die Datenwissensanwendung **514** ein Satz von Befehlen sein, die von einem oder mehreren Prozessoren einer oder mehrerer Vorrichtungen ausgeführt werden und die an beliebigen von einer Reihe verschiedener Rechenvorrichtungen ausgeführt werden.

[0151] In einem allgemeinen Sinn beinhaltet das Beispiel für ein Massendatennetzwerk **500** eines Prozesssteuerungssystems ein Massendatengerät oder eine Massendaten-Appliance **502** des Prozesssteuerungssystems, ein Massendatennetzwerk-Backbone **505** des Prozesssteuerungssystems und mehrere Knoten **508**, die kommunikationstechnisch mit dem

Backbone **505** verbunden sind. Die Knoten **508** sind zusätzlich mit Prozessanlagenausrüstung wie Controllern, Feldvorrichtungen, Anlagenausrüstung, Überwachungsausrüstung usw. verbunden. Prozessbezogene Daten, anlagenbezogene Daten, kommunikationsbezogene Daten und andere Arten von Daten können an den mehreren Knoten **508** erfasst und gecachet werden, und diese Daten können über das Netzwerk-Backbone **505** für eine Langzeitspeicherung (z.B. „Historisierung“) und Verarbeitung an das Massendatengerät oder die Massendaten-Appliance **502** des Prozesssteuerungssystems geliefert werden. Zumindest manche von den Daten können zwischen Knoten **508** des Netzwerks **500** übermittelt werden, z.B. um einen Prozess in Echtzeit zu steuern.

[0152] Jede Art von Daten, die auf das Prozessanlagensystem bezogen sind, kann an der Massendaten-Appliance **502** des Prozesssteuerungssystems erfasst und gespeichert werden. Zum Beispiel können Echtzeit-Prozessdaten wie kontinuierliche, Batch-, Mess- und Ereignisdaten, die generiert werden, während ein Prozess im Prozess oder Anlagennetzwerk gesteuert wird (und die manchmal eine Wirkung einer Echtzeitausführung des Prozesses angeben), erfasst und gespeichert werden. Darüber hinaus können Prozessdefinitions-, -anordnungs- oder -einrichtungsdaten, beispielsweise Prozessanlagenkonfigurationsdaten und/oder Batch-Rezepturdaten, erfasst und gespeichert werden. Außerdem können Daten, die der Konfiguration, der Ausführung und den Ergebnissen einer Prozessdiagnostik entsprechen, erfasst und gespeichert werden. Natürlich können auch andere Arten von Prozessdaten, wie Alarme oder Warnungen, erfasst und gespeichert werden. Auf ähnliche Weise können Datenautobahnverkehrs- und Netzwerkverwaltungsdaten des Backbone **505** und verschiedener anderer Kommunikationsnetze der Prozessanlage **10** erfasst und gespeichert werden. Ebenso können anwenderbezogene Daten wie Daten, die Benutzerdatenverkehr, Login-Versuche, Abfragen und Befehle betreffen, erfasst und gespeichert werden. Darüber hinaus können Textdaten (z.B. Protokolle, Betriebsabläufe, Handbücher usw.), räumliche Daten (z.B. ortsbezogene Daten) und Multimediadaten (z.B. Videoüberwachung, Videoclips usw.) erfasst und gespeichert werden.

[0153] Das Backbone **505** des Massendatennetzwerks der Prozessanlage kann mehrere vernetzte Rechenvorrichtungen beinhalten, beispielsweise die Benutzerschnittstellenvorrichtung **503** (die das Datenstudio **509** und die Wissensentdeckungsanwendung **514** beherbergt) oder Weichen, die dafür ausgelegt sind, Pakete zu/von verschiedenen Knoten **508** des Massendatennetzwerks **500** des Prozesssteuerungssystems und zu/von der Prozesssteuerungsmassendatennetzwerk-Appliance **502** (die ihrerseits ein Knoten des Massendatennetzwerks **500** des Prozesssteuerungssystems ist) zu routen. Die mehreren vernetzten Rechenvorrichtungen des Backbone **505** können durch eine beliebige Zahl von drahtgebundenen oder drahtlosen Verbindungen miteinander verbunden sein. Darüber hinaus kann das Backbone **505** des Massendatennetzwerks des Anlagennetzwerks eine oder mehrere Firewall-Vorrichtungen beinhalten.

[0154] Zum Beispiel kann das Backbone **505** des Massendatennetzwerks ein oder mehrere geeignete Routing-Protokolle, z.B. Protokolle, die in der Internet Protocol(IP)-Suite enthalten sind (z.B. UPD (User Datagram Protocol), TCP (Transmission Control Protocol), Ethernet usw.), oder andere geeignete Routing-Protokolle unterstützen. Falls gewünscht, können zumindest einige von den Knoten **508** ein Streaming-Protokoll wie das Stream Control Transmission Protocol (SCTP) verwenden, um gecachete Daten von den Knoten **508** über das Netzwerk-Backbone **505** zur Prozesssteuerungsmassendaten-Appliance **502** zu streamen. In der Regel kann jeder Knoten **508**, der im Prozessdaten-Massendatennetzwerk **500** enthalten ist, zumindest eine Anwendungsschicht (und bei manchen Knoten zusätzliche Schichten) des einen oder der mehreren Routing-Protokolle, die vom Backbone **505** unterstützt werden, unterstützen. Jeder Knoten **508** kann innerhalb des Massendatennetzwerks **500** des Prozesssteuerungssystems eindeutig identifiziert werden, z.B. durch eine eindeutige Netzwerkadresse. Außerdem kann zumindest ein Abschnitt des Massendatennetzwerks **500** des Prozesssteuerungssystems ein Adhoc-Netzwerk sein. Somit können zumindest einige von den Knoten **508** auf Adhoc-Weise mit dem Netzwerk-Backbone **505** (oder einem anderen Knoten des Netzwerks **500**) verbunden werden.

[0155] Darüber hinaus können Daten, die Vorrichtungen innerhalb des Prozessanlagennetzwerks (z.B. physische Ausrüstung, die in der Prozessanlage enthalten ist, wie Maschinen und Vorrichtungen) betreffen, die möglicherweise aber nicht von Anwendungen generiert werden, die einen Prozess direkt konfigurieren, steuern oder diagnostizieren, ebenfalls in der Massendatenmaschine **502** erfasst und gespeichert werden. Zum Beispiel können Vibrationsdaten und Kondensatabscheiderdaten, Anlagensicherheitsdaten und Daten, die einen Wert eines Parameters angeben, welcher der Anlagensicherheit entspricht (z.B. Korrosionsdaten, Gaserfassungsdaten usw.) gespeichert werden. Ebenso können Daten, die ein Ereignis angeben, das der Anlagensicherheit entspricht, in der Massendatenmaschine **502** erfasst und gespeichert werden. Ebenso können Daten, die der Gesundheit von Maschinen, Anlagenausstattung und/oder Vorrichtungen entsprechen, Ausstattungsdaten (z.B. Pumpengesundheitsdaten, die auf Basis von Vibrationsdaten und anderen Daten bestimmt werden), Daten, die der Konfiguration, Aus-

führung und den Ergebnissen der Diagnose von Ausstattung, Engines und/oder Vorrichtungen entsprechen, erfasst und gespeichert werden.

[0156] In manchen Fällen können Daten, die von Entitäten außerhalb des Prozesses oder der Anlage generiert oder an diese gesendet werden, in der Massendatenmaschine **502** erfasst und gespeichert werden, beispielsweise Daten, die Kosten für Rohmaterialien, erwartete Ankunftszeiten von Teilen oder Ausstattung, Wetterdaten und andere externe Daten betreffen. Natürlich können alle Daten, die von einem der kommunikationstechnisch mit dem Netzwerk-Backbone **505** verbundenen Knoten **508** generiert, empfangen oder observiert werden, an der Massendaten-Appliance **502** des Prozesssteuerungssystems erfasst und zu speichern bewirkt werden. Natürlich könnten alle von diesen Arten von Daten von einem oder mehreren Datenerfassungsmodulen einer oder mehrerer Daten-Pipelines erfasst werden oder von irgendwelchen von den Verarbeitungsmodulen irgendeiner Daten-Pipeline verwendet werden.

[0157] Wie in **Fig.** 7 dargestellt ist, kann das Datenstudio **509** dafür ausgelegt sein, eine primäre Schnittstelle für eine Konfiguration und Datenexploration mit dem Massendatennetzwerk **500** des Prozesssteuerungssystems zu bilden, z.B. an einer Benutzerschnittstelle oder einer anderen Schnittstellenvorrichtung zur Verwendung durch einen Benutzer oder andere Anwendungen. Das Datenstudio **509** kann über das Backbone **505** des Massendatennetzwerks des Prozesssteuerungssystems mit der Massendaten-Appliance **502** verbunden sein oder kann direkt mit der Massendaten-Appliance **502** des Prozesssteuerungssystems verbunden sein oder kann auf beliebige andere Weise mit der Massendaten-Appliance **502** gekoppelt werden.

[0158] Im Netzwerk von **Fig.** 7 ist das Prozesssteuerungs-Massendatengerät oder die Appliance **502** innerhalb des Netzwerks **500** zentralisiert und ist dafür ausgelegt, Daten (z.B. über Streaming und/oder über irgendein anderes Protokoll) von den Knoten **508** des Netzwerks **500** zu empfangen und die empfangenen Daten zu speichern. Somit kann das Prozesssteuerungsmassendatengerät oder die Appliance **502** beinhalten: einen Datenspeicherbereich **520** zum Historisieren oder Speichern der Daten, die von den Knoten **508** empfangen werden, mehrere Appliance-Datenempfänger **522**, die Daten zur Speicherung in der Massendatenmaschine **502** erfassen können, und mehrere Appliance-Einrichtungen **535** zur Bedienung von Anforderungen, die Daten aus dem Massendatenspeicher **520** anfordern und abrufen. In jedem Fall ist es nützlich, wenn alle oder fast alle von den Daten, die im Prozesssteuerungsnetzwerk erfasst und im Datenspeicherbereich **520** gespeichert werden, einem Benutzer des Datenmodellierungsstudios **509** und der Wissensentdeckungsanwendung **514** zur Verfügung stehen.

[0159] Der Massendatenspeicherbereich **520** des Prozesssteuerungssystems kann viele physische Datenlaufwerke oder Speicherentitäten, wie RAID (Redundant Array of Independent Disks)-Speicher, Cloud-Speicher oder irgendeine andere geeignete Datenspeichertechnologie, die sich für eine Datenbank- oder Datenzentrumsspeicherung eignet, beinhalten. Jedoch erscheint der Datenspeicherbereich **520** den Knoten **508** des Netzwerks **500** wie ein einziger oder einheitlicher logischer Datenspeicherbereich oder eine einzige Entität. Somit kann der Datenspeicher **520** als zentralisierter Massendatenspeicherbereich **520** für das Prozesssteuerungsmassendatennetzwerk **500** oder für die Prozessanlage betrachtet werden. Falls gewünscht, kann ein einziger logischer, zentralisierter Datenspeicherbereich **520** mehrere Prozessanlagen (z.B. die Prozessanlage und eine andere Prozessanlage) bedienen. Zum Beispiel kann ein zentralisierter Datenspeicherbereich **520** mehrere Raffinerien eines Energieunternehmens bedienen. Außerdem kann der zentralisierte Datenspeicherbereich **520** beispielsweise über mindestens eine Kommunikationsverbindung mit großer Bandbreite direkt mit dem Backbone **505** verbunden sein. Darüber hinaus kann der zentralisierte Datenspeicherbereich **520** eine integrale Firewall beinhalten.

[0160] Die Struktur des einheitlichen, logischen Datenspeicherbereichs **520** kann die Speicherung von allen oder den meisten das Prozesssteuerungssystem betreffenden Daten unterstützen. Zum Beispiel kann jeder Eintrag, jeder Datenpunkt oder jede Observation der Datenspeicherentität einen Hinweis auf die Identität der Daten (z.B. Quelle, Vorrichtung, Schlagwort, Ort, usw.), einen Inhalt der Daten (z.B. Messung, Wert usw.) und einen Zeitstempel, der einen Zeit angibt, zu der die Daten erfasst, generiert, empfangen oder observiert wurden, beinhalten. Somit werden diese Einträge, Datenpunkte oder Observationen hierin als „Zeitreihendaten“ bezeichnet. Die Daten können unter Verwendung eines üblichen Formats, einschließlich eines Schemas, das skalierbare Speicherung, gestreamte Daten und Abfragen mit kurzen Latenzzeiten unterstützt, im Datenspeicherbereich **520** gespeichert werden.

[0161] In einem Fall kann das Schema die Speicherung mehrerer Observationen pro Zeile und die Verwendung eines Zeilenschlüssels mit einem Custom-Hash zum Filtern der Daten in der Zeile beinhalten. Das Hash kann auf dem Zeitstempel und einem Schlagwort basieren. Zum Beispiel kann das Hash ein gerundeter Wert des Zeitstempels sein, und das Schlagwort kann einem Ereignis oder eine Entität des Prozesssteuerungssystems entsprechen oder damit in Zusammenhang stehen. Metadaten, die den einzelnen Zeilen oder einer Gruppe von Zeilen entspre-

chen, können ebenfalls im Datenspeicherbereich **520** gespeichert werden, entweder gemeinsam mit den Zeitreihendaten oder getrennt von den Zeitreihendaten. Zum Beispiel können die Metadaten auf unschematische Weise getrennt von den Zeitreihendaten gespeichert werden.

[0162] Falls gewünscht, kann das Schema, das zum Speichern von Daten im Appliance-Datenspeicher **520** verwendet wird, auch für das Speichern von Daten im Cache von mindestens einem von den Knoten **508** verwendet werden. Somit wird in diesem Fall das Schema beibehalten, wenn Daten von den lokalen Speicherbereichen der Knoten **508** über das Backbone **505** an den Datenspeicher **520** der Massendaten-Appliance des Prozesssteuerungssystems gesendet werden.

[0163] Zusätzlich zum Datenspeicher **520** kann die Massendaten-Appliance **502** des Prozesssteuerungssystems ferner einen oder mehrere Appliance-Datenempfänger **522** beinhalten, von denen jeder dafür ausgelegt ist, Datenpakete vom Backbone **505** zu empfangen, die Datenpakete zu verarbeiten, um die darin enthaltenen substantiellen Daten und den Zeitstempel zu gewinnen, und die substantiellen Daten und den Zeitstempel im Datenspeicherbereich **520** zu speichern. Die Appliance-Datenempfänger **522** können beispielsweise in mehreren Rechenvorrichtungen oder Weichen liegen. Mehrere Appliance-Datenempfänger **522** (und/oder mehrere Instanzen von mindestens einem Datenempfänger **522**) können parallel an mehreren Datenpaketen arbeiten.

[0164] In Fällen, wo die empfangenen Datenpakete das Schema enthalten, das vom Datenspeicherbereich **520** der Prozesssteuerungsmassendaten-Appliance genutzt wird, füllen die Appliance-Datenempfänger **522** lediglich zusätzliche Einträge oder Observationen des Datenspeicherbereichs **520** mit den schematischen Informationen (und können optional entsprechende Metadaten speichern, falls gewünscht). In Fällen, in denen die empfangenen Datenpakete das vom Datenspeicherbereich **520** der Prozesssteuerungsmassendaten-Appliance genutzte Schema nicht enthalten, können die Appliance-Datenempfänger **522** die Pakete dekodieren und dementsprechend Zeitreihendatenobservationen oder Datenpunkte des Datenspeicherbereichs **520** der Prozesssteuerungsmassendaten-Appliance (und optional entsprechende Metadaten) einfüllen.

