



(12)

Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2016 000 234.4**
(22) Anmeldetag: **08.01.2016**
(43) Offenlegungstag: **14.07.2016**
(45) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: **11.08.2022**

(51) Int Cl.: **H04L 65/00 (2022.01)**

- H04L 12/40 (2006.01)**
- H04L 67/00 (2022.01)**
- H04L 69/00 (2022.01)**
- H04L 9/40 (2022.01)**
- G05B 19/042 (2006.01)**
- G05B 19/418 (2006.01)**
- G06F 13/36 (2006.01)**
- H04L 43/02 (2022.01)**
- H04L 47/00 (2022.01)**

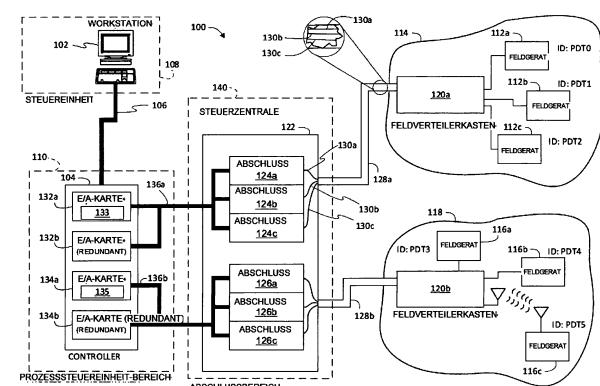
Innerhalb von neun Monaten nach Veröffentlichung der Patenterteilung kann nach § 59 Patentgesetz gegen das Patent Einspruch erhoben werden. Der Einspruch ist schriftlich zu erklären und zu begründen. Innerhalb der Einspruchsfrist ist eine Einspruchsgebühr in Höhe von 200 Euro zu entrichten (§ 6 Patentkostengesetz in Verbindung mit der Anlage zu § 2 Abs. 1 Patentkostengesetz).

<p>(30) Unionspriorität: 14/592,354 08.01.2015 US</p>	<p>(72) Erfinder: Erni, Klaus, Austin, Tex., US; Law, Gary Keith, Georgetown, Tex., US; Broom, Doyle Eugene, Georgetown, Tex., US; Burr, Kent Allan, Round Rock, Tex., US; Nixon, Mark J., Round Rock, Tex., US</p>
<p>(62) Teilung in: 10 2016 016 015.2</p>	
<p>(73) Patentinhaber: Fisher-Rosemount Systems, Inc., Round Rock, Tex., US</p>	<p>(56) Ermittelter Stand der Technik:</p>
	<p>DE 10 2007 063 871 A1</p>
	<p>DE 10 2011 006 590 A1</p>
<p>(74) Vertreter: Meissner Bolte Patentanwälte Rechtsanwälte Partnerschaft mbB, 80538 München, DE</p>	

(54) Bezeichnung: **VORRICHTUNG UND VERFAHREN ZUM KOMMUNIKATIVEN VERBINDELN VON FELDGERÄTEN MIT STEUEREINHEITEN IN EINEM PROZESSLEITSYSTEM**

(57) Hauptanspruch: Vorrichtung, die Folgendes umfasst:
eine Basiseinheit, die Folgendes umfasst:
eine erste physikalische Schnittstelle, die mit einem ersten
Feldgerät in einem Prozessleitsystem und einem zweiten
Feldgerät in dem Prozessleitsystem kommunikativ verbun-
den wird; wobei das erste Feldgerät ein primäres Feldgerät
und das zweite Feldgerät ein Ersatz-Feldgerät ist und
eine zweite physikalische Schnittstelle, die über einen Bus
mit einer Steuereinheit im Prozessleitsystem kommunika-
tiv verbunden wird; und
ein Modul, das entfernbar an der Basiseinheit befestigt
wird, wobei das Modul mit dem ersten Feldgerät mithilfe
eines ersten Kommunikationsprotokolls kommuniziert,
wenn bestimmt wurde, dass das erste Feldgerät aktiv ist,
und wenn die erste physikalische Schnittstelle mit dem ers-
ten Feldgerät kommunikativ verbunden ist, das Modul mit
dem zweiten Feldgerät mithilfe eines zweiten Kommunika-
tionsprotokolls kommuniziert, wenn bestimmt wurde, dass
das erste Feldgerät inaktiv ist, und wenn die erste physika-
lische Schnittstelle mit dem zweiten Feldgerät kommunika-
tiv verbunden ist, das Modul über den Bus mithilfe eines

dritten Kommunikationsprotokolls mit der Steuereinheit kommuniziert, wobei sich das dritte Kommunikationsprotokoll vom ersten und zweiten Kommunikationsprotokoll unterscheidet.



Beschreibung**GEBIET DER OFFENBARUNG**

[0001] Die vorliegende Offenbarung betrifft allgemein Prozessleitsysteme und insbesondere eine Vorrichtung und Verfahren zum kommunikativen Verbinden von Feldgeräten mit Steuereinheiten in einem Prozessleitsystem.

HINTERGRUND

[0002] Prozessleitsysteme wie sie in chemischen Verfahren, der Mineralölverarbeitung, Pharmaherstellung, Zellstoff- und Papierverarbeitung und anderen Herstellungsverfahren verwendet werden, enthalten in der Regel eine oder mehrere Prozesssteuereinheiten, die mit mindestens einem Host, der mindestens eine Bediener-Workstation enthält, und einem oder mehreren Feldgeräten kommunikativ verbunden sind, die zur Kommunikation über analoge, digitale oder kombiniert analog/digitale Kommunikationsprotokolle konfiguriert sind. Feldgeräte, bei denen es sich z. B. um Gerätesteuereinheiten, Ventile, Ventilaktoren, Ventilstellungsregler, Schalter und Transmitter (z. B. Temperatur-, Druck-, Fließgeschwindigkeitsfühler und Sensoren für die chemische Zusammensetzung) oder Kombinationen davon handeln kann, führen innerhalb des Prozessleitsystems Funktionen wie das Öffnen oder Schließen von Ventilen und das Messen oder Ableiten von Prozessparametern aus. Eine Prozesssteuereinheit empfängt Signale, die Prozessmessungen der Feldgeräte und/oder andere Informationen bezüglich der Feldgeräte bezeichnen, verwendet diese Informationen zum Implementieren einer Steuerungsroutine und erzeugt Steuersignale, die über die Busse oder andere Kommunikationsverbindungen an die Feldgeräte gesendet werden, um den Betrieb des Prozessleitsystems zu steuern.

[0003] Ein Prozessleitsystem kann mehrere Feldgeräte enthalten, die mehrere verschiedene Funktionsfähigkeiten vorsehen und häufig mit Prozesssteuereinheiten kommunikativ verbunden sind, wobei Doppeldrahtschnittstellen in einer Punkt-zu-Punkt-Verdrahtungsanordnung (z. B. ein Feldgerät, das mit einem Feldgerät-Bus kommunikativ verbunden ist) oder einer Multi-Drop-Verdrahtung (z. B. mehrere Feldgeräte, die kommunikativ mit einem Feldgerät-Bus verbunden sind) oder drahtlose Kommunikation verwendet werden. Manche Feldgeräte sind für das Arbeiten anhand relativ einfacher Befehle und/oder Kommunikationen konfiguriert (z. B. einen EIN-Befehl und einen AUS-Befehl). Andere Feldgeräte sind komplexer und erfordern mehr Befehle und/oder mehr Kommunikationsinformationen, die u. U. einfache Befehle enthalten können. Beispielsweise können komplexere Feldgeräte mit digitalen Kommunikationen analoge Werte kommunizieren, die über

den analogen Wert gelagert sind, wobei beispielsweise ein Highway Addressable Remote Transducer („HART“) Kommunikationsprotokoll verwendet wird. Andere Feldgeräte können vollständig digitale Kommunikationen verwenden (z. B. ein FOUNDATION Fieldbus Kommunikationsprotokoll).