[0165] Außerdem kann die Massendaten-Appliance **502** des Prozesssteuerungssystems eine oder mehrere Appliance-Einrichtungen **535** zur Bedienung von Anforderungen beinhalten, von denen jede dafür ausgelegt ist, auf Zeitreihendaten und/oder Metadaten zuzugreifen, die im Speicher **520** der Massendaten-Appliance des Prozesssteuerungssystems gespeichert sind, z.B. aufgrund der Anforderung einer anfordernden Entität oder Anwendung. Die Appliance-Einrichtungen **535** zur Bedienung von Anforderungen können beispielsweise in mehreren Rechenvorrichtungen oder Weichen liegen. Zumindest manche von den Appliance-Einrichtungen **535** zur Bedienung von Anforderungen und den Appliance-Datenempfängern **522** können an derselben Vorrichtung bzw. denselben Vorrichtungen (z.B. in einer integralen Vorrichtung) liegen oder können in einer integralen Anwendung enthalten sein.

[0166] In manchen Fällen können mehrere Appliance-Einrichtungen **535** zur Bedienung von Anforderungen (und/oder mehrere Instanzen mindestens einer Appliance-Einrichtung **535** zur Bedienung von Anforderungen) parallel an mehreren Anforderungen von mehreren anfordernden Entitäten oder Anwendungen arbeiten. Natürlich kann eine einzelne Appliance-Einrichtung **535** zur Bedienung von Anforderungen mehrere Anforderungen bedienen, beispielsweise mehrere Anforderungen von einer einzelnen Entität oder Anwendung oder mehrere Anforderungen von unterschiedlichen Instanzen einer Anwendung. In jedem Fall können das Datenmodellierungsstudio **509** und die Wissensentdeckungsanwendung **514** von **Fig.** 7 auf die im Datenspeicherbereich **520** gespeicherten Daten über eine oder mehrere Einrichtungen **535** zur Bedienung von Anforderungen zugreifen.

[0167] **Fig.** 8 ist ein Blockschema eines Beispiels für eine Ausführungsform des Datenstudios **509**, das über das Prozesssteuerungsmassendaten-Backbone **505** von **Fig.** 7 mit der Massendaten-Appliance **502** und dem Prozessanlagennetzwerk gekoppelt ist. Wie weiter in **Fig.** 8 gezeigt ist, kann eine oder können mehrere zusätzliche Benutzerschnittstellenvorrichtungen **513** über das Prozesssteuerungsmassendaten-Backbone **505** auf das Datenstudio **509** zugreifen. Außerdem ist die Wissensentdeckungsanwendung **514** mit dem Prozesssteuerungsmassendaten-Backbone **505** gekoppelt. Allgemein gesprochen stellt das Datenstudio **509** eine strukturierte Umgebung bereit, um Daten-Pipelines grafisch zu erschaffen und zu programmieren, die dafür ausgelegt sind, Operationen an Daten durchzuführen, die von der Massendatenmaschine oder anderen Datenquellen generiert werden. In diesem Kontext handelt es sich bei einer Daten-Pipeline um eine Reihe untereinander verbundenen mathematischen oder analytischen Routinen, die an Daten durchgeführt werden, um eine Ausgabe zu produzieren, die irgendwelches Wissen in Bezug auf den Betrieb einer Prozessanlage (beispielsweise der Prozessanlage) liefert. Die Daten-Pipeline ist aus einer oder mehreren Dateneingaben, einer oder mehreren Funktionen, die an den Dateneingaben durchgeführt werden, und einer oder mehreren Ausgaben, die ein Ergebnis der Funktionen sind, aufgebaut.

[0168] Wie in **Fig.** 8 dargestellt ist, beinhaltet das Datenstudio **509** eine Konfigurations-Engine **523** zur Erzeugung einer strukturierten Umgebung, um eine grafische Erstellung einer Daten-Pipeline zu erleichtern, und eine Laufzeit-Engine **524**, um erstellte Pipelines herunterzuladen und auszuführen. Genauer beinhaltet die Konfigurations-Engine **523** eine Schnittstellenroutine **525** zur Erzeugung von Elementen einer grafischen Benutzerschnittstelle für die strukturierte Umgebung, mehrere Templates **529**, die als Bausteine der Daten-Pipelines dienen, und einen Kompilierer **527**, der das Modell in ein Datenformat umwandelt, das von der Laufzeit-Engine **524** ausführbar ist. Die Laufzeit-Engine **524** beinhaltet eine Datenabrufroutine **526** zum Abrufen von Daten, die für die Ausführung der Daten-Pipelines verwendet werden, und eine Ausführungsroutine **528** zum Ausführen der ausführbaren Daten-Pipeline.

[0169] Die Schnittstellenroutine **525** beinhaltet einen im Speicher gespeicherten Satz von Befehlen, der, wenn er von einem Prozessor ausgeführt wird, einen Satz von Benutzerschnittstellenelementen einer grafischen Drag-and-Drop-Benutzerschnittstelle generiert, um die Erstellung der Daten-Pipeline zu erleichtern, einschließlich einer Bibliotheksregion **525a**, welche die Templates **529** anzeigt, und einer Canvas-Region **525b**, die als Hauptpräsentationsfenster für die Erstellung von Modellen dient. Die Templates **529** dienen als die Bausteine der Daten-Pipelines und können ausgewählt und in die Canvas-Region gezogen werden, um eine Daten-Pipeline zu erstellen. Die in der Konfigurations-Engine **523** des Datenstudios **509** enthaltenen Templates **529** beinhalten Datenquellen- oder Lese-Templates **529a** (die Quellen von Daten angeben, die in der Pipeline verwendet werden), Datenschreib-Templates **529b**, die angeben, wohin Daten geschrieben werden sollen oder Daten ausgegeben werden sollen oder Daten auf andere Weise von der Pipeline hingesendet werden sollen, Filter-Templates **529c**, die Filterroutinen angeben, die an Datenströmen in einer Daten-Pipeline ausgeführt werden sollen, Zusammenführungs-Templates **529d**, die Datenzusammenführungsoperationen angeben, die an einem oder mehreren Datenströmen durchgeführt werden sollen, Zustands-Templates **529e**, die Zustandserfassungs- und damit in Beziehung stehende Verarbeitungsaktivitäten angeben, Datenanalyse-Templates **529f**, die Analysen angeben, die an Daten durchgeführt werden sollen, und Visualisierungs-Templates **529g**, die verschiedene Grafikdarstellungs- oder andere Visualisierungsfunktionen angeben, die an Daten durchgeführt werden sollen, um die Daten beispielsweise einem Benutzer anzuzeigen. Natürlich sind die in **Fig.** 8 dargestellten Templates nur Beispiele, und es können auch andere Arten von Templates erstellt und gespeichert werden.

[0170] In manchen Fällen zeigen die Datenquellen- oder Lese-Templates **529a** Datenquellen an, die verschiedene Datentypen (strukturierte und/oder unstrukturierte), Kontexte und/oder Grenzbedingungen für Daten, die innerhalb der Prozessanlage übermittelt, generiert, empfangen und/oder observiert werden, angeben. Die Datenquellen- oder Lese-Templates **529a** können Datenbankdaten, gestreamte Daten, Transaktionsdaten und/oder irgendeine andere Art von Daten betreffen, die über das Massendatennetzwerk des Prozesssteuerungssystems übermittelt und im Massendatenspeicher **520** des Prozesssteuerungssystems gespeichert oder historisiert werden. Die Datenquellen- oder Lese-Templates **529a** können auch in der Massendaten-Appliance **502** gespeicherte Datenquellen beinhalten, die alle (oder fast alle) Prozessdaten und Anlagendaten, die als Teil der Massendatenarchitektur der Prozessanlage erfasst werden, erfassen und speichern. Die Datenquellen **529a** können umfassende Daten mit hoher Wiedergabetreue, die in der Massendaten-Appliance **502** gespeichert sind, definieren, die irgendwelche oder alle von den verschiedenen Parametern der Prozessanlage, die eine Massendatenarchitektur implementieren, definieren.

[0171] Beispiele für Datenquellen-Templates **529a** beinhalten Druckmesswerte, Ventilmesswerte, Temperaturmesswerte, Vibrationsmesswerte. Der Anwender kann Parameter für die historischen oder realen Zeitdaten so einstellen, dass nur ein Teilsatz der Daten ausgewählt wird. Zum Beispiel können die Datenquellen-Templates **529a** eine Datenquelle angeben, die Temperaturdaten in Grad Celsius erfasst, die typischerweise im Bereich von einer Temperatur A bis zu einer Temperatur B erwartet werden. Die Datenquellen-Templates **529a** können auch Datenquellen außerhalb der Prozessanlage darstellen, beispielsweise einen externen Anlagenstandort oder eine externe Datenbank, beispielsweise eine Wetter- oder Umgebungsdatenbank. Auf ähnliche Weise können Datenschreib-Templates **529b** irgendeine Datenbank, Maschine oder andere Daten-Pipeline oder ein Analysemodul angeben, an dem Daten geschrieben oder Daten aus der Pipeline verfügbar gemacht werden sollen.

[0172] Die anderen Templates **529c**–**529g** können irgendwelche Basis- oder Einheitsfunktionen definieren, die an den Daten durchgeführt werden sollen. Zum Beispiel können die Analyse-Templates **529f** mathematische Funktionen wie eine neuronale Netzwerkroutine, eine Korrelationsroutine, eine Schwellenwertroutine, oder statistische Prozesse, wie eine Durchschnittsbildungsroutine, eine Höchstwertroutine, eine Mindestwertroutine, eine Filterroutine usw. beinhalten. Die Templates **529e** können Klassifikationstechniken beinhalten wie Random-Forest-Algorithmen oder Partial-Least-Square-Regressionen. Darüber hinaus können die Templates **529c**–f Da-

tenverarbeitungstechniken zur Vorbereitung von Daten für die Analyse beinhalten, beispielsweise eine Filterroutine, die Daten, die über einem bestimmten Schwellenwert liegen, entfernt, oder eine Beschneidungsroutine, um Ausreißerdaten zu entfernen. Der Benutzer kann auch in der Lage sein, einen oder mehrere Parameter der Templates **529** zu verändern. Zum Beispiel kann der Benutzer eine Filterroutine auswählen und die Kennwerte eines Tiefpunktfilters (einen bestimmten Gradienten) eines Beschneidungsfilters (einen Schwellenwert) usw. definieren.

[0173] Die Visualisierungs-Templates **529g** definieren, wie das Ergebnis der Funktionalität, die an von der Daten-Pipeline an den Daten durchgeführt wird, zu interpretieren und/oder zu präsentieren ist. Wenn beispielsweise die Ausgabe einer Pipeline einem Benutzer grafisch präsentiert werden soll, kann ein Template **529g** einen Graphen, ein Diagramm oder eine Anzeigeschaltfläche darstellen. Das Ausgabe-Template **529g** kann ferner eine oder mehrere Datenaufbereitungstechniken definieren, um die Daten für die grafische Präsentation, die vom Ausgabe-Template vorgegeben wird, vorzubereiten. Zum Beispiel kann ein Balkengraph erfordern, dass ein numerischer Wert auf zwei signifikante Ziffern gerundet werden, und das Ausgabe-Template kann auch eine Rundungsroutine zur Vorbereitung der Daten beinhalten. Ausgabe- oder Visualisierungs-Templates **529g** können auch einen bestimmten Ort angegeben, wo die Ausgabe der Daten-Pipeline hingesendet werden soll. Zum Beispiel kann ein Template **529g** angeben, dass ein Satz von Werten, die von der Daten-Pipeline produziert werden, an einen oder mehrere Controller in einer Prozessanlage (beispielsweise der Prozessanlage) gesendet werden soll. Beispielswerte beinhalten einen Sollpunktwert, eine Steuerroutine usw. Jedoch kann eine Ausgabe ein beliebiger Wert sein, beispielsweise ein Binding, das eine Beziehung darstellt, ein spezifischer Wert, ein binärer Wert, der angibt, ob eine Datenausgabe einen Schwellenwert einhält oder nicht, ein Prozentsatz, der einer Potenz entspricht, usw.

[0174] Jedoch ist der Benutzer nicht auf die Verwendung vordefinierter Templates beschränkt, die im Datenstudio **509** enthalten sind. Der Benutzer kann vorhandene Templates bearbeiten, neue Templates hinzufügen und/oder das bearbeitete/neue Template zur künftigen Verwendung im Datenstudio **509** speichern. Wenn beispielsweise eine bereits vorhandene Durchschnittsbildungsroutine zwei Datenquelleneingaben akzeptiert, kann ein Benutzer das Durchschnittsbildungs-Template bearbeiten, um drei Eingaben zu akzeptieren. Der Benutzer kann auch von Grund auf neue Templates erzeugen, um dem Datenstudio **509** zusätzliche Funktionen hinzufügen. Der Benutzer kann auch Daten-Pipelines oder Teile von Daten-Pipelines, die im Datenstudio **509** erzeugt werden, als Templates für die künftige Verwendung speichern.

[0175] Der Kompilierer **527** kann eine im Speicher gespeicherte Kompiliererroutine **527a** beinhalten, die an einem Prozessor ausgeführt wird, um die grafische Daten-Pipeline, die unter Verwendung der Benutzerschnittstelle erzeugt wird, in eine kompilierte Daten-Pipeline in einem ausführbaren Datenformat, das von der Laufzeit-Engine **524** unterstützt wird, zu transformieren.

[0176] Die Laufzeit-Engine **524**, welche die kompilierte Daten-Pipeline ausführt, um eine gewünschte Ausgabe zu produzieren (wie von der Daten-Pipeline definiert), beinhaltet eine Datenabfrageroutine **526** zum Abfragen von Daten aus dem Speicher **520** und/oder aus den Anlagenvorrichtungen und eine Ausführungsroutine **528** zum Ausführen und/oder Abarbeiten der ausführbaren Modelle. Genauer kann ein Prozessor die Abfrageroutine **526** ausführen, um Daten aus Datenquellen und Funktionen, die den in der Daten-Pipeline verwendeten grafischen Templates **529** entsprechen, vom Speicher abzufragen. In manchen Ausführungsformen kann die Abfrageroutine **526** Daten aus einer Massendaten-Appliance **520** über das Backbone **505** des Massendatennetzwerks und/oder aus der Anlage selbst abzurufen. Die Ausführungsroutine **528** kann einen Satz von Befehlen beinhalten, die im Speicher gespeichert sind und die eine kompilierte Daten-Pipeline an einem Prozessor ausführen, um eine oder mehrere Ausgaben zu produzieren.

[0177] Die Ausführungsroutine **528** kann eine Daten-Pipeline in einer Offline-Umgebung ausführen, die vom Betrieb der Anlage isoliert ist und wo die Daten-Pipeline an historischen Daten ausgeführt werden kann, die im Speicher gespeichert sind, oder sie kann eine Daten-Pipeline in einer Online-Umgebung ausführen, wo die Abfrageroutine **526** Echtzeit- oder Fast-Echtzeit-Datenströme aus einer oder mehreren Vorrichtungen in der Anlage oder Massendaten-Appliance abfragen kann und eine Ausgabe produzieren kann, die einem Benutzer bereitgestellt werden kann und/oder die verwendet werden kann, um den Betrieb der Anlage zu beeinflussen.