[0004] In einem Prozessleitsystem ist jedes Feldgerät in der Regel über eine oder mehrere E/A-Karten und ein entsprechendes Kommunikationsmedium (z. B. ein Doppeldrahtkabel, eine drahtlose Verbindung oder einen Lichtwellenleiter) mit einer Prozesssteuereinheit verbunden. Daher werden mehrere Kommunikationsmedien benötigt, um mehrere Feldgeräte mit einer Prozesssteuereinheit kommunikativ zu verbinden. Die mit den Feldgeräten verbundenen mehreren Kommunikationsmedien werden häufig durch eine oder mehrere Feldverteilerkästen geroutet, wo die mehreren Kommunikationsmedien mit entsprechenden Kommunikationsmedien (z. B. entsprechenden Doppeldrahtleitern) eines Mehrleiterkabels verbunden werden, das zum kommunikativen Verbinden der Feldgeräte mit der Prozesssteuereinheit über eine oder mehrere E/A-Karten verwendet wird. Aus der DE 10 2007 063 871 A1 ist eine Vorrichtung bekannt, die Folgendes umfasst:

- eine Basiseinheit, die Folgendes umfasst: eine erste physikalische Schnittstelle, die mit entweder einem ersten Feldgerät oder einem zweiten Feldgerät in einem Prozessleitsystem kommunikativ verbunden wird, und eine zweite physikalische Schnittstelle, die über einen Bus mit einer Steuereinheit im Prozessleitsystem kommunikativ verbunden wird, und

- ein Modul, das entfernbar an der Basiseinheit befestigt wird, wobei das Modul mit dem ersten Feldgerät mit Hilfe eines ersten Kommunikationsprotokolls kommuniziert, wenn die erste physikalische Schnittstelle mit dem ersten Feldgerät kommunikativ verbunden ist, das Modul mit dem zweiten Feldgerät mit Hilfe eines zweiten Kommunikationsprotokolls kommuniziert, wenn die erste physikalische Schnittstelle mit dem zweiten Feldgerät kommunikativ verbunden ist,

wobei das Modul über den Bus mit Hilfe eines dritten Kommunikationsprotokolls mit der Steuereinheit kommuniziert, wobei sich das dritte Kommunikationsprotokoll vom ersten und zweiten Kommunikationsprotokoll unterscheidet.

[0005] Die DE 10 2011 006 590 A1 offenbart das Senden von Anforderungen, um aufgrund von Rückmeldungen ein Kommunikationsprotokoll in einem Gateway festzulegen, sowie die Analyse der physikalischen Schicht einer Verbindung durch Strommessung.

KURZDARSTELLUNG

[0006] Es werden eine beispielhafte Vorrichtung und Verfahren zum kommunikativen Verbinden von Feldgeräten mit Steuereinheiten in einem Prozessleitsystem beschrieben. Gemäß einem Beispiel enthält eine beispielhafte Vorrichtung eine Basiseinheit und ein Modul, das entfernbar an der Basiseinheit befestigt wird. Die Basiseinheit enthält eine erste physikalische Schnittstelle, die kommunikativ mit entweder einem ersten Feldgerät in einem Prozessleitsystem oder einem zweiten Feldgerät in dem Prozessleitsystem verbunden wird, und eine zweite physikalische Schnittstelle, die über einen Bus mit einer Steuereinheit in dem Prozessleitsystem kommunikativ verbunden ist. Das Modul kommuniziert mit dem ersten Feldgerät mithilfe eines ersten Kommunikationsprotokolls, wenn die erste physikalische Schnittstelle mit dem ersten Feldgerät kommunikativ verbunden ist. Das Modul kommuniziert mit dem zweiten Feldgerät mithilfe eines zweiten Kommunikationsprotokolls, wenn die erste physikalische Schnittstelle mit dem zweiten Feldgerät kommunikativ verbunden ist. Das Modul kommuniziert über den Bus mit der Steuereinheit mithilfe eines dritten Kommunikationsprotokolls. Das dritte Kommunikationsprotokoll unterscheidet sich von dem ersten und dem zweiten Kommunikationsprotokoll.

[0007] Gemäß einem anderen Beispiel beinhaltet ein beispielhaftes Verfahren das Empfangen erster Informationen an einer Basiseinheit, die eine erste physikalische Schnittstelle aufweist, die mit entweder einem ersten Feldgerät in einem Prozessleitsystem oder einem zweiten Feldgerät in dem Prozessleitsystem kommunikativ verbunden wird. Das beispielhafte Verfahren beinhaltet auch das Codieren der ersten Informationen zur Kommunikation mithilfe eines ersten Kommunikationsprotokolls an einem Modul, das entfernbar an der Basiseinheit befestigt wird. Die ersten Informationen werden vom ersten Feldgerät mithilfe eines zweiten Kommunikationsprotokolls kommuniziert, wenn die erste physikalische Schnittstelle mit dem ersten Feldgerät verbunden ist. Die ersten Informationen werden vom zweiten Feldgerät mithilfe eines dritten Kommunikationsprotokolls kommuniziert, wenn die erste physikalische Schnittstelle mit dem zweiten Feldgerät verbunden ist. Das erste Kommunikationsprotokoll unterscheidet sich vom ersten und zweiten Kommunikationsprotokoll. Das Verfahren beinhaltet ferner das Kommunizieren der codierten ersten Informationen vom Modul über eine zweite physikalische Schnittstelle der Basiseinheit an eine Steuereinheit über einen Bus mithilfe des ersten Kommunikationsprotokolls.

[0008] Gemäß eines weiteren Beispiels enthält eine beispielhafte Vorrichtung eine erste Schnittstelle, die mit entweder einem ersten Feldgerät in einem Prozesssteuerungssystem oder einem zweiten Feldge-

rät in dem Prozessleitsystem kommunikativ verbunden wird. Die erste Schnittstelle kommuniziert mithilfe eines ersten Feldbus-Kommunikationsprotokolls, wenn sie mit dem ersten Feldgerät verbunden ist, und mithilfe eines zweiten Feldbus-Kommunikationsprotokolls, wenn sie mit dem zweiten Feldgerät verbunden ist. Die beispielhafte Vorrichtung enthält einen Kommunikationsprozessor, der mit der ersten Schnittstelle kommunikativ verbunden ist. Der Kommunikationsprozessor codiert erste Informationen, die von entweder dem ersten Feldgerät oder dem zweiten Feldgerät empfangen werden, zur Kommunikation über einen Bus mithilfe eines dritten Kommunikationsprotokolls, das sich vom ersten und zweiten Feldbus-Kommunikationsprotokoll unterscheidet. Die beispielhafte Vorrichtung enthält eine zweite Schnittstelle, die mit dem Kommunikationsprozessor und dem Bus kommunikativ verbunden ist, um die ersten Informationen über den Bus mithilfe des dritten Kommunikationsprotokolls an eine Steuereinheit im Prozessleitsystem zu kommunizieren. Der Bus verwendet das dritte Kommunikationsprotokoll, um zweite Informationen zu kommunizieren, die von dem anderen von dem ersten und dem zweiten Feldgerät empfangen wurden.

Figurenliste

[0009] Es zeigen:

Fig. 1A ein Blockschaltbild, das ein beispielhaftes Prozessleitsystem darstellt.

Fig. 1B-1D alternative beispielhafte Implementierungen anhand derer Workstations, Steuereinheiten und E/A-Karten kommunikativ miteinander verbunden werden können.

Fig. 2 eine detaillierte Darstellung des beispielhaften Schaltschranks in **Fig. 1A**.

Fig. 3 einen weiteren beispielhaften Schaltschrank, der zum Implementieren des beispielhaften Schaltschranks in **Fig. 1A** verwendet werden kann.

Fig. 4 eine Ansicht von oben und **Fig. 5** eine Seitenansicht eines beispielhaften Abschlussmoduls in **Fig. 1A** und **Fig. 2**.

Fig. 6 ein detailliertes Blockschaltbild des beispielhaften Abschlussmoduls in **Fig. 1A**, **Fig. 2**, **Fig. 4**, **Fig. 5**, **Fig. 13A-B** und **Fig. 14A-B**.

Fig. 7 ein detailliertes Blockschaltbild einer beispielhaften E/A-Karte in **Fig. 1A**.

Fig. 8 ein detailliertes Blockschaltbild eines beispielhaften Labellers, der zur Anzeige der Feldgerätekennungsinformationen und/oder anderer Feldgeräteinformationen bezüglich der Abschlussmodule in **Fig. 1A**, **Fig. 2-6**,

Fig. 13A-B und **Fig. 14A-B** verwendet werden kann.