[0178] Als spezifischeres Beispiel kann ein Datenquellen-Template **529a** (das die Daten, die in eine Daten-Pipeline eingegeben werden sollen, definiert) mit einem ersten Filter-Template **529c** verbunden sein, das Filterfunktionen definiert (z.B. Tiefpass-, Hochpass-, Glättungsfilter usw.). Das Filterfunktions-Template **529c** kann mit einem zweiten, eine Beschneidungsroutine definierenden Filter-Template **529c** verbunden werden, das mit einem eine neuronale Netzwerktechnik definierenden Analyse-Template **529f** verbunden werden kann, das dann mit einem Filter-Template **529c** verbunden werden kann, das eine andere Filterungstechnik definiert und das

mit einem eine Durchschnittsbildungstechnik definierenden Template **529f** verbunden werden kann, das mit einem Visualisierungs-Template **529g** verbunden werden kann, das eine Art und Weise der Darstellung der Ausgabe definiert.

[0179] **Fig.** 9 stellt ein Beispiel für eine grafische Benutzerschnittstelle **600** des Datenstudios **509**, um die grafische Erstellung einer Daten-Pipeline zu erleichtern, dar. Wie oben erörtert, generiert die Schnittstellenroutine **525** der Konfigurations-Engine **523** eine grafische Drag-and-Drop-Benutzerschnittstelle **500**, die eine Bibliotheksregion **525a**, welche die Templates **529** anzeigt, und eine Canvas-Region **525b**, die als Hauptpräsentationsfenster für die Erstellung von Daten-Pipelines dient, beinhaltet. Wie in **Fig.** 9 dargestellt ist, zeigt die Bibliotheksregion **525a** mehrere Templates **529** an, die als die grafischen Bausteine der Daten-Pipeline dienen. Die Templates **529** können die verschiedenen Daten-Templates **529** beinhalten, einschließlich von Lese-Templates **529a**, Schreib-Templates **529b**, Filter-Templates **529c**, Zusammenführungs-Templates **529d**, Zustands-Templates **529e**, Analyse-Templates **529f** und Visualisierungs-Templates **529g**.

[0180] Ein Benutzer kann die Daten-Pipeline konstruieren, indem er unterschiedliche Templates aus der Bibliotheksregion **525a** auswählt und diese in die Canvas-Region **525b** zieht. Der Benutzer kann die Templates **529** in der Canvas-Region **526b** anordnen und die gegenseitigen Kommunikationsverbindungen verwenden, um einen Fluss zwischen den Templates zu definieren, um den Datenfluss innerhalb der Daten-Pipeline zu definieren. Obwohl **Fig.** 9 eine grafische Drag-and-Drop-Benutzerschnittstelle darstellt, können andere Ausführungsformen des Datenstudios **509** andere grafische oder nicht-grafische Schnittstellen beinhalten.

[0181] Die Konfigurations-Engine **523** ermöglicht einem Benutzer ferner die Modifizierung der Templates **529** der Daten-Pipeline, die in der Canvas-Region dargestellt sind, durch Definieren spezifischer Parameter, die in den Templates **529** zu verwenden sind, und der Verbindungen zwischen den Templates, um gegenseitig verbundene Blöcke zu erzeugen, die Kommunikationsverbindungen, Ausführungsraten usw. zu definieren. Die Daten-Pipeline kann beispielsweise einen Eingangsblock, der eine bestimmte Datenquelle von Daten, die für die Daten-Pipeline abgerufen werden sollen, angibt, einen oder mehrere Funktionsblöcke, die Datenverarbeitungsprozeduren definieren, die an den Daten innerhalb der Pipeline durchgeführt werden sollen, und einen oder mehrere Ausgangsblöcke, die eine Operation definieren, die mit der Ausgabe des einen oder der mehreren Datenausgänge assoziiert ist.

[0182] In dem Beispiel von **Fig.** 9 wird eine Daten-Pipeline erzeugt, die aufweist: vier Leseblöcke **602** (die unterschiedliche Datenquellen definieren, aus denen Daten für die Pipeline geholt werden sollen), einen Filterblock **604**, der angeschlossen ist, um jeden einzelnen von den abgefragten Datenströmen zu filtern, und einen Zeitversatzblock **606**, der mit jedem der Filterblöcke **604** verbunden ist und der so operieren kann, dass die Daten aus den verschiedenen Quellen jeweils versetzt oder an einer gemeinsamen oder ausgerichteten Zeit zeitlich ausgerichtet werden. Ebenso werden die Daten, die von den einzelnen Blöcken **606** produziert werden, an einem Block **608** bereitgestellt, der die Zeitreihendaten zusammenführt und zusammengeführte oder eine Matrix von Daten an einem Visualisierungsblock **610** in Form eines Liniendiagramms bereitstellt. Der Visualisierungsblock **610** kann ein Liniendiagramm produzieren, das die zusammengeführten Zeitreihendaten in einem wünschenswerten Format zeigt.

[0183] Natürlich kann der Benutzer beim Erstellen der Daten-Pipeline von **Fig.** 9 jeden Block mit unterschiedlichen Parametern (z.B. Filterkoeffizienten, Abtastraten, Zeitversätzen, Visualisierungsparametern usw.) konfigurieren. Darüber hinaus kann der Benutzer den Ort oder die Position der einzelnen Blöcke in der Daten-Pipeline und die Ausführungsraten und Kommunikationsraten der Blöcke innerhalb der Daten-Pipeline angeben, wenn die Daten-Pipeline in der Anlage als Daten-Pipeline heruntergeladen und ausgeführt wird. Der Anwender kann beispielsweise die Vorrichtung, den Knoten, die Massendatenmaschine usw. angeben, an der bzw. an dem die einzelnen Blöcke heruntergeladen und während des Anlagenbetriebs oder der Laufzeit ausgeführt werden sollen.

[0184] Darüber hinaus kann der Benutzer die erstellte Daten-Pipeline an historischen Daten testen, die in einer Datenbank gespeichert sind, und wenn er mit der Operation der Daten-Pipeline zufrieden ist, kann er die Daten-Pipeline in die Anlage herunterladen, so dass die verschiedenen Blöcke der Daten-Pipeline in die angegebenen Knoten, Maschinen oder Vorrichtungen heruntergeladen und in diesen ausgeführt werden. Darüber hinaus kann die Konfigurations-Engine **523** oder ihr Kompilierer **527** zu dieser Zeit die Blöcke der Daten-Pipeline so konfigurieren, dass diese miteinander über die Kommunikationsnetze kommunizieren, die zwischen den verschiedenen Vorrichtungen, in denen die Blöcke gespeichert sind und ausgeführt werden, installiert sind. In manchen Fällen können unterschiedliche Blöcke derselben Daten-Pipeline unter Verwendung unterschiedlicher Kommunikationsnetze und sogar unterschiedlicher Kommunikationsprotokolle miteinander kommunizieren.

[0185] Nachdem sie heruntergeladen wurden, werden die Daten-Pipelines in der Anlage während der

Laufzeit der Anlage auf einer kontinuierlichen oder andauernden Basis ausgeführt oder laufen gelassen, um eine Datenverarbeitung an den Daten durchzuführen wie von der Daten-Pipeline definiert. Diese Daten werden dann für die Betrachtung und Verwendung durch irgendeinen Benutzer, irgendeine Maschine oder irgendein Analysemodul innerhalb der Anlage verfügbar gemacht. Darüber hinaus können Analysemodule eine oder mehrere Daten-Pipelines verwenden oder als Bestandteile enthalten, und eine einzige Daten-Pipeline kann in mehreren anderen Analysemodulen verwendet werden.

[0186] Man beachte, dass die hierin beschriebenen Überwachungs- und Analyse-Engines, Algorithmen und Daten-Pipelines außerhalb der verteilten Steuersysteme (distributed control systems, DCSs), Anlagenausstattungsverwaltungssysteme und vorhandenen Maschinengesundheitssysteme einer typischen Prozesssteuerungsanlage oder eines typischen Netzwerks laufen können. Jedes von diesen Systemen wird als kritisch für seine jeweiligen Organisationen (Betriebsabläufe, Instandhaltung und Zuverlässigkeits-Engineering) betrachtet, und daher wird durch Ausführen der Analysemodule und Daten-Pipelines, an denen diese Module an unterschiedlichen Maschinen operieren, eine Belastung der einzelnen Systeme, der betreibenden Unternehmen, die versuchen, sie zu unterstützen, und der verschiedenen Organisationen und Entitäten, die versuchen, sie zu unterstützen, verhindert.

[0187] Darüber hinaus besteht ein Unterschied zwischen DCS-Systemen und dem hierin beschrieben Überwachungs- und Analysesystem darin, dass das Überwachungs- und Analysesystem Daten nicht in Echtzeit verbraucht. Die Anwendungen sind dafür ausgelegt, (unter Verwendung von Daten-Pipelines) Daten zu empfangen, eine Analyse durchzuführen und Voraussagen zu treffen, Fehlererfassungen durchzuführen, Empfehlungen zu generieren, die für Menschen und andere Systeme innerhalb der Zeitkonstanten des Systems verfügbar sind. Zum Beispiel können in Batch-Operationen die aktualisierten Voraussagen in der Größenordnung von Minuten liegen. Das gleiche gilt für die meisten kontinuierlichen Operationen. Diese Betriebsweise unterscheidet sich stark von Steueroperationen, wo Steuerungsaktionen sich direkt auf den Betrieb des Prozesses auswirken. Ein Streaming von Daten muss nur verfügbar sein, wenn Anwendungen die Daten tatsächlich brauchen, und daher können die hierin beschriebenen Daten-Pipelines und die Analysemodule, die oberhalb der Daten-Pipelines operieren) mit unterschiedlichen Raten operieren.

[0188] Darüber hinaus sei klargestellt, dass die hierin beschriebene Daten-Pipeline-Struktur verwendet werden kann, um Leitindikatoren zu identifizieren und dann diese Leitindikatoren zu verwenden, um Parameter zu identifizieren, die sich am stärksten auf die Leitindikatoren auswirken. Um den besten Wert aus der Analyse zu erhalten, können Informationen über die Beziehung der einzelnen Parameter mit jedem anderen Parameter (z.B. upstream, downstream) ebenfalls als Teil der Daten verwendet werden, die an einer Daten-Pipeline bereitgestellt oder verbraucht werden. Mehrere Steuerungs- und Vorrichtungshierarchien sind in einer typischen Anlage verfügbar, die diese Informationen bereitstellt. Zum Beispiel können die Ausstattungshierarchie, die von Systemen wie DeltaV und AMS zur Verfügung gestellt wird, und die PI&Ds der Anlage verwendet werden, um die physische Beziehung der Ausstattung zu definieren (z.B., dass ein Rohöltank einem Entsalzer vorgeschaltet ist, der wiederum einem Kühlturm vorgeschaltet ist).

[0189] Analysemodule können beliebige dieser Daten zusammen mit der von den Daten-Pipelines durchgeführten Verarbeitung verwenden, um laufende oder bedarfsweise Analysen durchzuführen. Die hierin beschriebenen Analysemodule können somit die Pipelines, die mit dem Datenstudio definiert werden, mit ausführbarem Kontext versehen. Die Analysemodule können ein Schlagwort, eine Beschreibung, eine Ausführungsrate aufweisen und können Daten-Pipelineblöcke und Parameter unterstützen. Die Analysemodule können in einen beliebigen Computer oder eine beliebige Ausführungs-Engine in dem System heruntergeladen werden und können Verweise auf Daten, die über den Überwachungs- und Analysebus versendet werden können, automatisch auflösen. Analysemodule können auch zwischen Rechenelementen verschoben werden, und das Konfigurationssystem kann Datenverbindungen automatisch wieder einbinden, wenn dies passiert, um sicherzustellen, dass die Daten-Pipelines intakt bleiben.

[0190] Darüber hinaus können Analysemodule, nachdem sie entstört worden sind, als Templates gespeichert werden, die für ähnliche Anwendungen wiederverwendet werden können. Auf diese Weise können Bibliotheken aus Analyse-Templates erzeugt und viele Male wiederverwendet werden. Falls nötig, können diese Module auch lizenziert und weiterverkauft werden.

[0191] Darüber hinaus können die Analysemodule und/oder die Daten-Pipelines, in darin verwendet werden oder mit denen die Analysemodule unterstützt werden, beispielsweise unter Verwendung des Datenstudios **509** entstört werden. Wenn die analytischen Vorhersagen oder die Datenverarbeitung ausgeschaltet sind, kann der Benutzer das Datenstudio **509** verwenden, um das Modul (oder die Daten-Pipeline) online zu betreiben oder auszuführen und um Datenwerte an jedem Block in der Daten-Pipeline oder im Modul zu betrachten. Der Anwender kann

dann das Datenstudio **509** verwenden, um Datenwerte zu sehen und Blöcke, Algorithmen innerhalb der Blöcke usw., die zu dem Fehler geführt haben, zu korrigieren.

[0192] Beliebige oder alle von den hierin offenbarten Systemen, Verfahren und Techniken können in einer beliebigen Prozessanlage oder einem beliebigen Prozesssteuerungssystem verwendet werden, das dafür ausgelegt ist, einen Prozess in Echtzeit zu steuern oder zu überwachen. Darüber hinaus bezeichnet „Ausstattungsteil", „Teil der Ausstattung" oder „Ausstattung" allgemein ein physisches Element oder eine physische Komponente, die während der Steuerung des Prozesses oder eines Teiles davon direkt verwendet werden kann, die aber trotzdem mit anderen Ausstattungsteilen und/oder Prozesselementen in Bezug auf die Steuerung oder den Fluss des Prozesses in eine Reihenfolge gebracht werden kann.

[0193] Wenn sie in Software implementiert ist, kann jede von den hierin beschriebenen Anwendungen, Blöcken, Diensten und Engines in einem beliebigen materiellen, nichtflüchtigen computerlesbaren Speicher, beispielsweise auf einer Magnetplatte, einer Laserplatte, in einer Festwertspeichervorrichtung, einer molekularen Arbeitsspeichervorrichtung oder einem anderen Speichermedium, im RAM oder ROM eines Computers oder Prozessors usw. gespeichert werden. Auch wenn offenbart ist, dass die hierin offenbarten Beispielssysteme unter anderen Komponenten Software und/oder Firmware beinhalten, die auf Hardware ausgeführt wird, sei klargestellt, dass solche Systeme nur der Erläuterung dienen und sollten nicht als beschränkend betrachtet werden. Zum Beispiel ist angenommen, dass beliebige oder alle von diesen Hardware-, Software- und Firmware-Komponenten ausschließlich in Hardware, ausschließlich in Software oder in irgendeiner Kombination aus Hardware und Software ausgeführt werden könnten. Obwohl beschrieben ist, dass die hierin beschriebenen Beispielssysteme in Software implementiert werden, die auf einem Prozessor oder einer oder mehreren Rechenvorrichtungen ausgeführt wird, wird der Fachmann ohne Weiteres erkennen, dass die bereitgestellten Beispiele nicht der einzige Weg sind, um solche Systeme zu implementieren.

[0194] Obwohl die vorliegende Erfindung unter Bezugnahme auf bestimmte Beispiele beschrieben wurde, die nur zur Erläuterung, aber nicht zur Beschränkung der Erfindung dienen sollen, wird es für einen Fachmann somit naheliegen, dass Änderungen, Hinzufügungen oder Weglassungen an den offenbarten Ausführungsformen vorgenommen werden können, ohne vom Gedanken und Bereich der Erfindung abzuweichen.

Patentansprüche

1. Anlagenkommunikationssystem zur Verwendung innerhalb einer Prozessanlagenumgebung, die einen Prozess implementiert, umfassend:
ein Prozesssteuerungsnetzwerk, das eine Vielzahl von Prozesssteuerungsvorrichtungen beinhaltet, die innerhalb der Prozessanlage angeordnet sind, um den Prozess zu steuern, und ein Prozesssteuerungskommunikationsnetz, das kommunikationstechnisch mit den mehreren Prozesssteuerungsvorrichtungen verbunden ist, wobei eine oder mehrere von den mehreren Prozesssteuerungsvorrichtungen Prozesssteuerdaten erfasst oder erzeugt;
ein weiteres Anlagenkommunikationsnetz einschließlich mehrerer Verarbeitungsvorrichtungen, die durch eine weitere Anlagenkommunikationsnetzanbindung kommunikationstechnisch miteinander verbunden sind, wobei mindestens eine von den mehreren Verarbeitungsvorrichtungen in dem weiteren Anlagenkommunikationsnetz kommunikationstechnisch mit dem Prozesssteuerungskommunikationsnetz verbunden ist; und
eine verteilte Daten-Pipeline einschließlich einer Reihe von Datenverarbeitungsmodulen, die in einer bestimmten kommunikationstechnischen Reihenfolge kommunikationstechnisch miteinander verbunden sind, um eine Verarbeitung an Prozesssteuerdaten in der jeweiligen kommunikationstechnischen Reihenfolge durchzuführen, so dass die Daten-Pipeline ein oder mehrere mit einem Satz von nachgeschalteten Datenverarbeitungsmodulen gekoppelte, vorgeschaltete Datenverarbeitungsmodule beinhaltet, wobei jedes von dem Satz von nachgeschalteten Datenverarbeitungsmodulen innerhalb der Daten-Pipeline Daten verarbeitet, die von einem oder mehreren der vorgeschalteten Datenverarbeitungsmodule innerhalb der Daten-Pipeline her empfangen werden, und wobei mindestens eines von dem einen oder den mehreren vorgeschalteten Datenverarbeitungsmodulen der Daten-Pipeline in einer von den mehreren Prozesssteuerungsvorrichtungen angeordnet ist, die mit dem Prozesssteuerungskommunikationsnetz verbunden sind, und mindestens eines von den nachgeschalteten Datenverarbeitungsmodulen der Daten-Pipeline in einer von den mehreren Verarbeitungsvorrichtungen in dem weiteren Anlagenkommunikationsnetz angeordnet ist.

2. Anlagenkommunikationssystem nach Anspruch 1, ferner eine Datenbank aufweisend, die kommunikationstechnisch mit einem von den nachgeschalteten Datenverarbeitungsmodulen der Daten-Pipeline verbunden ist, um die Daten zu speichern, die von dem einen von den nachgeschalteten Datenverarbeitungsmodulen der Daten-Pipeline erzeugt werden, und die gespeicherten Daten über das weitere Anlagenkommunikationsnetz anderen Anwendungen zur Verfügung zu stellen.

3. Anlagenkommunikationssystem nach Anspruch 1, wobei eines von den vorgeschalteten Datenverarbeitungsmodulen im Prozesssteuerungsnetzwerk angeordnet ist und rohe Prozesssteuerdaten zur Verarbeitung durch die Daten-Pipeline erfasst, und ferner eine Datenbank aufweisend, die kommunikationstechnisch mit dem Prozesssteuerungskommunikationsnetz verbunden ist, um die erfassten rohen Prozesssteuerdaten unabhängig zu speichern.

4. Anlagenkommunikationssystem nach Anspruch 3, wobei die Datenbank in einer von den Verarbeitungsvorrichtungen angeordnet ist, die mit dem weiteren Anlagenkommunikationsnetz gekoppelt sind.

5. Anlagenkommunikationssystem nach Anspruch 1, wobei das weitere Anlagenkommunikationsnetz ein Massendatenkommunikationsnetz ist.

6. Anlagenkommunikationssystem nach Anspruch 1, wobei das weitere Anlagenkommunikationsnetz mehrere unterschiedliche, miteinander gekoppelte Kommunikationsnetze umfasst.

7. Anlagenkommunikationssystem nach Anspruch 6, wobei die mehreren unterschiedlichen Kommunikationsnetze ein erstes anlagenbasiertes Kommunikationsnetz und ein zweites Cloud-basiertes Kommunikationsnetz beinhalten.

8. Anlagenkommunikationssystem nach Anspruch 6, wobei die Daten-Pipeline mindestens ein anderes Datenverarbeitungsmodul beinhaltet, das in einer Verarbeitungsvorrichtung innerhalb jeder einzelnen von den mehreren unterschiedlichen Kommunikationsnetzen gespeichert ist.

9. Anlagenkommunikationssystem nach Anspruch 6, wobei mindestens eines von den mehreren unterschiedlichen Kommunikationsnetzen ein Drahtloskommunikationsnetz ist.

10. Anlagenkommunikationssystem nach Anspruch 1, wobei das Prozesssteuerungskommunikationsnetz mehrere unterschiedliche, kommunikationstechnisch miteinander gekoppelte Steuerungskommunikationsnetze umfasst.

11. Anlagenkommunikationssystem nach Anspruch 1, wobei eines von den Datenverarbeitungsmodulen ein Datenerfassungsmodul ist, das Daten aus einer Datenquelle innerhalb des Prozesssteuerungsnetzwerks empfängt.

12. Anlagenkommunikationssystem nach Anspruch 11, wobei eines von den Datenverarbeitungsmodulen ein Datenbereinigungsmodul ist, das Daten, die aus der Datenquelle innerhalb des Prozesssteuerungsnetzwerks erhalten werden, bereinigt.

13. Anlagenkommunikationssystem nach Anspruch 11, wobei eines von den Datenverarbeitungsmodulen ein Datenausrichtungsmodul ist, das Daten aus mehreren Datenquellen innerhalb des Prozesssteuerungsnetzwerks zeitlich ausrichtet.

14. Anlagenkommunikationssystem nach Anspruch 11, wobei eines von den Datenverarbeitungsmodulen ein Datensensitivitätsanalysemodul ist, das die Sensitivität von Daten für ein bestimmtes Ereignis innerhalb der Anlage bestimmt.

15. Anlagenkommunikationssystem nach Anspruch 11, wobei eines von den Datenverarbeitungsmodulen ein Kausalitätsanalysemodul ist, das eine kausale Beziehung zwischen Daten aus einer Datenquelle und einem Ereignis innerhalb der Anlage bestimmt.

16. Anlagenkommunikationssystem nach Anspruch 11, wobei eines von den Datenverarbeitungsmodulen ein Lernmodul ist, das ein überwachtes Lernen an den Daten durchführt.

17. Anlagenkommunikationssystem nach Anspruch 11, wobei eines von den Datenverarbeitungsmodulen ein Lernmodul ist, das ein unüberwachtes Lernen an den Daten durchführt.

18. Anlagenkommunikationssystem nach Anspruch 11, wobei eines von den Datenverarbeitungsmodulen ein Datenpräsentationsmodul ist, das Daten, die innerhalb der Daten-Pipeline generiert werden, einem Benutzer präsentiert.

19. Anlagenkommunikationssystem nach Anspruch 1, wobei die Daten-Pipeline folgendes beinhaltet: ein oder mehrere Datenerfassungsmodule, die Prozessdaten vom Prozesssteuerungsnetzwerk erfassen, ein oder mehrere Datenzwischenverarbeitungsmodule, welche die von dem einen oder den mehreren Datenerfassungsmodulen oder einem anderen Datenzwischenverarbeitungsmodul erfassten Daten verarbeiten, und ein oder mehrere Datenabschlussverarbeitungsmodule, die Ausgangsdaten, die von dem einen oder den mehreren Datenzwischenverarbeitungsmodulen oder dem einen oder den mehreren Datenabschlussverarbeitungsmodulen erzeugt werden, auf solche Weise speichern, dass sie für eine oder mehrere andere Anwendungen zugänglich sind.

20. Anlagenkommunikationssystem nach Anspruch 19, wobei eines oder mehrere der Datenverarbeitungsmodule der Daten-Pipeline fallweise mit der Daten-Pipeline verbunden wird bzw. werden.

21. Anlagenkommunikationssystem nach Anspruch 20, wobei das eine oder eines von den mehreren fallweise verbundenen Datenverarbeitungsmo-

dulen ein Datenanzeigemodul ist, das einem Benutzer Daten anzeigt, die innerhalb der Daten-Pipeline produziert werden.

22. Anlagenkommunikationssystem nach Anspruch 20, wobei das eine oder eines von den mehreren fallweise verbundenen Datenverarbeitungsmodulen in einem Handgerät angeordnet ist, dass fallweise mit dem weiteren Anlagenkommunikationsnetz verbunden wird.

23. Anlagenkommunikationssystem nach Anspruch 19, wobei die Ausgangsdaten für zwei oder mehr andere Anwendungen gleichzeitig zugänglich sind.

24. Anlagenkommunikationssystem nach Anspruch 1, wobei eine von der Mehrzahl von Prozesssteuerungsvorrichtungen ein Prozess-Controller ist, der eine oder mehrere Steuerroutinen mit einer Controller-Ausführungsrate ausführt, und die Prozesssteuerdaten, die von dem einen oder den mehreren vorgeschalteten Datenverarbeitungsmodulen der Daten-Pipeline erfasst werden, die in einer von der Mehrzahl von Prozesssteuerungsvorrichtungen angeordnet ist, Prozesssteuerdaten mit einer Rate erfasst, die höher ist als die Controller-Ausführungsrate.

25. Anlagenkommunikationssystem nach Anspruch 24, wobei zwei oder mehr von den Datenverarbeitungsmodulen innerhalb der Daten-Pipeline erfasste Daten mit einer Rate verarbeiten, die höher ist als die Controller-Ausführungsrate.

26. Anlagensteuerungs- und -kommunikationssystem zum Steuern eines Prozesses innerhalb einer Anlage, umfassend:
mehrere Prozesssteuerungsvorrichtungen, die innerhalb der Anlage angeordnet sind, um den Prozess zu steuern, einschließlich eines Prozess-Controllers, der ausgeführt wird, um den Prozess mit einer Ausführungsrate zu steuern;
mehrere Datenverarbeitungsvorrichtungen, die innerhalb der Anlage angeordnet sind;
ein oder mehrere Kommunikationsnetze, welche die mehreren Prozesssteuerungsvorrichtungen und die mehreren Datenverarbeitungsvorrichtungen kommunikationstechnisch koppeln;
ein oder mehrere Datenquellen, die innerhalb der Anlage angeordnet und auf die Mehrzahl von Prozesssteuerungsvorrichtungen verteilt sind, und die mit einer Datenerfassungsrate, die höher ist als die Ausführungsrate des Controllers, Rohdaten aus den Prozesssteuerungsvorrichtungen innerhalb der Anlage erfassen;
eine Datenbank, die kommunikationstechnisch mit dem einen oder den mehreren Kommunikationsnetzen verbunden ist, um die erfassten Rohdaten aus der einen oder den mehreren Datenquellen mit der Datenerfassungsrate zu speichern; und
eine Daten-Pipeline, die in der einen oder den mehreren von den mehreren Verarbeitungsvorrichtungen innerhalb der Anlage angeordnet ist, wobei die Daten-Pipeline eine Reihe von Datenverarbeitungsmodulen beinhaltet, die kommunikationstechnisch in einer bestimmten Reihenfolge miteinander verbunden sind, wobei mindestens eines von den Datenverarbeitungsmodulen der Daten-Pipeline eine Datenverarbeitungsoperation an Rohdaten aus der einen oder aus einer von den mehreren Datenquellen durchführt, und mindestens ein anderes von den Datenverarbeitungsmodulen eine Datenverarbeitung an Daten durchführt, die von einem der Datenverarbeitungsmodule innerhalb der Daten-Pipeline her empfangen werden, und wobei mindestens zwei von den Datenverarbeitungsmodulen mit einer Rate arbeiten, die höher ist als die Ausführungsrate des Prozess-Controllers.

27. Anlagensteuerungs- und -kommunikationssystem nach Anspruch 26, wobei die mindestens zwei von den Datenverarbeitungsmodulen mit einer Rate arbeiten, die höher ist als die Ausführungsrate des Prozess-Controllers, indem Daten zwischen den beiden Datenverarbeitungsmodulen mit einer Rate übermittelt werden, die höher ist als die Ausführungsrate des Prozess-Controllers.

28. Anlagensteuerungs- und -kommunikationssystem nach Anspruch 26, wobei die mindestens zwei von den Datenverarbeitungsmodulen mit einer Rate arbeiten, die höher ist als die Ausführungsrate des Prozess-Controllers, indem sie eine Verarbeitung an Daten mit einer Rate durchführen, die höher ist als die Ausführungsrate des Prozess-Controllers.

29. Anlagensteuerungs- und -kommunikationssystem nach Anspruch 26, ferner eine Datenbank aufweisend, die kommunikationstechnisch mit einem von den nachgeschalteten Datenverarbeitungsmodulen der Daten-Pipeline verbunden ist, um die Daten zu speichern, die von dem einen von den nachgeschalteten Datenverarbeitungsmodulen der Daten-Pipeline erzeugt werden, und die gespeicherten Daten anderen Anwendungen zur Verfügung zu stellen.

30. Anlagensteuerungs- und -kommunikationssystem nach Anspruch 26, wobei die Datenbank eine Massendatenmaschinendatenbank ist.

31. Anlagensteuerungs- und -kommunikationssystem nach Anspruch 26, wobei die Reihe von Datenverarbeitungsmodulen, die kommunikationstechnisch in einer bestimmten Reihenfolge innerhalb der Daten-Pipeline miteinander verbunden sind, ein Datenabschlussverarbeitungsmodul, das in der bestimmten kommunikationstechnischen Reihenfolge einem vorgeschalteten Datenverarbeitungsmodul in-

nerhalb der Daten-Pipeline nachgeschaltet ist, beinhaltet, und wobei die Datenbank die Daten, die vom Datenabschlussverarbeitungsmodul produziert werden, speichert.

32. Anlagensteuerungs- und -kommunikationssystem nach Anspruch 26, wobei die Anlage zwei oder mehr Kommunikationsnetze beinhaltet, welche die mehreren Prozesssteuerungsvorrichtungen und die mehreren Datenverarbeitungsvorrichtungen kommunikationstechnisch verkoppeln, und wobei die Daten-Pipeline Datenverarbeitungsmodule in Vorrichtungen aufweist, die über jedes der zwei oder mehr Kommunikationsnetze verteilt sind.

33. Anlagensteuerungs- und -kommunikationssystem nach Anspruch 32, wobei die zwei oder mehr Kommunikationsnetze zwei oder mehr unterschiedliche Prozesssteuerungskommunikationsnetze beinhalten.

34. Anlagensteuerungs- und -kommunikationssystem nach Anspruch 33, wobei die zwei oder mehr Kommunikationsnetze mindestens ein Prozesssteuerungskommunikationsnetz und ein anderes Anlagenkommunikationsnetz beinhalten.

35. Anlagensteuerungs- und -kommunikationssystem nach Anspruch 34, wobei das andere Anlagenkommunikationsnetz ein Massendatenkommunikationsnetz ist.

36. Anlagensteuerungs- und -kommunikationssystem nach Anspruch 34, wobei das andere Anlagenkommunikationsnetz ein regionales Massendatenkommunikationsnetz beinhaltet, das mit einem Cloud-basierten Kommunikationsnetz gekoppelt ist.

37. Anlagenkommunikationssystem nach Anspruch 26, wobei das eine oder mindestens eines von den mehreren Kommunikationsnetzen ein Drahtloskommunikationsnetz ist.

38. Anlagensteuerungs- und -kommunikationssystem nach Anspruch 26, wobei es sich bei dem einen oder den mehreren Kommunikationsnetzen um ein Prozesssteuerungsnetzwerk handelt, und wobei eines von den Datenverarbeitungsmodulen ein Datenauswahlmodul ist, das Daten von einer Datenquelle innerhalb eines Prozesssteuerungsnetzwerks abfragt.