Fig. 9 eine Trennschaltungskonfiguration, die zusammen mit den beispielhaften Abschlussmodulen in **Fig. 1A** implementiert werden kann, um die Abschlussmodule voneinander, von Feldgeräten und von Kommunikationsbussen zu trennen.

Fig. 10A und **Fig. 10B** ein Flussdiagramm eines beispielhaften Verfahrens, das zum Implementieren der Abschlussmodule in **Fig. 1A**, **Fig. 2-6**, **Fig. 13A-B** und **Fig. 14A-B** verwendet werden kann, um Informationen zwischen Feldgeräten und E/A-Karten zu kommunizieren.

Fig. 11A und **Fig. 11B** ein Flussdiagramm eines beispielhaften Verfahrens, das zum Implementieren der E/A-Karten in **Fig. 1A** verwendet werden kann, um Informationen zwischen den Abschlussmodulen und einer Workstation zu kommunizieren.

Fig. 12 ein Flussdiagramm eines beispielhaften Verfahrens, das zum Implementieren des Labellers in **Fig. 2**, **Fig. 3**, **Fig. 6** und **Fig. 8** und Abrufen und Anzeigen von Informationen für Feldgeräte verwendet werden kann, die mit Abschlussmodulen kommunikativ verbunden sind.

Fig. 13A und **Fig. 13B** Blockschaltbilder, die ein weiteres beispielhaftes Prozessleitsystem vor und nach dem Implementieren der hierin offenbarsten Lehren bezüglich eines beispielhaften Profibus-PA-Prozessbereich und eines beispielhaften FOUNDATION Fieldbus H1 (FF-H1)-Prozessbereich zeigt.

Fig. 14A und **Fig. 14B** alternative beispielhafte Implementierungen von Peer-to-Peer-Kommunikationen von zwei FF-H1-konformen Feldgeräten, die mit entsprechenden Abschlussmodulen kommunikativ verbunden sind.

Fig. 15 ein Flussdiagramm eines beispielhaften Verfahrens, das zum Implementieren der Abschlussmodule in **Fig. 1A**, **Fig. 2-6**, **Fig. 13A-B** und **Fig. 14A-B** verwendet werden kann, um das Kommunikationsprotokoll automatisch festzustellen, das den entsprechenden mit den Abschlussmodulen verbundenen Feldgeräten zugeordnet ist.

Fig. 16 ein Blockschaltbild eines beispielhaften Prozessorsystems, das zum Implementieren der hierin beschriebenen beispielhaften Systeme und Verfahren verwendet werden kann.

AUSFÜHRLICHE BESCHREIBUNG

[0010] Obwohl im Folgenden eine beispielhafte Vorrichtung und Systeme beschrieben werden, die

neben anderen Komponenten Software und/oder auf Hardware ausgeführte Firmware umfassen, ist darauf hinzuweisen, dass solche Systeme lediglich als veranschaulichend und nicht als einschränkend betrachtet werden dürfen. Beispielsweise ist es denkbar, dass einige oder alle dieser Hardware-, Software- und Firmware-Komponenten ausschließlich in Hardware, ausschließlich in Software oder in einer Kombination aus Hardware und Software ausgeführt werden. Dementsprechend wird der Durchschnittsfachmann leicht erkennen, dass im Folgenden zwar beispielhafte Vorrichtungen und Systeme beschrieben werden, die vorgesehenen Beispiele jedoch nicht die einzige Möglichkeit zum Implementieren solcher Vorrichtungen und Systeme sind.

[0011] Ein beispielhaftes Prozessleitsystem enthält eine Steuerzentrale (z. B. Steuerzentrale 108 in **Fig. 1A**), einen Prozesssteuereinheit-Bereich (z. B. einen Prozesssteuereinheit-Bereich 110 in **Fig. 1A**), einen Abschlussbereich (z. B. einen Abschlussbereich 140 in **Fig. 1A**) und eine oder mehrere Prozessbereiche (z. B. Prozessbereiche 114 und 118 in **Fig. 1A**). Ein Prozessbereich enthält mehrere Feldgeräte, die Arbeitsvorgänge (wie beispielsweise Steuern von Ventilen, Steuern von Motoren, Steuern von Boilern, Überwachung, Messen von Parametern usw.) in Bezug auf einen bestimmten Prozess (beispielsweise einen chemischen Prozess, einen Erdölverarbeitungsprozess, einen pharmazeutischen Prozess, einen Prozess in der Zellstoff- und Papierverarbeitung usw.) ausführen. Manche Prozessbereiche sind aufgrund der rauen Umgebungsbedingungen (z. B. relativ hohe Temperatur, Gifstoffe in der Luft, gefährliche Strahlenbelastung usw.) für Menschen nicht zugänglich. Die Steuerzentrale enthält in der Regel eine oder mehrere Workstations innerhalb einer für Menschen sicher zugänglichen Umgebung. Die Workstations enthalten Benutzeranwendungen, die Benutzern (z. B. Ingenieuren, Bedienern usw.) zugänglich sind, um den Betrieb des Prozessleitsystems durch beispielsweise das Ändern variabler Werte, Prozesssteuerungsfunktionen usw. zu steuern. Der Prozesssteuerbereich enthält eine oder mehrere Steuereinheiten, die mit der/den Workstation(s) in der Steuerzentrale kommunikativ verbunden sind. Die Steuereinheiten automatisieren die Steuerung der Feldgeräte im Prozessbereich, indem sie Prozesssteuerungsstrategien ausführen, die über die Workstation implementiert werden. Eine beispielhafte Prozessstrategie beinhaltet das Messen eines Drucks mithilfe eines Drucksensor-Feldgeräts und das automatische Senden eines Befehls an einen Ventilstellungsregler, um ein Strömungsventil aufgrund der Druckmessung zu öffnen oder zu schließen. Der Abschlussbereich enthält einen Schaltschrank, über den die Steuereinheiten mit den Feldgeräten im Prozessbereich kommunizieren können. Insbesondere enthält der Schaltschrank meh-

re Abschlussmodule, die dazu verwendet werden, Signale von den Feldgeräten an eine oder mehrere E/A-Karten, die mit den Steuereinheiten kommunikativ verbunden sind, zu rangieren, zu organisieren oder zu routen. Die E/A-Karten übersetzen von den Feldgeräten empfangene Informationen in ein Format, das mit den Steuereinheiten kompatibel ist, und übersetzen Informationen von den Steuereinheiten in ein Format, das mit den Feldgeräten kompatibel ist.

[0012] Bekannte Verfahren zum kommunikativen Verbinden von Feldgeräten innerhalb eines Prozessleitsystems mit Steuereinheiten beinhalten den Einsatz eines getrennten Busses (z. B. eines Drahts, eines Kabels oder einer Schaltung) zwischen jedem Feldgerät und einer entsprechenden E/A-Karte, die mit einer Steuereinheit (z. B. einer Prozesssteuereinheit, einer programmierbaren Logik-Steuerung usw.) kommunikativ verbunden ist. Eine E/A-Karte ermöglicht das kommunikative Verbinden einer Steuereinheit mit mehreren Feldgeräten, die verschiedenen Datentypen oder Signaltypen (z. B. Analogeingang-(AE-)Datentypen, Analogausgang-(AA-)Datentypen, Diskreteingang-(DE-)Datentypen, Diskretausgang-(DA-)Datentypen, Digitaleingang-Datentypen und Digitalausgang-Datentypen) und verschiedenen Feldgerät-Kommunikationsprotokollen zugeordnet sind, indem sie zwischen der Steuereinheit und den Feldgeräten kommunizierte Informationen übersetzt oder umwandelt. Beispielsweise kann eine E/A-Karte mit einer oder mehreren Feldgerät-Schnittstellen vorgesehen sein, die zum Austausch von Informationen mit einem Feldgerät mithilfe des diesem Feldgerät zugeordneten Feldgerät-Kommunikationsprotokoll konfiguriert sind. Verschiedene Feldgerät-Schnittstellen kommunizieren über verschiedene Kanaltypen (z. B. Analogeingang-(AE-)Kanaltypen, Analogausgang-(AA-)Kanaltypen, Diskreteingang-(DE-)Kanaltypen, Diskretausgang-(DA-)Kanaltypen, Digitaleingang-Kanaltypen und Digitalausgang-Kanaltypen). Außerdem kann die E/A-Karte von dem Feldgerät empfangene Informationen (z. B. Spannungsspeicher) in Informationen (z. B. Druckmesswerte) umwandeln, die die Steuereinheit zum Ausführen von Arbeitsabläufen im Zusammenhang mit der Steuerung des Feldgeräts nutzen kann. Bei den bekannten Methoden werden ein Bündel von Drähten oder Busse (z. B. eine mehradrige Kabel) benötigt, um mehrere Feldgeräte mit E/A-Karten kommunikativ zu verbinden. Anders als bei bekannten Methoden, bei denen zum kommunikativen Verbinden von jedem Feldgerät mit einer E/A-Karte ein getrennter Bus verwendet wird, können die hierin beschriebenen beispielhaften Vorrichtungen und Verfahren dazu verwendet werden, Feldgeräte mit einer E/A-Karte kommunikativ zu verbinden, indem mehrere Feldgeräte an einem Abschlussfeld (z. B. einen Schaltschrank) terminiert werden und ein Bus (z. B. ein leitendes Kommunikationsmedium, ein

optisches Kommunikationsmedium, ein drahtloses Kommunikationsmedium) verwendet wird, der zwischen dem Abschlussfeld und der E/A-Karte kommunikativ verbunden ist, um die Feldgeräte mit der E/A-Karte kommunikativ zu verbinden.