39. Anlagensteuerungs- und -kommunikationssystem nach Anspruch 38, wobei eines von den Datenverarbeitungsmodulen ein Datenbereinigungsmodul ist, das Daten, die aus einer Datenquelle innerhalb des Prozesssteuerungsnetzwerks empfangen werden, bereinigt.

40. Anlagensteuerungs- und -kommunikationssystem nach Anspruch 38, wobei eines von den Datenverarbeitungsmodulen ein Datenausrichtungsmodul ist, das Daten aus mehreren Datenquellen innerhalb des Prozesssteuerungsnetzwerks zeitlich ausrichtet.

41. Anlagensteuerungs- und -kommunikationssystem nach Anspruch 38, wobei eines von den Datenverarbeitungsmodulen ein Datensensitivitätsanalysemodul ist, das die Sensitivität von Daten für ein bestimmtes Ereignis innerhalb der Anlage bestimmt.

42. Anlagensteuerungs- und -kommunikationssystem nach Anspruch 38, wobei eines von den Datenverarbeitungsmodulen ein Kausalitätsanalysemodul ist, das eine kausale Beziehung zwischen Daten aus einer Datenquelle und einem Ereignis innerhalb der Anlage bestimmt.

43. Anlagensteuerungs- und -kommunikationssystem nach Anspruch 38, wobei eines von den Datenverarbeitungsmodulen ein Lernmodul ist, das ein überwachtes oder unüberwachtes Lernen an Daten durchführt.

44. Anlagensteuerungs- und -kommunikationssystem nach Anspruch 38, wobei eines von den Datenverarbeitungsmodulen ein Datenpräsentationsmodul ist, das Daten, die innerhalb der Daten-Pipeline generiert werden, einem Benutzer präsentiert.

45. Anlagensteuerungs- und -kommunikationssystem nach Anspruch 26, wobei die Daten-Pipeline folgendes beinhaltet: ein oder mehrere Datenerfassungsmodule, die Prozessdaten erfassen, ein oder mehrere Datenzwischenverarbeitungsmodule, welche die von dem einen oder den mehreren Datenerfassungsmodulen oder einem anderen Datenzwischenverarbeitungsmodul erfassten Daten verarbeiten, und ein oder mehrere Datenabschlussverarbeitungsmodule, die Ausgangsdaten, die von dem einen oder den mehreren Datenzwischenverarbeitungsmodulen erzeugt werden, auf solche Weise speichern, dass sie für eine oder mehrere andere Anwendungen zugänglich sind.

46. Anlagensteuerungs- und -kommunikationssystem nach Anspruch 45, wobei eines oder mehrere der Datenverarbeitungsmodule der Daten-Pipeline dafür ausgelegt ist bzw. sind, fallweise mit der Daten-Pipeline verbunden zu werden.

47. Anlagensteuerungs- und -kommunikationssystem nach Anspruch 46, wobei das eine oder eines von den mehreren fallweise verbundenen Datenverarbeitungsmodulen in einem Handgerät angeordnet ist, dass fallweise mit dem weiteren Anlagenkommunikationsnetz verbunden wird.

48. Prozessanlagenkommunikationssystem zur Verwendung innerhalb einer Prozessanlagenumgebung, die einen Prozess implementiert, umfassend:
ein Prozesssteuerungsnetzwerk, das eine Vielzahl von Prozesssteuerungsvorrichtungen beinhaltet, die innerhalb der Anlage angeordnet sind, um den Prozess zu steuern, und ein Prozesssteuerungskommunikationsnetz, das kommunikationstechnisch zwischen die Vielzahl von Prozesssteuerungsvorrichtungen geschaltet ist, wobei eine oder mehrere von den mehreren Prozesssteuerungsvorrichtungen Prozesssteuerdaten erfasst oder erzeugt;
ein weiteres Anlagenkommunikationsnetz einschließlich mehrerer Verarbeitungsvorrichtungen, die durch eine weitere Anlagenkommunikationsnetzanbindung kommunikationstechnisch miteinander verbunden sind, wobei mindestens eine von den mehreren Verarbeitungsvorrichtungen in dem weiteren Anlagenkommunikationsnetz kommunikationstechnisch mit dem Prozesssteuerungskommunikationsnetz verbunden ist;
mehrere verteilte Daten-Pipelines, wobei jede Daten-Pipeline eine Reihe von unterschiedlichen Datenverarbeitungsmodulen beinhaltet, die kommunikationstechnisch miteinander verbunden sind, um eine Verarbeitung an Prozesssteuerdaten in einer bestimmten Reihenfolge durchzuführen, wobei jede Daten-Pipeline ein oder mehrere Datenerfassungsmodule, die Prozessdaten aus dem Prozesssteuerungsnetzwerk erfassen, ein oder mehrere Datenzwischenverarbeitungsmodule, welche die Daten, die von einem oder mehreren von den Datenerfassungsmodulen oder einem anderen Datenzwischenverarbeitungsmodul erfasst werden, verarbeiten, und ein oder mehrere Datenabschlussverarbeitungsmodule, die Daten-Pipeline-Ausgangsdaten unter Verwendung von Daten, die von dem einen oder den mehreren Datenverarbeitungsmodulen erzeugt werden, produzieren, und wobei mindestens zwei Datenverarbeitungsmodule von jeder Daten-Pipeline in unterschiedlichen Vorrichtungen innerhalb des Prozesssteuerungskommunikationsnetzes und des weiteren Anlagenkommunikationsnetzes angeordnet sind; und
einen Satz analytischer Anwendungen einer höheren Ebene, die kommunikationstechnisch innerhalb des weiteren Anlagenkommunikationsnetzes verbunden sind, wobei jede von dem Satz analytischer Anwendungen einer höheren Ebene Daten abonniert hat, die vom Datenabschlussverarbeitungsmodul einer oder mehrerer der verteilten Daten-Pipelines erzeugt werden.

49. Prozessanlagenkommunikationssystem nach Anspruch 48, wobei eine von dem Satz analytischer Anwendungen einer höheren Ebene fallweise mit einer oder mehreren der verteilten Daten-Pipeline verbunden wird.

50. Prozessanlagenkommunikationssystem nach Anspruch 48, wobei die Datenverarbeitungsmodule von einer der verteilten Daten-Pipelines während eines Online-Betriebs des Prozesses Daten verarbeitet und Daten innerhalb der einen von den verteilten Daten-Pipelines übermittelt.

51. Prozessanlagenkommunikationssystem nach Anspruch 48, wobei eine von den analytischen Anwendungen einer höheren Ebene Daten aus zwei oder mehr von den verteilten Daten-Pipelines abonniert.

52. Prozessanlagenkommunikationssystem nach Anspruch 48, wobei eine von den analytischen Anwendungen einer höheren Ebene in einem Handgerät angeordnet ist, das über eine Drahtloskommunikationsverbindung mit dem weiteren Anlagennetzwerk verbunden ist.

53. Prozessanlagenkommunikationssystem nach Anspruch 48, ferner eine Datenbank aufweisend, die kommunikationstechnisch mit einer von den verteilten Daten-Pipelines gekoppelt ist.

54. Prozessanlagenkommunikationssystem nach Anspruch 53, wobei die Datenbank eine Massendatenmaschinendatenbank ist.

55. Prozessanlagenkommunikationssystem nach Anspruch 48, wobei das Prozesssteuerungsnetzwerk zwei oder mehr Kommunikationsnetze beinhaltet, welche die mehreren Prozesssteuerungsvorrichtungen kommunikationstechnisch verkoppeln, und wobei eine von den verteilten Daten-Pipelines Datenverarbeitungsmodule in Vorrichtungen aufweist, die über jedes der zwei oder mehr Kommunikationsnetze verteilt sind.

56. Prozessanlagenkommunikationssystem nach Anspruch 48, wobei das weitere Anlagenkommunikationsnetz zwei oder mehr Kommunikationsnetze beinhaltet, welche die mehreren Datenverarbeitungsvorrichtungen kommunikationstechnisch verkoppeln, und wobei eine von den verteilten Daten-Pipelines Datenverarbeitungsmodule in Vorrichtungen aufweist, die über jedes der zwei oder mehr Kommunikationsnetze verteilt sind.

57. Prozessanlagenkommunikationssystem nach Anspruch 48, wobei das weitere Anlagenkommunikationsnetz ein Massendatenkommunikationsnetz beinhaltet.

58. Prozessanlagenkommunikationssystem nach Anspruch 48, wobei das weitere Anlagenkommunikationsnetz ein regionales Massendatenkommunikationsnetz beinhaltet, das mit einem Cloud-basierten Kommunikationsnetz gekoppelt ist.

59. Prozessanlagenkommunikationssystem nach Anspruch 48, wobei eines von den Datenverarbei-

tungsmodulen von einer der verteilten Daten-Pipelines ein Datenbereinigungsmodul ist, das Daten, die aus einer Datenquelle innerhalb des Prozesssteuerungsnetzwerks erhalten werden, bereinigt.

60. Prozessanlagenkommunikationssystem nach Anspruch 59, wobei ein anderes von den Datenverarbeitungsmodulen in der einen von den verteilten Daten-Pipelines ein Datenbereinigungsmodul ist, das Daten aus mehreren Datenquellen innerhalb des Prozesssteuerungsnetzwerks zeitlich bereinigt.

61. Prozessanlagenkommunikationssystem nach Anspruch 59, wobei ein anderes von den Datenverarbeitungsmodulen in der einen von den verteilten Daten-Pipelines ein Datensensitivitätsanalysemodul ist, das die Sensitivität von Daten für ein bestimmtes Ereignis innerhalb der Anlage bestimmt.

62. Prozessanlagenkommunikationssystem nach Anspruch 59, wobei ein anderes von den Datenverarbeitungsmodulen in der einen von den verteilten Daten-Pipelines ein Kausalitätsanalysemodul ist, das eine kausale Beziehung zwischen Daten aus einer Datenquelle und einem Ereignis innerhalb der Anlage bestimmt.

63. Prozessanlagenkommunikationssystem nach Anspruch 59, wobei ein anderes von den Datenverarbeitungsmodulen in der einen von den verteilten Daten-Pipelines ein Lernmodul ist, das ein überwachtes oder unüberwachtes Datenlernen durchführt.

64. Prozessanlagenkommunikationssystem nach Anspruch 59, wobei ein anderes von den Datenverarbeitungsmodulen in der einen von den verteilten Daten-Pipelines ein Datenpräsentationsmodul ist, das einem Benutzer Daten präsentiert, die innerhalb der einen von den verteilten Daten-Pipelines generiert werden.

65. Verfahren zur Verarbeitung von Daten in einer Anlage, die ein Prozesssteuerungsnetzwerk, das eine Vielzahl von innerhalb der Anlage angeordneten Prozesssteuerungsvorrichtungen beinhaltet, um einen Prozess zu steuern, und ein kommunikationstechnisch zwischen die Vielzahl von Prozesssteuerungsvorrichtungen geschaltetes Prozesssteuerungskommunikationsnetz beinhaltet, wobei eine oder mehrere von den mehreren Prozesssteuerungsvorrichtungen Prozesssteuerdaten erfasst oder erzeugt, und die ein weiteres Anlagennetzwerk beinhaltet, das mehrere Verarbeitungsvorrichtungen beinhaltet, die kommunikationstechnisch durch eine weitere Anlagenkommunikationsnetzanbindung miteinander gekoppelt sind, wobei das Verfahren umfasst.
Speichern einer verteilten Daten-Pipeline innerhalb des Prozesssteuerungsnetzwerks und in dem weiteren Anlagennetzwerk, wobei das Speichern der verteilten Daten-Pipeline das Speichern einer Reihe von Datenverarbeitungsmodulen beinhaltet, die für eine kommunikationstechnische gegenseitige Verbindung in einer bestimmten Reihenfolge ausgelegt sind, um eine Verarbeitung an Prozesssteuerdaten in verschiedenen von den Prozesssteuerungsvorrichtungen und Verarbeitungsvorrichtungen durchzuführen;
Erfassen von Daten an einem oder mehreren der Datenverarbeitungsmodule der Daten-Pipeline während eines Online-Betriebs des Prozesssteuerungsnetzwerks;
Verarbeiten der erfassten Prozessdaten in den Datenverarbeitungsmodulen der verteilten Daten-Pipeline während eines Online-Betriebs des Prozesssteuerungsnetzwerks;
Speichern der verarbeiteten Daten, die von den Datenverarbeitungsmodulen der verteilten Daten-Pipeline entwickelt werden, in einer Computerspeichervorrichtung; und
Verwenden der Daten, die von den Datenverarbeitungsmodulen der verteilten Daten-Pipeline entwickelt werden, in einer weiteren Anwendung, die auf einer weiteren Verarbeitungsvorrichtung ausgeführt wird.

66. Verfahren nach Anspruch 65, wobei das Speichern der verarbeiteten Daten, die von den Datenverarbeitungsmodulen der verteilten Daten-Pipeline entwickelt werden, in einer Computerarbeitsspeichervorrichtung das Speichern der verarbeiteten Daten in einer Massendatenmaschine beinhaltet.

67. Verfahren zur Verarbeitung von Daten nach Anspruch 65, wobei das Speichern der verteilten Daten-Pipeline innerhalb des Prozesssteuerungsnetzwerks und im weiteren Anlagennetzwerk das Speichern mindestens eines der Datenverarbeitungsmodule innerhalb einer von den mehreren Prozesssteuerungsvorrichtungen beinhaltet und das Speichern eines anderen von den Datenverarbeitungsmodulen in einer von den Verarbeitungsvorrichtungen des weiteren Anlagennetzwerks beinhaltet.

68. Verfahren zur Verarbeitung von Daten nach Anspruch 65, wobei das Speichern der verteilten Daten-Pipeline innerhalb des Prozesssteuerungsnetzwerks und im weiteren Anlagennetzwerk das Speichern mindestens eines der Datenverarbeitungsmodule in einer Vorrichtung innerhalb eines ersten Sub-Anlagennetzwerks des weiteren Anlagennetzwerks und das Speichern eines anderen von den Datenverarbeitungsmodulen in einem zweiten Sub-Anlagennetzwerk des weiteren Anlagennetzwerks beinhaltet.

69. Verfahren zur Verarbeitung von Daten nach Anspruch 68, wobei das erste Sub-Anlagennetzwerk ein Massendatennetzwerk in der Anlage ist und das zweite Sub-Anlagennetzwerk ein Cloud-basiertes Netzwerk ist.

70. Verfahren zur Verarbeitung von Daten nach Anspruch 65, wobei das Erfassen von Daten an einem oder mehreren von den Datenverarbeitungsmodulen der Daten-Pipeline während eines Online-Betriebs des Prozesssteuerungsnetzwerks das Erfassen von Daten mit einer Rate beinhaltet, die höher ist als eine Rate, mit der ein Controller, der innerhalb des Prozesssteuerungsnetzwerks verwendet wird, um eine Online-Prozesssteuerung durchzuführen, diese aufnehmen kann.

71. Verfahren zur Verarbeitung von Daten nach Anspruch 65, wobei mindestens eines von dem Prozesssteuerungsnetzwerk oder dem weiteren Anlagennetzwerk ein Drahtloskommunikationsnetzwerk beinhaltet.

72. Verfahren zur Verarbeitung von Daten nach Anspruch 65, wobei eines von den Datenverarbeitungsmodulen ein Datenbereinigungsmodul ist, das ausgeführt wird, um Daten, die aus einer Datenquelle innerhalb des Prozesssteuerungsnetzwerks erhalten werden, zu bereinigen.

73. Verfahren zur Verarbeitung von Daten nach Anspruch 65, wobei eines von den Datenverarbeitungsmodulen ein Datenausrichtungsmodul ist, das ausgeführt wird, um Daten, die aus mehreren Datenquellen innerhalb des Prozesssteuerungsnetzwerks erhalten werden, zeitlich auszurichten.

74. Verfahren zur Verarbeitung von Daten nach Anspruch 65, wobei eines von den Datenverarbeitungsmodulen ein Datensensitivitätsanalysemodul ist, das ausgeführt wird, um die Sensitivität von Daten für ein bestimmtes Ereignis innerhalb der Anlage zu bestimmen.

75. Verfahren zur Verarbeitung von Daten nach Anspruch 65, wobei eines von den Datenverarbeitungsmodulen ein Kausalitätsanalysemodul ist, das ausgeführt wird, um eine kausale Beziehung zwischen Daten aus einer Datenquelle und einem Ereignis innerhalb der Anlage zu bestimmen.

76. Verfahren zur Verarbeitung von Daten nach Anspruch 65, wobei eines von den Datenverarbeitungsmodulen ein Lernmodul ist, das ausgeführt wird, um ein überwachtes oder unüberwachtes Lernen an Daten durchzuführen.

77. Verfahren zur Verarbeitung von Daten nach Anspruch 65, wobei eines von den Datenverarbeitungsmodulen ein Datenpräsentationsmodul ist, das ausgeführt wird, um Daten, die innerhalb der Daten-Pipeline generiert werden, einem Benutzer zu präsentieren.

78. Verfahren zur Verarbeitung von Daten nach Anspruch 65, wobei die Daten-Pipeline folgendes beinhaltet: ein oder mehrere Datenerfassungsmodule, die Prozessdaten vom Prozesssteuerungsnetzwerk erfassen, ein oder mehrere Datenzwischenverarbeitungsmodule, welche die von dem einen oder den mehreren Datenerfassungsmodulen oder einem anderen Datenzwischenverarbeitungsmodul erfassten Daten verarbeiten, und ein oder mehrere Datenabschlussverarbeitungsmodule, die Ausgangsdaten, die von dem einen oder den mehreren Datenzwischenverarbeitungsmodulen oder den Datenabschlussverarbeitungsmodulen erzeugt werden, auf solche Weise speichern, dass sie für eine oder mehrere andere Anwendungen zugänglich sind.

79. Verfahren zur Verarbeitung von Daten nach Anspruch 78, wobei eines von den Datenverarbeitungsmodulen der Daten-Pipeline fallweise mit der Daten-Pipeline verbunden wird.

80. Verfahren zur Verarbeitung von Daten nach Anspruch 79, wobei das fallweise verbundene Datenverarbeitungsmodul in einem Handgerät angeordnet ist, dass fallweise mit dem weiteren Anlagenkommunikationsnetz verbunden wird.

81. Verfahren zum Konfigurieren einer Datenverarbeitungs-Pipeline innerhalb einer Prozessanlage, die ein Prozesssteuerungsnetzwerk mit einer Vielzahl von Prozesssteuerungsvorrichtungen, die der Steuerung des Prozesses dienen, aufweist und die ein Prozesskommunikationsnetzwerk aufweist mit einer Vielzahl von Verarbeitungsvorrichtungen, die kommunikationstechnisch miteinander verbunden sind, umfassend:
Speichern eines Satzes von Datenverarbeitungsmodulen innerhalb verschiedener von den mehreren Prozesssteuerungsvorrichtungen und den Verarbeitungsvorrichtungen;
kommunikationstechnisches Verbinden der Datenverarbeitungsmodule auf feste Weise, um einen Satz aus drei oder mehr Datenverarbeitungsmodulen zu erzeugen, die kommunikationstechnisch in Reihe verbunden sind; und
Konfigurieren des Satzes aus drei oder mehr in Reihe verbundenen Datenverarbeitungsmodulen, um spezielle Arten von Datenverarbeitung an Daten durchzuführen, die in der Anlage erfasst werden, einschließlich von:
Konfigurieren von einem oder mehreren aus der Reihe von Datenverarbeitungsmodulen innerhalb der Prozesssteuerungsvorrichtungen innerhalb des Prozesssteuerungsnetzwerks als Datenerfassungsmodul(e), um rohe Prozessdaten zu erfassen;
Konfigurieren von einem oder mehreren aus der Reihe von Datenverarbeitungsmodulen als Zwischenverarbeitungsmodul(e), um mit einem oder mehreren Datenerfassungsmodulen zu kommunizieren und die rohen Prozessdaten, die von den Datenerfassungsmodulen erfasst werden, zu verarbeiten, um teilverarbeitete Prozessdaten zu erzeugen; und

Konfigurieren von einem oder mehreren aus der Reihe von Datenverarbeitungsmodulen als Abschlussverarbeitungsmodul(e), um mit einem oder mehreren von den Datenzwischenverarbeitungsmodulen zu kommunizieren, um die teilverarbeiteten Daten zu verarbeiten und fertig verarbeitete Prozessdaten zu erzeugen, einschließlich des Konfigurierens eines oder mehrerer der Datenabschlussverarbeitungsmodule, um die fertig verarbeiteten Prozessdaten an einer oder mehreren Abonnentenanwendungen bereitzustellen, die kommunikationstechnisch mit dem Prozesskommunikationsnetzwerk verbunden ist bzw. sind.

82. Verfahren zum Konfigurieren einer Datenverarbeitungs-Pipeline innerhalb einer Prozessanlage nach Anspruch 81, wobei das Konfigurieren des einen oder der mehreren aus der Reihe von Datenverarbeitungsmodulen, die innerhalb der Prozesssteuerungsvorrichtungen innerhalb des Prozesssteuerungsnetzwerks gespeichert sind, als Datenerfassungsmodule das Konfigurieren des einen oder der mehreren aus der Reihe der Datenerfassungsmodule beinhaltet, um die rohen Prozessdaten mit einer Rate zu erfassen, die höher ist als eine Ausführungsrate eines Prozess-Controllers, der eine Prozesssteuerung innerhalb des Prozesssteuerungsnetzwerkes durchführt.

83. Verfahren zum Konfigurieren einer Datenverarbeitungs-Pipeline innerhalb einer Prozessanlage nach Anspruch 82, wobei das Konfigurieren von einem oder mehreren aus der Reihe von Datenverarbeitungsmodulen als Datenzwischenverarbeitungsmodule das Konfigurieren des einen oder der mehreren Datenzwischenverarbeitungsmodule auf solche Weise beinhaltet, dass die rohen Prozessdaten mit einer Rate verarbeitet werden, die höher ist als eine Ausführungsrate des Prozess-Controllers.

84. Verfahren zum Konfigurieren einer Datenverarbeitungs-Pipeline innerhalb einer Prozessanlage nach Anspruch 82, wobei das Konfigurieren von einem oder mehreren aus der Reihe von Datenverarbeitungsmodulen als Datenabschlussverarbeitungsmodule das Konfigurieren des einen oder der mehreren Datenabschlussverarbeitungsmodule auf solche Weise beinhaltet, dass die teilverarbeiteten Prozessdaten mit einer Rate verarbeitet werden, die höher ist als eine Ausführungsrate des Prozess-Controllers.

85. Verfahren zum Konfigurieren einer Datenverarbeitungs-Pipeline innerhalb einer Prozessanlage nach Anspruch 81, wobei das Speichern eines Satzes von Datenverarbeitungsmodulen innerhalb verschiedener von den mehreren Prozesssteuerungsvorrichtungen und der Verarbeitungsvorrichtungen das Speichern einiger der Datenverarbeitungsmodule in den Vorrichtungen des Prozesssteuerungsnetzwerks und anderer von den Datenverarbeitungsmodulen in den Vorrichtungen des Prozesskommunikationsnetzwerks beinhaltet.

86. Verfahren zum Konfigurieren einer Datenverarbeitungs-Pipeline innerhalb einer Prozessanlage nach Anspruch 81, wobei das Speichern eines Satzes von Datenverarbeitungsmodulen innerhalb verschiedener von den mehreren Prozesssteuerungsvorrichtungen und der Verarbeitungsvorrichtungen das Speichern verschiedener Datenverarbeitungsmodule, die eine Verarbeitung von Prozessdaten durchführen sollen, in einer bestimmten Abfolge beinhaltet, wobei der gespeicherte Satz von Datenverarbeitungsmodulen beinhaltet: ein oder mehrere vorgeschaltete Datenerfassungsmodule zur Erfassung von Prozessdaten aus dem Prozesssteuerungsnetzwerk, ein oder mehrere Zwischenverarbeitungsmodule, die dem einen oder den mehreren Datenerfassungsmodulen oder dem einen oder den mehreren Zwischenverarbeitungsmodulen kommunikationstechnisch nachgeschaltet ist bzw. sind, zur Verarbeitung der Daten, die von einem oder mehreren von den Datenerfassungsmodulen oder einem anderen Zwischenverarbeitungsmodul erfasst werden, und ein oder mehrere Abschlussverarbeitungsmodule, die dem einen oder den mehreren Zwischenverarbeitungsmodulen kommunikationstechnisch nachgeschaltet sind, zur Erzeugung fertiger Daten unter Verwendung der teilverarbeiteten Daten von dem einen oder den mehreren Zwischenverarbeitungsmodulen.

87. Verfahren zum Konfigurieren einer Datenverarbeitungs-Pipeline innerhalb einer Prozessanlage nach Anspruch 86, wobei das Konfigurieren von einem oder mehreren aus der Reihe von Datenverarbeitungsmodulen, um die Prozessdaten zu verarbeiten, um teilverarbeitete Prozessdaten zu erzeugen, das Konfigurieren des einen oder der mehreren Zwischenverarbeitungsmodule beinhaltet, um Daten von den zwei oder mehr vorgeschalteten Datenverarbeitungsmodulen zu empfangen und um die Daten aus den zwei oder mehr vorgeschalteten Datenverarbeitungsmodulen zu kombinieren, um die teilverarbeiteten Prozessdaten zu erzeugen.

88. Verfahren zum Konfigurieren einer Datenverarbeitungs-Pipeline innerhalb einer Prozessanlage nach Anspruch 86, wobei das Konfigurieren von einem oder mehreren aus der Reihe von Datenverarbeitungsmodulen zur Erzeugung von teilverarbeiteten Prozessdaten das Konfigurieren des einen oder der mehreren Zwischenverarbeitungsmodule beinhaltet, um die teilverarbeiteten Prozessdaten an zwei oder mehr nachgeschalteten Datenverarbeitungsmodul bereitzustellen.

89. Verfahren zum Konfigurieren einer Datenverarbeitungs-Pipeline innerhalb einer Prozessanlage nach Anspruch 86, wobei das Konfigurieren von einem oder mehreren von den Abschlussverarbei-

tungsmodulen, um die teilverarbeiteten Prozessdaten zu verarbeiten, um fertig verarbeitete Prozessdaten zu erzeugen, das Konfigurieren des einen oder der mehreren Abschlussverarbeitungsmodule beinhaltet, um einen Strom fertig verarbeiteter Daten an mehreren verschiedenen Anwendungen bereitzustellen.

90. Verfahren zum Konfigurieren einer Datenverarbeitungs-Pipeline innerhalb einer Prozessanlage nach Anspruch 86, wobei das Konfigurieren von einem oder mehreren von den Abschlussverarbeitungsmodulen, um die teilverarbeiteten Prozessdaten zu verarbeiten, um fertig verarbeitete Prozessdaten zu erzeugen, das Konfigurieren des einen oder der mehreren Abschlussverarbeitungsmodule beinhaltet, um fertig verarbeitete Daten an einer fallweise verbundenen Anwendung bereitzustellen.

91. Verfahren zum Konfigurieren einer Datenverarbeitungs-Pipeline innerhalb einer Prozessanlage nach Anspruch 82, wobei das Konfigurieren des Satzes aus drei oder mehr Datenverarbeitungsmodulen, die in Reihe geschaltet sind, um spezifische Arten einer Datenverarbeitung an Daten durchzuführen, die in der Anlage erfasst werden, das Konfigurieren von zweien der Datenverarbeitungsmodule auf solche Weise, dass sie fallweise kommunikationstechnisch miteinander verbunden werden, beinhaltet.

92. Verfahren zum Konfigurieren einer Datenverarbeitungs-Pipeline innerhalb einer Prozessanlage nach Anspruch 81, wobei das Speichern des Satzes von Datenverarbeitungsmodulen innerhalb verschiedener von den mehreren Prozesssteuerungsvorrichtungen und der Verarbeitungsvorrichtungen das Speichern unterschiedlicher von den kommunikationstechnisch gekoppelten Datenverarbeitungsmodulen in unterschiedlichen Kommunikationsnetzen einschließlich des Prozesssteuerungsnetzwerks und des Prozesskommunikationsnetzwerks beinhaltet.

93. Verfahren zum Konfigurieren einer Datenverarbeitungs-Pipeline innerhalb einer Prozessanlage nach Anspruch 81, wobei das Speichern des Satzes von Datenverarbeitungsmodulen innerhalb verschiedener von den mehreren Prozesssteuerungsvorrichtungen und der Verarbeitungsvorrichtungen das Speichern von einem von den Datenverarbeitungsmodulen der Daten-Pipeline in einer Prozesssteuerungsfeldvorrichtung, das Speichern von einem der Datenverarbeitungsmodule in einem Prozess-Controller und das Speichern von einem der Datenverarbeitungsmodule in einer regionalen Massendatenanalysemaschine beinhaltet.

94. Verfahren zum Konfigurieren einer Datenverarbeitungs-Pipeline innerhalb einer Prozessanlage nach Anspruch 93, ferner das Speichern von einem der Datenverarbeitungsmodule in einer Cloud-basierten Datenanalysemaschine oder in einem Handgerät beinhaltend.