[0013] Die hierin beschriebenen beispielhaften Vorrichtung und Verfahren beinhalten das Verwenden eines beispielhaften universellen E/A-Busses (z. B. eines gemeinsamen oder gemeinsam genutzten Buses), der ein oder mehrere Abschlussmodule mit einer oder mehreren E/A-Karten kommunikativ verbindet, die mit einer Steuereinheit kommunikativ verbunden sind. Jedes Abschlussmodul ist mit einem oder mehreren entsprechenden Feldgeräten mithilfe eines entsprechend Feldgerät-Busses (z. B. eines analogen Busses oder eines digitalen Busses) kommunikativ verbunden. Die Abschlussmodule sind so konfiguriert, dass sie Feldgerät-Informationen von den Feldgeräten über die Feldgerät-Busse empfangen und die Feldgerät-Informationen an die E/A-Karten über den universellen E/A-Bus kommunizieren, indem sie beispielsweise die Feldgerät-Informationen paketieren und die paketierten Informationen über den universellen E/A-Datenbus an die E/A-Karten kommuniziert. Die Feldgerät-Informationen können beispielsweise Feldgerät-Kennungsinformationen (z. B. Gerätetags, elektronische Seriennummern usw.), Feldgerät-Statusinformationen (z. B. Kommunikationsstatus, diagnostische Zustandsinformationen (offene Schleife, Kurzschluss, usw.)), Feldgerät-Aktivitätsinformationen (z. B. Werte für Prozessvariablen (PV)), Feldgerät-Beschreibungsinformationen (z. B. Feldgerätetyp oder -funktion, wie beispielsweise Ventilaktoren, Temperatursensor, Drucksensor, Durchflusssensor usw.), Feldgerät-Verbindungskonfigurationsinformationen (z. B. Multi-Drop-Busverbindung, Punkt-zu-Punkt-Verbindung usw.), Kennungsinformationen zum Feldgerät-Bus- oder -segment (z. B. Feldgerät-Bus oder Feldgerät-Segment, über welches das Feldgerät mit dem Abschlussmodul kommunikativ verbunden ist), und/oder Feldgerät-Datentypinformationen (z. B. einen Datentyp-Deskriptor, der den von einem bestimmten Feldgerät verwendeten Datentyp bezeichnet). Die E/A-Karte(n) kann (können) die über den universellen E/A-Bus empfangenen Feldgerät-Informationen extrahieren und die Feldgerät-Informationen an die Steuereinheit kommunizieren, die dann einen Teil der oder alle Informationen zur anschließenden Analyse an eine oder mehrere Workstation-Abschlüsse kommunizieren kann.

[0014] Zum Kommunizieren von Feldgerät-Informationen (z. B. Befehle, Anweisungen, Abfragen, Schwellenaktivitätswerte (z. B. PV-Schwellenwerte) usw.) von Workstation-Terminals an Feldgeräte können E/A-Karten die Feldgerät-Informationen paketieren und die paketierten Feldgerät-Informationen an

mehrere Abschlussmodule kommunizieren. Jedes der Abschlussmodule kann dann die entsprechenden Feldgerät-Informationen aus den paketierten Kommunikationen, die von einer entsprechenden E/A-Karte empfangen wurden, extrahieren oder entpacken und die Feldgerät-Informationen an ein entsprechendes Feldgerät kommunizieren.

[0015] In den hierin beschriebenen gezeigten Beispielen ist ein Abschlussfeld (z. B. ein Schaltschrank) so konfiguriert, dass es mehrere Abschlussmodule empfängt (z. B. mit ihnen verbunden wird), von denen jedes mit einem anderen Feldgerät kommunikativ verbunden ist. Um am Abschlussfeld anzugeben, welche Abschlussmodule mit welchem Feldgerät verbunden sind, ist jedes Abschlussmodul mit einem Abschluss-Labeler (oder Tag-System) versehen. Ein Abschluss-Labeler beinhaltet eine elektronische Anzeige (z. B. eine Flüssigkristallanzeige (LCD)) und Komponenten, die bestimmen, welches Feldgerät oder welche Feldgeräte mit dem Abschlussmodul verbunden ist/sind, das dem Abschluss-Labeler entspricht. In manchen beispielhaften Implementierungen sind Anzeigen am Abschlussfeld anstatt den Abschlussmodulen angebracht. Jede Anzeige ist einer jeweiligen Abschlussmodulbuchse zugeordnet. Auf diese Weise verbleibt beim Entfernen eines Abschlussmoduls aus dem Abschlussfeld eine entsprechende Anzeige in dem Abschlussfeld, die von einem anschließend angeschlossenen Abschlussmodul verwendet werden kann.

[0016] Nun bezugnehmend auf **Fig. 1A** enthält ein beispielhaftes Prozessleitsystem 100 eine Workstation 102, die mit einer Steuereinheit 104 über einen Bus oder ein lokales Netzwerk (LAN) 106, das gewöhnlich als Anwendungssteuernetzwerk bezeichnet wird, kommunikativ verbunden ist. Das LAN 106 kann mithilfe jedes gewünschten Kommunikationsmediums und -protokolls implementiert werden. Beispielsweise kann das LAN 106 auf einem verdrahteten oder drahtlosen Ethernet-Kommunikationsprotokoll basieren. Es kann jedoch ein beliebiges anderes geeignetes verdrahtetes oder drahtloses Kommunikationsmedium und -protokoll verwendet werden. Die Workstation 102 kann so konfiguriert sein, dass sie Arbeitsabläufe im Zusammenhang mit einer oder mehreren Informationstechnologieanwendung(en), benutzerinteraktive Anwendungen und/oder Kommunikationsanwendungen ausführt. Beispielsweise kann die Workstation 102 so konfiguriert sein, dass sie Arbeitsabläufe im Zusammenhang mit Prozesssteuerungsanwendungen und Kommunikationsanwendungen ausführt, mit deren Hilfe die Workstation 102 und die Steuereinheit 104 mit anderen Geräten oder Systemen kommunizieren können, wobei jedes gewünschtes Kommunikationsmedium (z. B. drahtlos, verdrahtet usw.) und Protokoll (z. B. HTTP, SOAP usw.) verwen-

det werden kann. Die Steuereinheit 104 kann so konfiguriert sein, dass sie eine oder mehrere Prozesssteuerungsroutinen oder -funktionen ausführt, die von einem Systemingenieur oder einem anderem Bediener des Systems unter Verwendung von beispielsweise der Workstation 102 oder einer anderen Workstation erstellt wurden, und die in die Steuereinheit 104 heruntergeladen und dort instanziiert wurden. Im gezeigten Beispiel befindet sich die Workstation 102 in einer Steuerzentrale 108 und die Steuereinheit 104 befindet sich in einem von der Schaltzentrale 108 getrennten Prozesssteuereinheit-Bereich 110.

[0017] Im gezeigten Beispiel enthält das beispielhafte Prozessleitsystem 100 Feldgeräte 112a-c in einem ersten Prozessbereich 114 und Feldgeräte 116a-c in einem zweiten Prozesssteuerbereich 118. Zum Kommunizieren von Informationen zwischen der Steuereinheit 104 und den Feldgeräten 112a-c und 116a-c ist das beispielhafte Prozessleitsystem 100 mit Feldverteilerkästen 120a-b und einem Schaltschrank 122 versehen. Jeder der Feldverteilerkästen 120a-b routet Signale von den entsprechenden Feldgeräten 112a-c und 116a-c zum Schaltschrank 122. Der Schaltschrank 122 wiederum rangiert (z. B. organisiert, gruppiert usw.) von den Feldgeräten 112a-c und 116a-c empfangene Informationen und routet die Feldgerät-Informationen an jeweilige E/A-Karten (z. B. E/A-Karten 132a-b und 134a-b) der Steuereinheit 104. Im gezeigten Beispiel erfolgen die Kommunikationen zwischen der Steuereinheit 104 und den Feldgeräten 112a-c und 116a-c in beide Richtungen, so dass der Schaltschrank 122 auch dazu verwendet wird, von den E/A-Karten der Steuereinheit 104 empfangene Informationen über die Feldverteilerkästen 120a-b an die jeweiligen der Feldgeräte 112a-c und 116a-c zu routen.

[0018] Im gezeigten Beispiel sind die Feldgeräte 112a-c über elektrisch leitfähige, drahtlose und oder optische Kommunikationsmedien mit dem Feldverteilerkasten 120a, und die Feldgeräte 116a-c mit dem Feldverteilerkasten 120b kommunikativ verbunden. Beispielsweise können die Feldverteilerkästen 120a-b mit einem oder mehreren elektrischen, drahtlosen und/oder optischen Daten-Transceivern versehen sein, um mit elektrischen, drahtlosen und/oder optischen Transceivern der Feldgeräte 112a-c und 116a-c zu kommunizieren. Im gezeigten Beispiel ist der Feldverteilerkasten 120b drahtlos mit dem Feldgerät 116c kommunikativ verbunden. In einer alternativen beispielhaften Implementierung kann auf den Schaltschrank 122 verzichtet werden und Signale von den Feldgeräten 112a-c und 116a-c können von den Feldverteilerkästen 120a-b direkt zu den E/A-Karten der Steuereinheit 104 geroutet werden. In einer weiteren beispielhaften Implementierung kann auf die Feldverteilerkästen 120a-b verzichtet werden und die Feldgeräte 112a-c und 116a-c kön-

nen direkt mit dem Schaltschrank 122 verbunden werden.

[0019] Die Feldgeräte 112a-c und 116a-c können feldbuskonforme Ventile, Aktoren, Sensoren usw. sein, wobei die Feldgeräte 112a-c und 116a-c dann über digitale Datenbusse mithilfe des gut bekannten FOUNDATION Fieldbus-Kommunikationsprotokolls (z. B. FF-H1) kommunizieren. Selbstverständlich können stattdessen andere Feldgerätyphen und Kommunikationsprotokolle verwendet werden. Beispielsweise können die Feldgeräte 112a-c und 116a-c stattdessen profibuskonforme (z. B. Profibus PA), HART- oder AS-i-konforme Geräte sein, die über den Datenbus mithilfe der gut bekannten Profibus- und HART-Kommunikationsprotokolle kommunizieren. In manchen beispielhaften Implementierung können die Feldgeräte 112a-c und 116a-c Informationen mithilfe analoger Kommunikationen oder diskreter Kommunikationen anstelle von digitalen Kommunikationen kommunizieren. Außerdem können die Kommunikationsprotokolle dazu verwendet werden, Informationen zu kommunizieren, die verschiedenen Datentypen zugeordnet sind.

[0020] Jedes der Feldgeräte 112a-c und 116a-c ist zum Speichern von Feldgerät-Kennungsinformationen konfiguriert. Die Feldgerät-Kennungsinformationen können ein „Physical Device Tag“ (PDT)-Wert, eine Gerätetag-Bezeichnung, eine elektronische Seriennummer usw. sein, die jedes der Feldgeräte 112a-c und 116a-c eindeutig kennzeichnet. Im in **Fig. 1A** gezeigten Beispiel speichern die Feldgeräte 112a-c Feldgerät-Kennungsinformationen in Form der PDT-Werte PDT0-PDT2, und die Feldgeräte 116a-c speichern die Feldgerät-Kennungsinformationen in Form der PDT-Werte PDT3-PDT5. Die Feldgerät-Kennungsinformationen können in den Feldgeräten 112a-c und 116a-c von einem Feldgerätehersteller und/oder von einem an der Installation der Feldgeräte 112a-c und 116a-c beteiligten Bediener oder Ingenieur gespeichert oder programmiert werden.

[0021] Zum Routen von Informationen im Zusammenhang mit den Feldgeräten 112a-c und 116a-c im Schaltschrank 122 ist der Schaltschrank 122 mit mehreren Abschlussmodulen 124a-c und 126a-c versehen. Die Abschlussmodule 124a-c sind so konfiguriert, dass sie die Informationen im Zusammenhang mit den Feldgeräten 112a-c im ersten Prozessbereich 114 rangieren und die Abschlussmodule 126a-c sind so konfiguriert, dass sie die Informationen im Zusammenhang mit den Feldgeräten 116a-c im zweiten Prozessbereich 118 rangieren. Wie gezeigt, sind die Abschlussmodule 124a-c und 126a-c über jeweilige Mehrleiterkabel 128a und 128b (z. B. ein Multibus-Kabel) mit den Feldverteilerkästen 120a-b kommunikativ verbunden. In einer alternativen beispielhaften Implementierung, in der

auf den Schaltschrank 122 verzichtet wird, können die Abschlussmodule 124a-c und 126a-c in den jeweiligen Feldverteilerkästen 120a-b installiert werden.

[0022] Das in **Fig. 1A** gezeigte Beispiel zeigt eine Punkt-zu-Punkt-Konfiguration, in der jeder Leiter oder jedes Leiterpaar (z. B. Bus, Twisted-Pair-Kommunikationsmedium, Doppeldraht-Kommunikationsmedium usw.) in den Mehrleiterkabeln 128a-b Informationen kommuniziert, die einem jeweiligen Feldgerät 112a-c und 116a-c eindeutig zugeordnet sind. Beispielsweise enthält das Mehrleiterkabel 128a einen ersten Leiter 130a, einen zweiten Leiter 130b und einen dritten Leiter 130c. Insbesondere wird er erste Leiter 130a dazu verwendet, einen ersten Datenbus auszubilden, der zum Kommunizieren von Informationen zwischen dem Abschlussmodul 124a und dem Feldgerät 112a konfiguriert ist, der zweite Leiter 130b wird dazu verwendet, einen zweiten Datenbus auszubilden, der zum Kommunizieren von Informationen zwischen dem Abschlussmodul 124b und dem Feldgerät 112b konfiguriert ist, und der dritte Leiter 130c wird dazu verwendet, einen dritten Datenbus auszubilden, der zum Kommunizieren von Daten zwischen dem Abschlussmodul 124c und dem Feldgerät 112c konfiguriert ist. In einer alternativen beispielhaften Implementierung, in der eine Multi-Drop-Verdrahtungskonfiguration verwendet wird, kann jedes der Abschlussmodule 124a-c und 126a-c mit einem oder mehreren Feldgeräten kommunikativ verbunden sein. Beispielsweise kann das Abschlussmodul 124a in einer Multi-Drop-Konfiguration über den ersten Leiter 130a mit dem Feldgerät 112a und einem anderen Feldgerät (nicht gezeigt) kommunikativ verbunden sein. In manchen beispielhaften Implementierungen kann ein Abschlussmodul so konfiguriert sein, dass es drahtlos mithilfe eines drahtlosen vermaschten Netzwerks mit mehreren Feldgeräten kommuniziert.