Es folgen 10 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

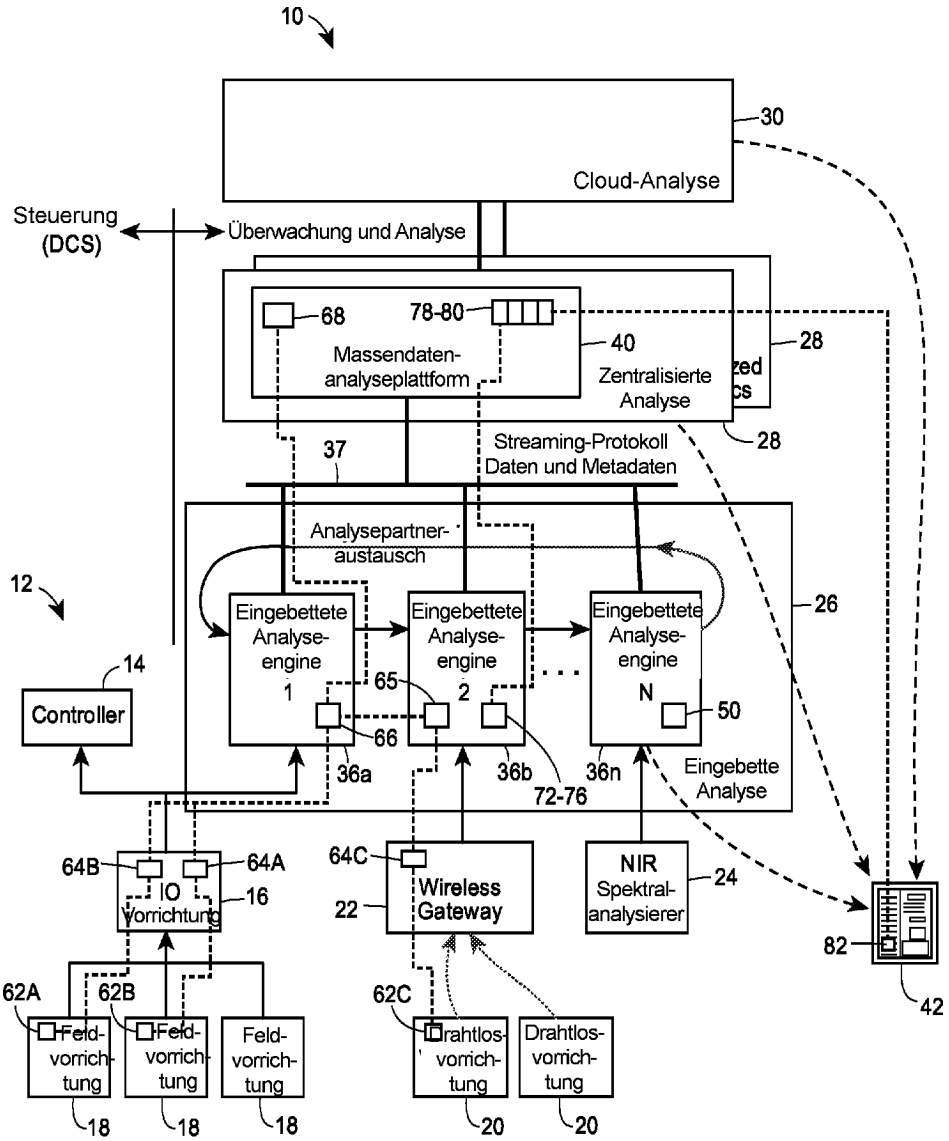


FIG. 1

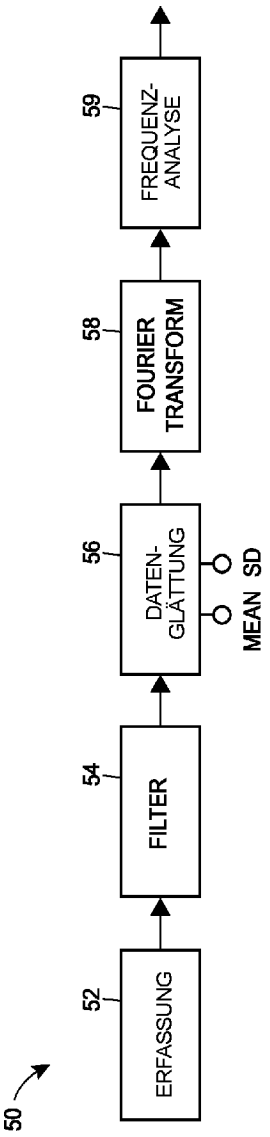

50
52
ERFASSUNG
54
FILTER
56
DATEN-GLÄTTUNG
MEAN SD
58
FOURIER TRANSFORM
59
FREQUENZ-ANALYSE

FIG. 2A

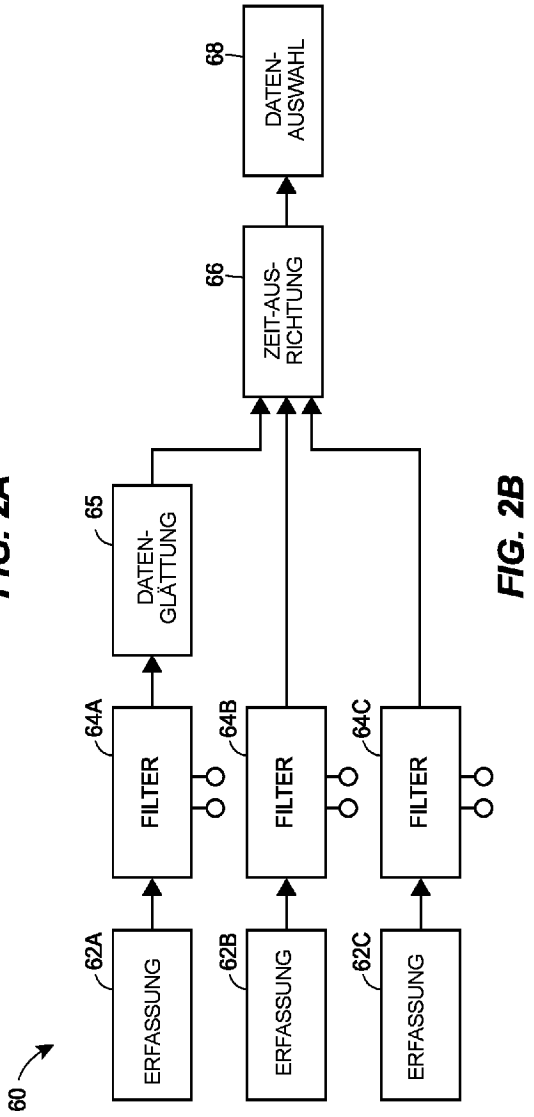

60
62A
ERFASSUNG
62B
ERFASSUNG
62C
ERFASSUNG
64A
FILTER
64B
FILTER
64C
FILTER
65
DATEN-GLÄTTUNG
66
ZEIT-AUS-RICHTUNG
68
DATEN-AUSWAHL

FIG. 2B

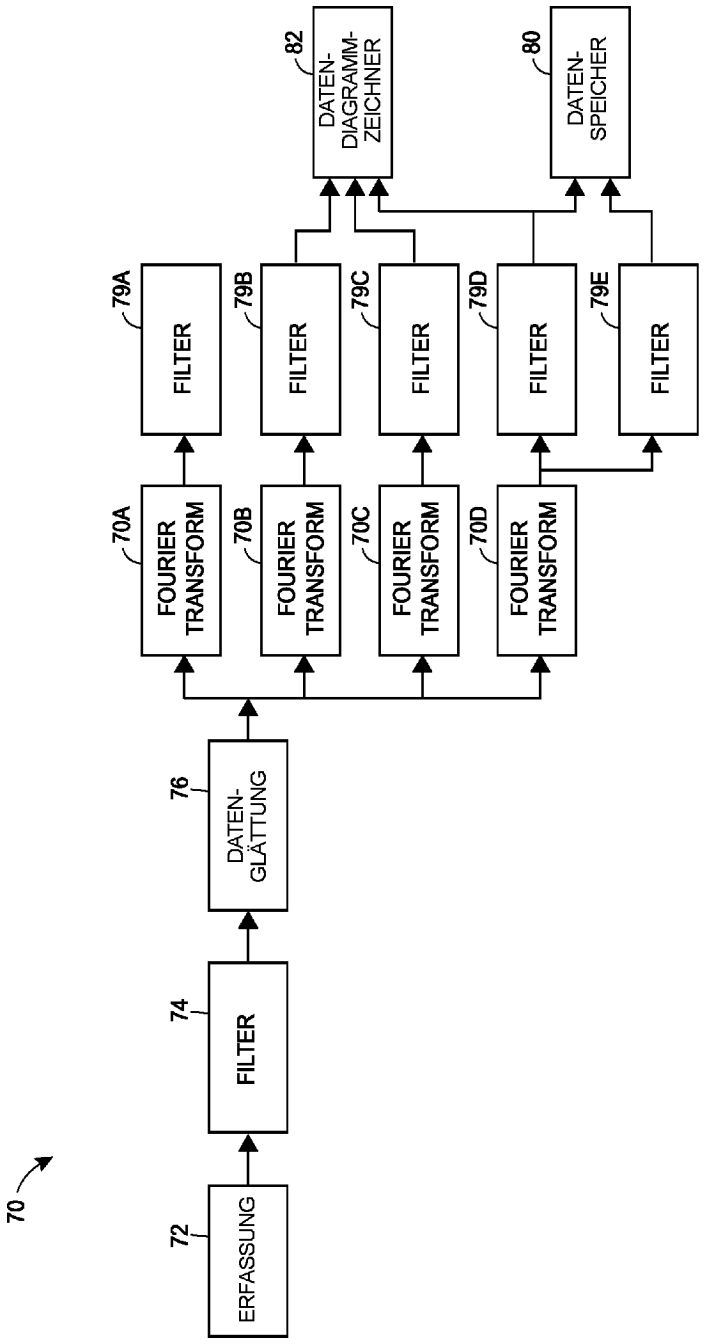

70
72
ERFASSUNG
74
FILTER
76
DATEN-GLÄTTUNG
70A
FOURIER TRANSFORM
70B
FOURIER TRANSFORM
70C
FOURIER TRANSFORM
70D
FOURIER TRANSFORM
79A
FILTER
79B
FILTER
79C
FILTER
79D
FILTER
79E
FILTER
82
DATEN-DIAGRAMM-ZEICHNER
80
DATEN-SPEICHER

FIG. 2C

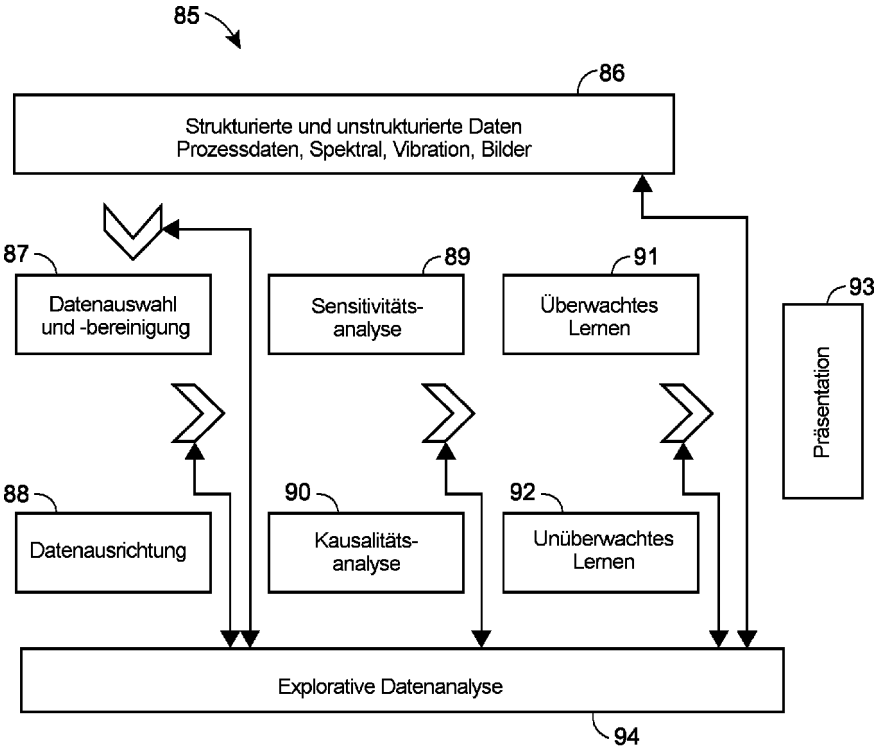

85
86
Strukturierte und unstrukturierte Daten
Prozessdaten, Spektral, Vibration, Bilder
87
Datenauswahl
und -bereinigung
89
Sensitivitäts-
analyse
91
Überwachtes
Lernen
93
Präsentation
88
Datenausrichtung
90
Kausalitäts-
analyse
92
Unüberwachtes
Lernen
Explorative Datenanalyse
94

FIG. 3

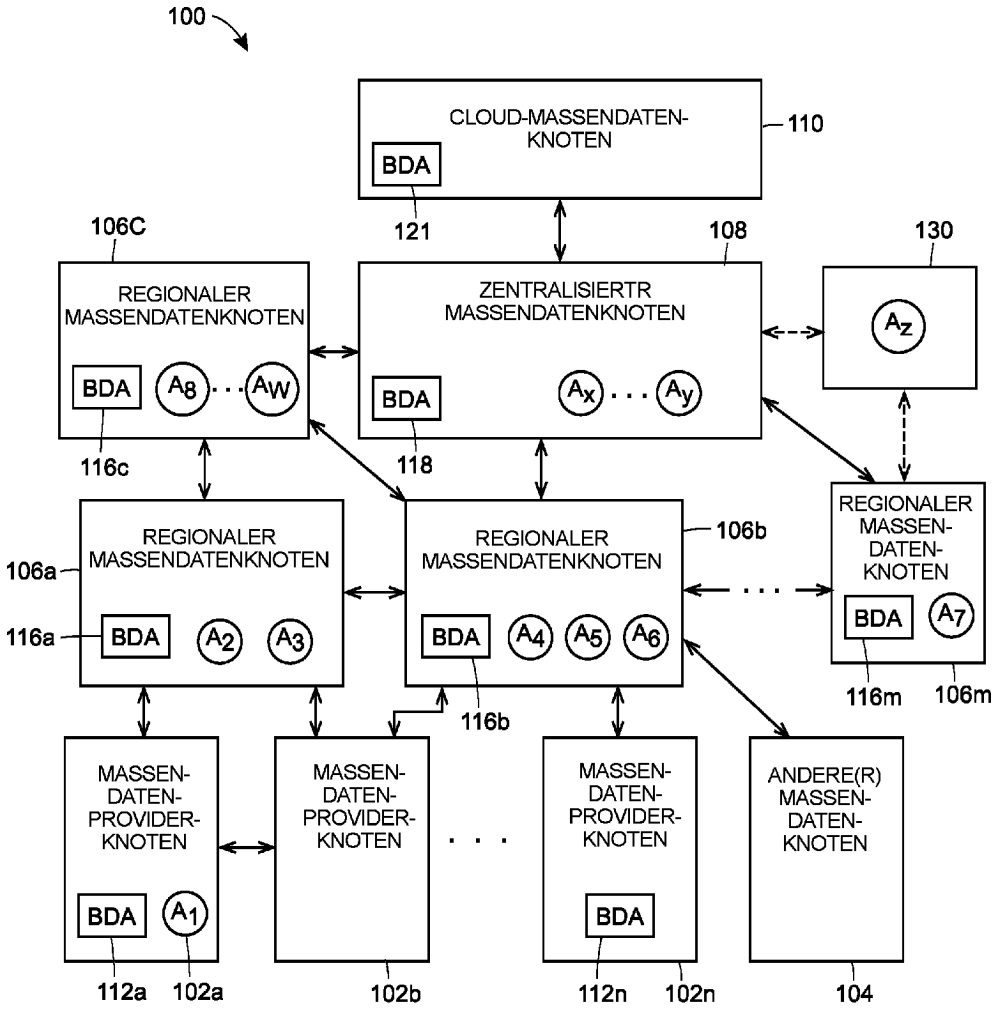

100
CLOUD-MASSENDATEN-KNOTEN
110
BDA
121
106C
108
130
REGIONALER MASSENDATENKNOTEN
ZENTRALISIERTR MASSENDATENKNOTEN
BDA
A8 ... AW
BDA
Ax ... Ay
Az
116c
118
REGIONALER MASSEN-DATEN-KNOTEN
106a
REGIONALER MASSENDATENKNOTEN
REGIONALER MASSENDATENKNOTEN
106b
116a
BDA
A2
A3
BDA
A4
A5
A6
BDA
A7
116m
106m
116b
MASSEN-DATEN-PROVIDER-KNOTEN
MASSEN-DATEN-PROVIDER-KNOTEN
MASSEN-DATEN-PROVIDER-KNOTEN
ANDERE(R) MASSEN-DATEN-KNOTEN
BDA
A1
BDA
112a
102a
102b
112n
102n
104