[0023] Zusätzlich oder alternativ ist in manchen Beispielen ein zweites Feldgerät (nicht gezeigt) als redundantes, zusätzliches oder Ersatz-Feldgerät zusätzlich zu Feldgerät 112a über den ersten Leiter 130a mit dem Abschlussmodul 124a kommunikativ verbunden. In manchen solchen Beispielen ist das Abschlussmodul 124a so konfiguriert, dass es nur mit dem Feldgerät 112a kommuniziert bis die Kommunikation mit dem zusätzlichen Gerät notwendig ist (z. B. wenn das Feldgerät 112a ausfällt, wenn ein Bediener das zusätzliche Gerät als Ersatz für das Feldgerät 112a konfiguriert). Das heißt, dass obwohl zwei Geräte über den ersten Leiter 130a mit dem Abschlussmodul 124a kommunikativ verbunden sind, die Kommunikationen zwischen dem Abschlussmodul 124a und entweder dem Feldgerät 112a oder dem zusätzlichen Feldgerät, im Gegensatz zu einer Multi-Drop-Konfiguration, als Punkt-zu-Punkt-Verbindung wirksam arbeiten. Insbeson-

dere werden alle Kommunikationen an das primäre oder aktive Gerät (z. B. Feldgerät 112a) gerichtet, obwohl das Abschlussmodul 124a das zusätzliche Gerät eventuell feststellt, bis das aktive Gerät ausfällt, woraufhin die Kommunikationen mit dem zusätzlichen Feldgerät aufgenommen werden (entweder automatisch oder auf Veranlassung von Personal in der Prozesssteuerung). In manchen Beispielen wird das zusätzliche Feldgerät in Betrieb genommen und beginnt mit dem Abschlussmodul 124a zu kommunizieren, während sich das ausgefallene Feldgerät 112a noch im Prozessleitsystem befindet (z. B. bevor es tatsächlich entfernt und/oder aus der Logikkonfiguration des Systems gelöscht wird). In manchen solchen Beispielen behält das zusätzliche Feldgerät eine Kennzeichnung „zusätzlich“ bei, bis das Anlagenpersonal das zusätzliche Feldgerät als neues primäres Gerät kennzeichnet. In anderen Beispielen tauscht das Abschlussmodul 124a das zusätzliche Feldgerät automatisch gegen Feldgerät 112a aus, sobald das Feldgerät 112a ausfällt. Für bestimmte Kommunikationsprotokolle (z. B. HART) kann ein zusätzliches Feldgerät in der Regel nicht so konfiguriert werden, dass es die Kommunikation auf diese Weise übernimmt, da einzelne Feldgeräte in Punkt-zu-Punkt-Konfiguration direkt in E/A-Karten kommunikativ verbunden sind. Daher beinhaltet das Ersetzen eines ausgefallenen Feldgeräts in der Regel das tatsächliche Entfernen des Feldgeräts, das Installieren eines neuen Feldgeräts und dann die manuelle Inbetriebnahme des neuen Feldgeräts. In manchen offenbarten Beispielen, die unten ausführlicher beschrieben werden, ist das Feldgerät 112a jedoch durch das Abschlussmodul 124a mit E/A-Karten indirekt über einen universellen E/A-Bus mit hoher Geschwindigkeit verbunden, der genügend Bandweite aufweist, um das Vorhandensein des getrennten zusätzlichen Feldgeräts am ersten Leiter 130a zu bewältigen, wenn es mit einem HART-Protokoll implementiert wird, um den Austausch stark zu beschleunigen. Ein zusätzliches Feldgerät am ersten Leiter 130a kann auch zusätzlich zu oder anstelle von HART für andere Kommunikationsprotokolle (z. B. Profibus PA, FF-H1 usw.) implementiert werden.

[0024] Jedes der Abschlussmodule 124a-c und 126a-c kann so konfiguriert sein, dass es mithilfe eines unterschiedlichen Datentyps mit einem jeweiligen Feldgerät 112a-c und 116a-c kommunizieren kann. Beispielsweise kann das Abschlussmodul 124a eine digitale Feldgerät-Schnittstelle enthalten, um mit dem Feldgerät 112a mithilfe digitaler Daten zu kommunizieren, während das Abschlussmodul 124b eine analoge Feldgerät-Schnittstelle enthalten kann, um mit dem Feldgerät 112b mithilfe analoger Daten zu kommunizieren.

[0025] Um E/A-Kommunikationen zwischen der Steuereinheit 104 (und/oder der Workstation 102) und den Feldgeräten 112a-c und 116a-c zu steuern,

ist die Steuereinheit 104 mit den mehreren E/A-Karten 132a-b und 134a-b versehen. Im gezeigten Beispiel sind die E/A-Karten 132a-b so konfiguriert, dass sie E/A-Kommunikationen zwischen der Steuereinheit 104 (und/oder der Workstation 102) und den Feldgeräten 112a-c im ersten Prozessbereich 114 steuern, und die E/A-Karten 134a-b sind so konfiguriert, dass sie E/A-Kommunikationen zwischen der Steuereinheit 104 (und/oder der Workstation 102) und den Feldgeräten 116a-c im zweiten Prozessbereich 118 steuern.

[0026] Im in **Fig. 1A** gezeigten Beispiel befinden sich die E/A-Karten 132a-b und 134a-b in der Steuereinheit 104. Um Informationen von den Feldgeräten 112a-c und 116a-c an die Workstation 102 zu kommunizieren, kommunizieren die E/A-Karten 132a-b und 134ab Informationen an die Steuereinheit 104, und die Steuereinheit 104 kommuniziert die Informationen an die Workstation 102. Ähnlich kommuniziert die Workstation 102 die Informationen an die Steuereinheit 104, um Informationen von der Workstation 102 an die Feldgeräte 112a-c und 116a-c zu kommunizieren, dann kommuniziert die Steuereinheit 104 die Informationen an die E/A-Karten 132a-b und 134a-b und die E/A-Karten 132a-b und 134a-b kommunizieren die Informationen über die Abschlussmodule 124a-c und 126a-c an die Feldgeräte 112a-c und 116a-c. In einer alternativen beispielhaften Implementierung können die E/A-Karten 132a-b und 134a-b mit dem LAN 106 innerhalb der Steuereinheit 104 kommunikativ verbunden sein, so dass die E/A-Karten 132a-b und 134a-b direkt mit der Workstation 102 und/oder der Steuereinheit 104 kommunizieren können.

[0027] Um einen fehltoleranten Betrieb zu ermöglichen, falls eine der E/A-Karten 132a und 134a ausfällt, sind die E/A-Karten 132b und 134b als redundante E/A-Karten konfiguriert. Das heißt, dass die redundante E/A-Karte 132b die Kontrolle übernimmt, wenn die E/A-Karte 132a ausfällt, und die gleichen Arbeitsabläufe ausführt, die die E/A-Karte 132a andernfalls ausführen würde. Ähnlich übernimmt die redundante E/A-Karte 134b die Kontrolle, falls die E/A-Karte 134a ausfällt.

[0028] Um Kommunikationen zwischen den Abschlussmodulen 124a-c und den E/A-Karten 132a-b und zwischen den Abschlussmodulen 126a-c und den E/A-Karten 134a-b zu ermöglichen, sind die Abschlussmodule 124a-c über einen ersten universellen E/A-Bus 136a mit den E/A-Karten 132a-b kommunikativ verbunden, und die Abschlussmodule 126a-c sind über einen zweiten universellen E/A-Bus 136b mit den E/A-Karten 134a-b kommunikativ verbunden. Im Gegensatz zu den Mehrleiterkabeln 128a und 128b, die für jedes der Feldgeräte 112a-c und 116a-c getrennte Leiter oder Kommunikationsmedien verwenden, ist jeder der universellen E/A-

Busse 136a-b so konfiguriert, dass er Informationen bezüglich mehrerer Feldgeräte (z. B. Feldgeräte 112a-c und 116a-c) mithilfe des gleichen Kommunikationsmediums kommuniziert. Beispielsweise kann das Kommunikationsmedium ein serieller Bus, ein Doppeldraht-Kommunikationsmedium (z. B. Twisted-Pair), ein Lichtwellenleiter, ein paralleler Bus usw. sein, über den Informationen im Zusammenhang mit zwei oder mehr Feldgeräten mithilfe von beispielsweise Kommunikationsverfahren auf Paketbasis, Multiplexing-Kommunikationsverfahren usw. kommuniziert werden können.