FIG. 4

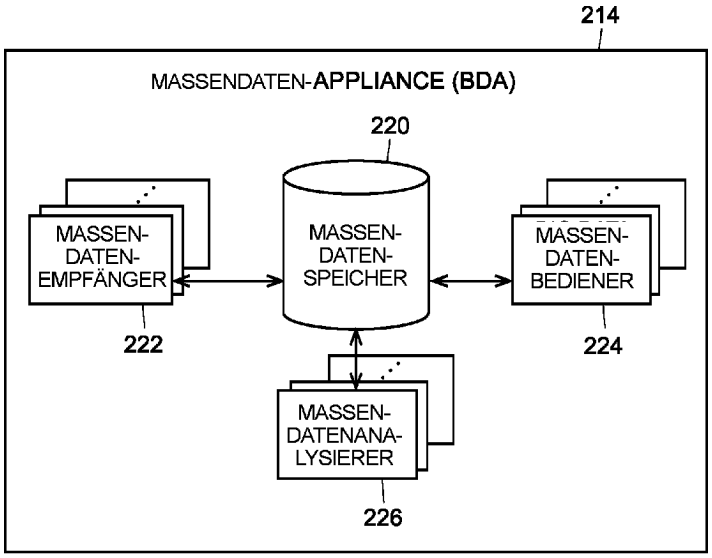

214
MASSENDATEN-APPLIANCE (BDA)
220
MASSEN-DATEN-EMPFÄNGER
222
MASSEN-DATEN-SPEICHER
MASSEN-DATEN-BEDIENER
224
MASSEN-DATENANA-LYSIERER
226

FIG. 5

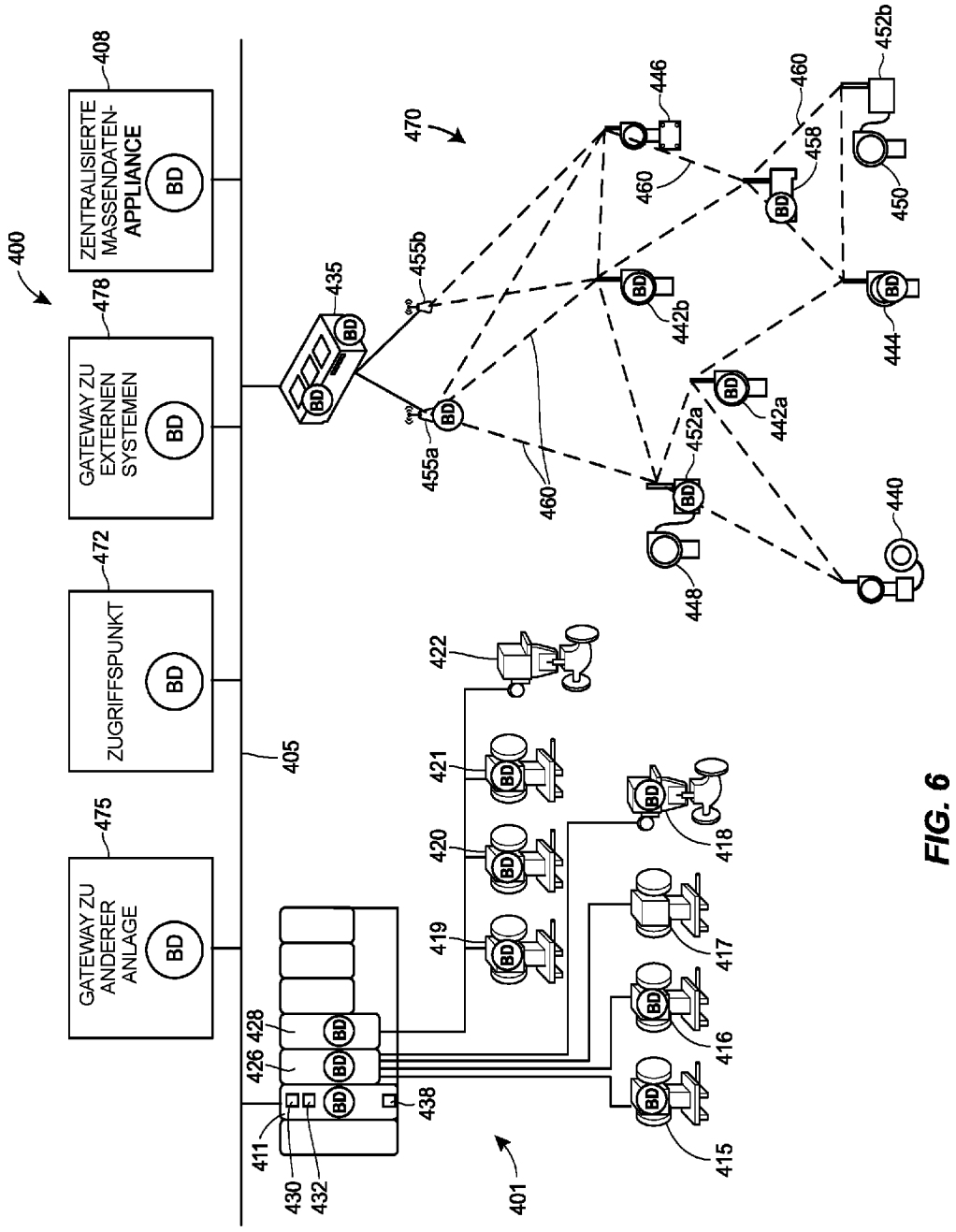

400
ZENTRALISIERTE MASSENDATEN-APPLIANCE
408
GATEWAY ZU EXTERNEN SYSTEMEN
478
ZUGRIFFSPUNKT
472
GATEWAY ZU ANDERER ANLAGE
475
BD
405
401
470
435
455a
455b
460
442a
442b
444
446
448
450
452a
452b
458
440
411
415
416
417
418
419
420
421
422
426
428
430
432
438

FIG. 6

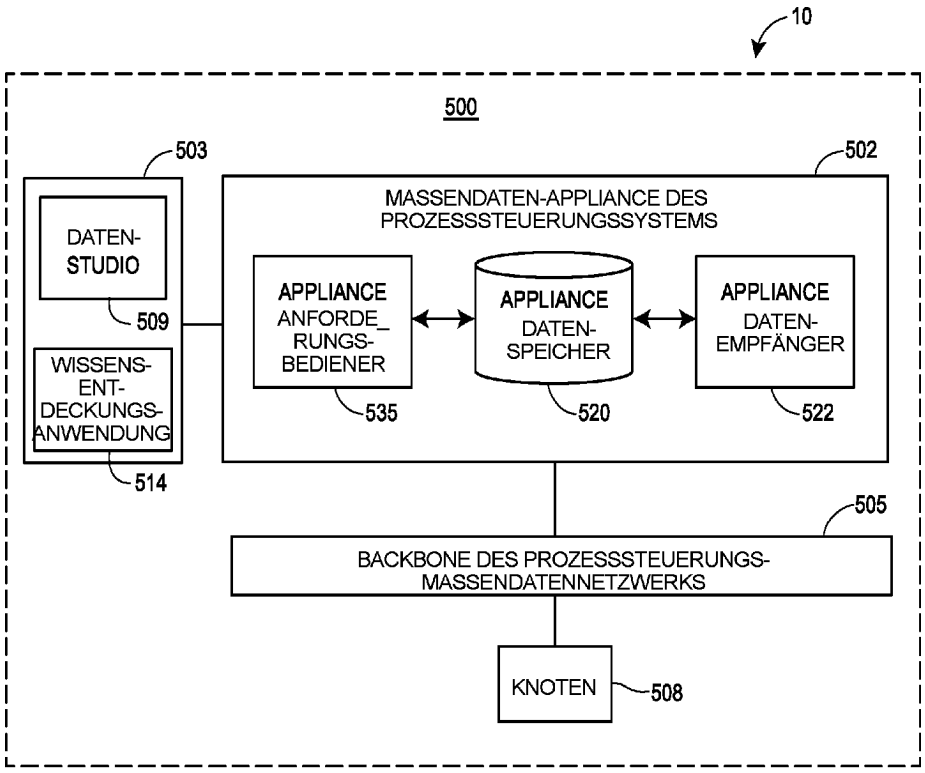

10
500
503
DATEN-STUDIO
509
WISSENS-ENT-DECKUNGS-ANWENDUNG
514
502
MASSENDATEN-APPLIANCE DES PROZESSSTEUERUNGSSYSTEMS
APPLIANCE ANFORDE_RUNGS-BEDIENER
535
APPLIANCE DATEN-SPEICHER
520
APPLIANCE DATEN-EMPFÄNGER
522
505
BACKBONE DES PROZESSSTEUERUNGS-MASSENDATENNETZWERKS
KNOTEN
508

FIG. 7

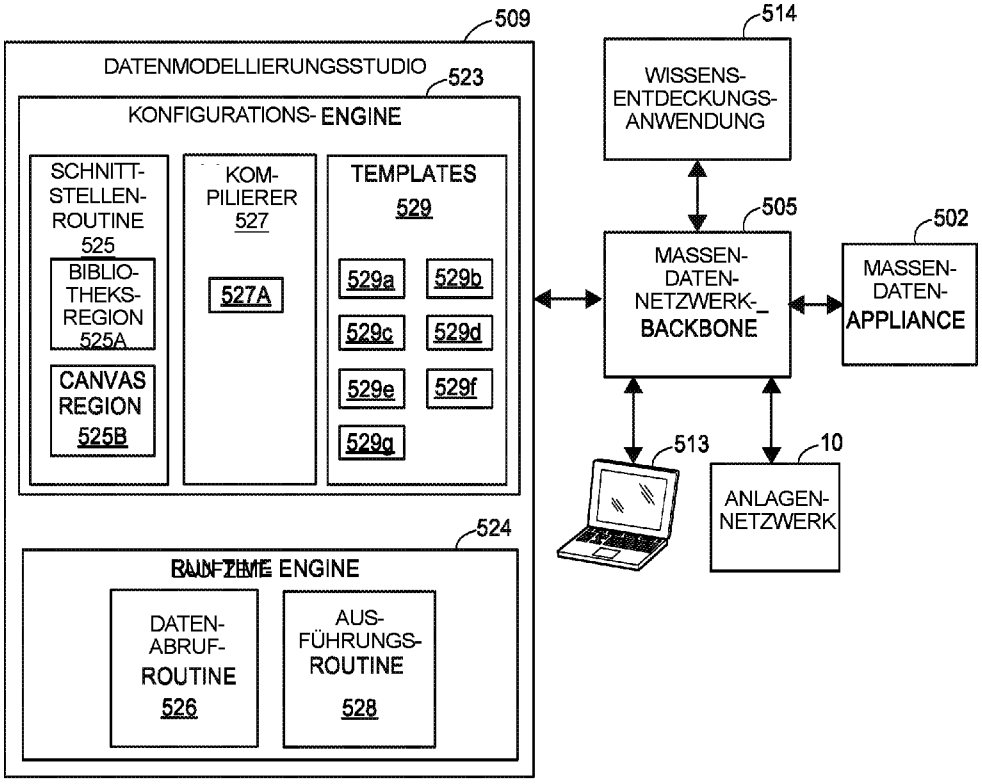

509
DATENMODELLIERUNGSSTUDIO
523
KONFIGURATIONS- ENGINE
SCHNITT-STELLEN-ROUTINE 525
BIBLIO-THEKS-REGION 525A
CANVAS REGION 525B
KOM-PILIERER 527
527A
TEMPLATES 529
529a
529b
529c
529d
529e
529f
529g
524
LAUFZEIT ENGINE
DATEN-ABRUF-ROUTINE 526
AUS-FÜHRUNGS-ROUTINE 528
514
WISSENS-ENTDECKUNGS-ANWENDUNG
505
MASSEN-DATEN-NETZWERK-_ BACKBONE
502
MASSEN-DATEN-APPLIANCE
513
10
ANLAGEN-NETZWERK

FIG. 8

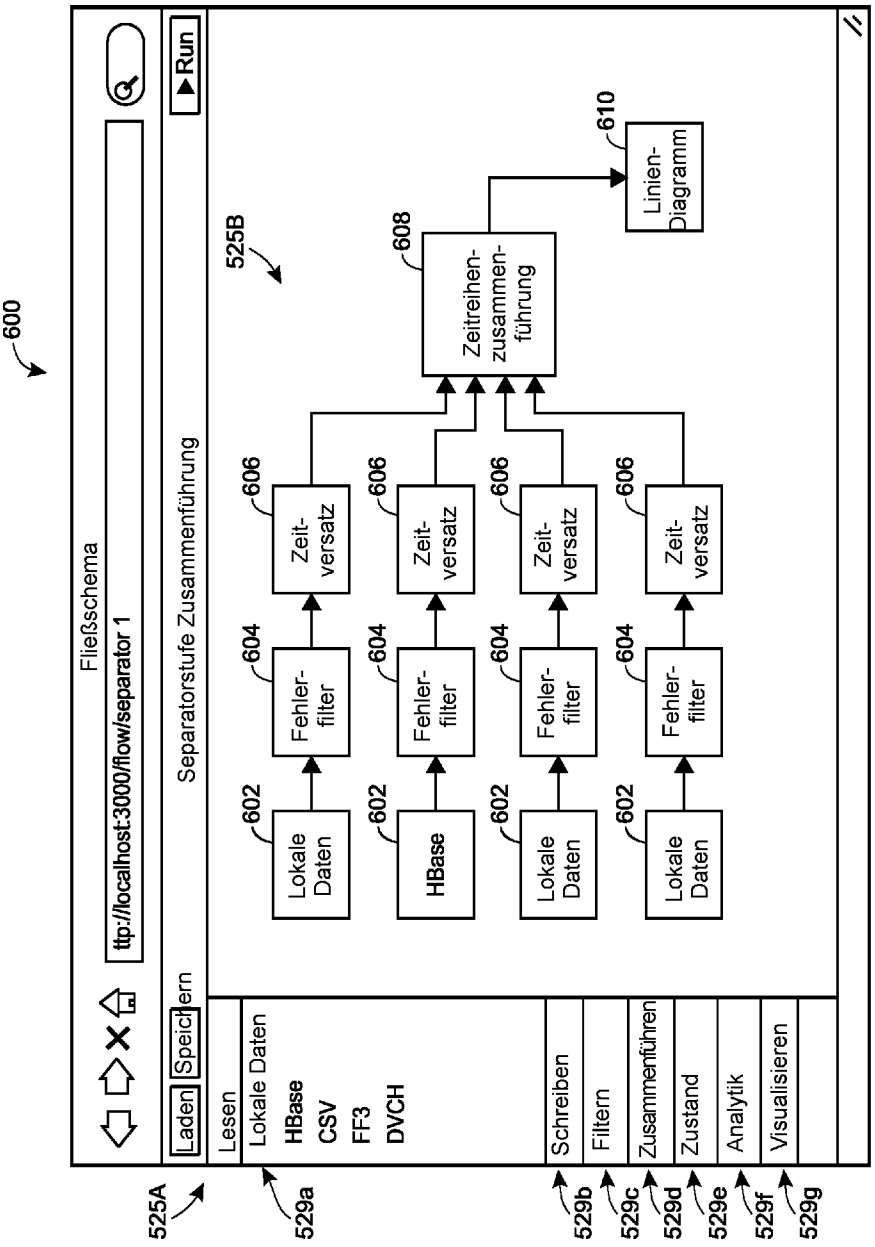

600
Fließschema
ttp://localhost:3000/flow/separator 1
Laden
Speichern
Separatorstufe Zusammenführung
▶Run
525A
525B
Lesen
Lokale Daten
HBase
CSV
FF3
DVCH
Schreiben
Filtern
Zusammenführen
Zustand
Analytik
Visualisieren
529a
529b
529c
529d
529e
529f
529g
602
Lokale Daten
HBase
604
Fehler-filter
606
Zeit-versatz
608
Zeitreihen-zusammen-führung
610
Linien-Diagramm

FIG. 9