[0029] In einer beispielhaften Implementierung sind die universellen E/A-Busse 136ab mithilfe des seriellen Kommunikationsstandard RS-485 implementiert. Der serielle Kommunikationsstandard RS-485 kann so konfiguriert sein, dass er weniger Kommunikationssteuerungs-Overhead (z. B. weniger Kopfzeileninformationen) als andere bekannte Kommunikationsstandards (z. B. Ethernet) verwendet. In anderen beispielhaften Implementierung können die universellen E/A-Busse 136a-b jedoch mithilfe eines anderen geeigneten Kommunikationsstandards, einschließlich Ethernet, USB, IEEE 1394 usw. implementiert werden. Obwohl die universellen E/A-Busse 136a-b oben als verdrahtete Kommunikationsmedien beschrieben wurden, können außerdem in einer anderen beispielhaften Implementierung einer oder beide universellen E/A-Bus(se) 136a-b mithilfe eines drahtlosen Kommunikationsmediums (z. B. drahtloses Ethernet, IEEE -802.11, Wi-Fi®, Bluetooth® usw.) implementiert werden.

[0030] Die universellen E/A-Busse 136a und 136b werden zum Kommunizieren von Informationen auf im Wesentlichen die gleiche Weise verwendet. Im gezeigten Beispiel ist der E/A-Bus 136a so konfiguriert, dass er Informationen zwischen den E/A-Karten 132a-b und den Abschlussmodulen 124a-c kommuniziert. Die E/A-Karten 132a-b und die Abschlussmodule 124a-c verwenden ein Adressschema, damit die E/A-Karten 132a-b feststellen können, welche Informationen welchem der Abschlussmodule 124a-c entsprechen, und damit jedes der Abschlussmodule 124a-c feststellen kann, welche Informationen welchem der Feldgeräte 112a-c entsprechen. Wenn ein Abschlussmodul (z. B. eines der Abschlussmodule 124a-c und 126a-c) mit einer der E/A-Karten 132a-b und 134a-b verbunden ist, erhält diese E/A-Karte automatisch eine Adresse des Abschlussmoduls (von beispielsweise dem Abschlussmodul), um mit dem Abschlussmodul Informationen auszutauschen. Auf diese Weise können die Abschlussmodule 124a-c und 126a-c überall auf den jeweiligen Bussen 136a-b kommunikativ verbunden werden, ohne dass die E/A-Karten 132a-b und 134a-b manuell mit Abschlussmodul-Adressen versorgt werden müssen, und ohne dass jedes der Abschlussmodule

124a-c und 126a-c einzeln mit den E/A-Karten 132a-b und 134a-b verdrahtet werden muss.

[0031] Indem die universellen E/A-Busse 136a-b verwendet werden, ist die Zahl der zum Kommunizieren von Informationen zwischen dem Schaltschrank 122 und der Steuereinheit 104 benötigten Kommunikationsmedien (z. B. Drähten) im Vergleich zu bekannten Konfigurationen wesentlich geringer, die zum Kommunizieren mit einer Steuereinheit ein getrenntes Kommunikationsmedium für jedes Abschlussmodul benötigen. Bei einer geringeren Anzahl von Kommunikationsmedien (z. B. geringere Anzahl von Kommunikationsbussen oder Kommunikationsdrähten) zur kommunikativen Verbindung des Schaltschranks 122 mit der Steuereinheit 104, werden Ingenieurskosten für die Ausgestaltung und das Erstellen von Zeichnungen für die Installierung der Verbindungen zwischen der Steuereinheit 104 und den Feldgeräten 112a-c und 116a-c gesenkt. Außerdem sind bei einer geringeren Anzahl von Kommunikationsmedien wiederum die Installations- und Wartungskosten geringer. Beispielsweise ersetzt einer der E/A-Busse 136a-b mehrere der Kommunikationsmedien, die in bekannten Systemen zum kommunikativen Verbinden von Feldgeräten mit einer Steuereinheit verwendet werden. Anstatt daher eine Vielzahl von Kommunikationsmedien warten zu müssen, um die Feldgeräte 112a-c und 116a-c mit den E/A-Karten 132a-b und 134a-b kommunikativ zu verbinden, erfordert das in **Fig. 1A** gezeigte Beispiel weniger Wartung, indem die E/A-Busse 136a-b verwendet werden. Im Zusammenhang mit auf Feldbussen basierenden Feldgeräten (z. B. Profibus PA-konformen Geräte oder FOUNDATION Fieldbus H1 (FF-H1)-konformen Geräte) werden durch die universellen E/A-Busse 136a-b ferner Kosten im Zusammenhang mit der Anschaffung, Installierung und Wartung anderer Komponenten gesenkt oder eliminiert, die zum Implementieren einer entsprechenden Feldbus-Architektur erforderlich sind. Beispielsweise erfordern sowohl Profibus PA als auch FF-H1, zusätzlich zum Kabel für die Hauptleitung oder das Segment in einer Feldbus-Architektur, in der Regel protokollspezifische E/A-Karten, einen Power-Conditioner (für FF-H1) oder DP/PA-Koppler (für Profibus PA) und Segment-Protectors. Mit Feldbusgeräten, die mit den Abschlussmodulen 124a-c und 126a-c verbunden sind, um über die universellen E/A-Busse 136a-b mit der Steuereinheit zu kommunizieren, werden solche Komponenten jedoch nicht länger benötigt. Außerdem können in manchen Beispielen, in denen jedes Feldbusgerät mit einem entsprechenden Abschlussmodul 124a-c oder 126a-c in einer Punkt-zu-Punkt-Architektur verbunden ist, die Kosten und die Komplexität der Ausgestaltungsarbeiten für Feldbussegmente deutlich gesenkt oder eliminiert werden, da das Rangieren von Gerätesignalen elektronisch gehandhabt wird,

nachdem sie von jedem entsprechenden Abschlussmodul empfangen wurden.

[0032] Zusätzlich ergibt sich aus der geringeren Anzahl von Kommunikationsmedien, die zum kommunikativen Verbinden des Schaltschranks 122 mit den E/A-Karten 132a-b und 134a-b erforderlich sind, mehr verfügbarer Platz für mehr Abschlussmodule (z. B. die Abschlussmodule 124a-c und 126a-c) und somit eine höhere E/A-Dichte des Schaltschranks 122 im Vergleich zu bekannten Systemen. Im in **Fig. 1A** gezeigten Beispiel kann der Schaltschrank 122 eine Anzahl von Abschlussmodulen aufnehmen, für die in einer bekannten Systemimplementierung andernfalls mehr Schaltschränke (z. B. drei Schaltschränke) benötigt würden. Außerdem kann der Schaltschrank 122 in manchen Beispielen eine größere Anzahl von Abschlussmodulen 124a-c aufnehmen, die einer höheren Anzahl von Feldgeräten 112a-c entsprechen, die Daten über einen einzigen universellen E/A-Bus 136a kommunizieren, als die Anzahl von Feldgeräten, die Daten über andere Arten von Buskommunikation kommunizieren. Beispielsweise ist ein Feldbussegment in der Regel auf das Übertragen von Signalen für bis zu 16 Feldgeräte begrenzt. Im Gegensatz dazu kann in manchen Beispielen einer der universellen E/A-Busse 136a-b Kommunikationen für bis zu 96 Abschlussmodule 124a-c und 126a-c vorsehen.

[0033] Anhand der Abschlussmodule 124a-c und der Abschlussmodule 126a-c, die so konfiguriert sein können, dass sie unterschiedliche Datentyp-Schnittstellen, (z. B. verschiedene Kanaltypen) verwenden, um mit den Feldgeräten 112a-c und 116a-c zu kommunizieren, und die so konfiguriert sind, dass sie entsprechende gemeinsame E/A-Busse 136a und 136b verwenden, um mit den E/A-Karten 132a-b und 134a-b zu kommunizieren, können die Daten im in **Fig. 1A** gezeigten Beispiel, die verschiedenen Feldgerät-Datentypen zugeordnet sind (z. B. den Datentypen oder Kanaltypen, die von den Feldgeräten 112a-c und 116a-c verwendet werden) an die E/A-Karten 132a-b und 134a-b geroutet werden, ohne mehrere verschiedene Feldgerät-Schnittstellentypen auf den E/A-Karten 132a-b und 134a-b implementieren zu müssen. Daher kann eine E/A-Karte mit einem Schnittstellentyp (z. B. einem E/A-Bus-Schnittstellentyp zum Kommunizieren über den E/A-Bus 136a und/oder den E/A-Bus 136b) mit mehreren Feldgeräten kommunizieren, die verschiedene Feldgerät-Schnittstellentypen aufweisen.

[0034] Mithilfe des E/A-Busses 136a und/oder des E/A-Busses 136b zum Austausch von Informationen zwischen der Steuereinheit 104 und den Abschlussmodulen 124a-c und 126a-c kann das Routing der Verbindung vom Feldgerät zur E/A-Karte spät in der Ausgestaltung oder einem Installationsprozess festgelegt werden. Beispielsweise können die

Abschlussmodule 124a-c und 126a-c an verschiedenen Orten im Schaltschrank 122 angebracht werden, während der Zugang zu einem entsprechenden der E/A-Busse 136a und 136b aufrechterhalten wird.

[0035] Im gezeigten Beispiel erleichtern der Schaltschrank 122, die Abschlussmodule 124a-c und 126a-c, die E/A-Karten 132a-b und 134a-b und die Steuereinheit 104 das Migrieren bestehender Prozessleitsystem-Installationen zu einer Konfiguration, die der Konfiguration des beispielhaften Prozessleitsystems 100 in **Fig. 1A** im Wesentlichen ähnlich ist. Da beispielsweise die Abschlussmodule 124a-c und 126a-c so konfiguriert sein können, dass sie jeden geeigneten Feldgerät-Schnittstellentyp enthalten, können die Abschlussmodule 124a-c und 126a-c so konfiguriert sein, dass sie mit bestehenden Feldgeräten, die bereits in einem Prozessleitsystem installiert sind, kommunikativ verbunden sind. Ähnlich kann die Steuereinheit 104 so konfiguriert sein, dass sie eine bekannte LAN-Schnittstelle enthält, um über ein LAN mit einer bereits installierten Workstation zu kommunizieren. In manchen beispielhaften Implementierungen können die E/A-Karten 132a-b und 134a-b in bekannten Steuereinheiten installiert oder mit ihnen kommunikativ verbunden werden, so dass in einem Prozessleitsystem bereits installierte Steuereinheiten nicht ersetzt werden müssen.

[0036] Im gezeigten Beispiel enthält die E/A-Karte 132a eine Datenstruktur 133 und die E/A-Karte 134a enthält eine Datenstruktur 135. Die Datenstruktur 133 speichert die Feldgerät-Kennnummern (z. B. Feldgerät-Kennungsinformationen) für die Feldgeräte (z. B. die Feldgeräte 112a-c), die der Kommunikation mit der E/A-Karte 132a über den universellen E/A-Bus 136a zugeordnet sind. Die Abschlussmodule 124a-c können anhand der in der Datenstruktur 133 gespeicherten Feldgerät-Kennnummern feststellen, ob ein Feldgerät mit einem der Abschlussmodule 124a-c falsch verbunden ist. Die Datenstruktur 135 speichert die Feldgerät-Kennnummern (z. B. Feldgerät-Kennungsinformationen) für die Feldgeräte (z. B. die Feldgeräte 116a-c), die der Kommunikation mit der E/A-Karte 134a über den universellen E/A-Bus 136b zugeordnet sind. Die Datenstrukturen 133 und 135 können über die Workstation 102 während einer Konfigurationszeit oder während des Betriebs des beispielhaften Prozessleitsystems 100 von Ingenieuren, Bedienern und/oder Benutzern bestückt werden. In manchen Beispielen können die Abschlussmodule 124a-c mit mehreren Feldgeräten (z. B. einem aktiven Feldgerät und einem redundanten oder zusätzlichen Feldgerät) kommunikativ verbunden sein. In solchen Beispielen speichert die Datenstruktur 135 die Feldgerät-Kennnummern für jedes Feldgerät (z. B. die Feldgeräte 116a-c und die entsprechenden zusätzlichen Feldgeräte). Obwohl nicht gezeigt, speichert die redundante E/A-Karte 132b eine Datenstruktur, die mit der Daten-

struktur 133 identisch ist, und die redundante E/A-Karte 134b speichert eine Datenstruktur 135, die mit der Datenstruktur 135 identisch ist. Zusätzlich oder alternativ können die Datenstrukturen 133 und 135 in der Workstation 102 gespeichert werden.

[0037] Im gezeigten Beispiel ist der Schaltschrank 122 in einem Abschlussbereich 140 getrennt vom Prozesssteuerbereich 110 dargestellt. Wenn E/A-Busse 136a-b anstelle von wesentlich mehr Kommunikationsmedien (z. B. mehreren Kommunikationsbussen, die jeweils eindeutig mit einem der Feldgeräte 112a-c und 116a-c oder einer begrenzten Gruppe dieser entlang eines Multi-Drop-Segments zugeordnet sind) verwendet werden, um die Abschlussmodule 124a-c und 126a-c kommunikativ mit der Steuereinheit 104 zu verbinden, kann die Steuereinheit 104 leichter in einer relativ größeren Entfernung vom Schaltschrank 122 positioniert werden als in bekannten Konfigurationen, ohne die Zuverlässigkeit der Kommunikationen erheblich zu beeinträchtigen. In manchen beispielhaften Implementierungen können der Prozesssteuerbereich 110 und der Abschlussbereich 140 so kombiniert werden, dass sich der Schaltschrank 122 und die Steuereinheit 104 im gleichen Bereich befinden. In allen Fällen können durch das Platzieren des Schaltschranks 122 und der Steuereinheit 104 in von den Prozessbereichen 114 und 118 getrennten Bereichen die E/A-Karten 132a-b und 134a-b, die Abschlussmodule 124a-c und 126a-c und die universellen E/A-Busse 136a-b von rauen Umgebungsbedingungen (z. B. Hitze, Feuchtigkeit, elektromagnetische Störungen usw.) getrennt werden, die eventuell in den Prozessbereichen 114 und 118 herrschen. Auf diese Weise können die Kosten und die Komplexität der Ausgestaltung und der Fertigung der Abschlussmodule 124a-c und 126a-c und der E/A-Karten 132a-b und 134a-b im Vergleich zu den Herstellungskosten für Kommunikations- und Steuerkreise für die Feldgeräte 112a-c und 116a-c wesentlich gesenkt werden, da die Abschlussmodule 124a-c und 126a-c und die E/A-Karten 132a-b und 134a-b keine betriebsspezifischen Eigenschaften erfordern (z. B. Abschirmung, robustere Schaltungen, komplexere Fehlerprüfung usw.) für einen zuverlässigen Betrieb (z. B. zuverlässige Datenkommunikationen) erfordern, wie es andernfalls für den Betrieb unter den Umgebungsbedingungen der Prozessbereiche 114 und 118 notwendig wäre.

[0038] **Fig. 1B-1D** zeigen alternative beispielhafte Implementierungen mit denen Workstations, Steuereinheiten und E/A-Karten kommunikativ miteinander verbunden werden können. Beispielsweise ist im in **Fig. 1B** gezeigten Beispiel eine Steuereinheit 152 (die im Wesentlichen die gleichen Funktionen wie die Steuereinheit 104 in **Fig. 1A** ausführt) über einen Backplane-Kommunikationsbus 158 mit den E/A-Karten 154a-b und 156a-b kommunikativ ver-

bunden. Die E/A-Karten 154a-b und 156a-b führen im Wesentlichen die gleichen Funktionen wie die E/A-Karten 132a-b und 134a-b in **Fig. 1A** aus und sind so konfiguriert, dass die mit den universellen E/A-Bussen 136a-b kommunikativ verbunden sind, um mit den Abschlussmodulen 124a-c und 126a-c Informationen austauschen. Um mit der Workstation 102 zu kommunizieren, ist die Steuereinheit 152 über das LAN 106 mit der Workstation 102 kommunikativ verbunden.

[0039] In einem anderen in **Fig. 1C** gezeigten Beispiel ist eine Steuereinheit 162 (die im Wesentlichen die gleichen Funktionen wie die Steuereinheit 104 in **Fig. 1A** ausführt) über das LAN 106 mit der Workstation 102 und mehreren E/A-Karten 164a-b und 166a-b kommunikativ verbunden. Die E/A-Karten 164a-b und 166a-b führen im Wesentlichen die gleichen Funktionen wie die E/A-Karten 132a-b und 134a-b in **Fig. 1A** aus und sind so konfiguriert, dass die mit den universellen E/A-Bussen 136a-b kommunikativ verbunden sind, um mit den Abschlussmodulen 124a-c und 126a-c Informationen austauschen. Im Gegensatz zu den E/A-Karten 132a-b und 134a-b in **Fig. 1A** und den E/A-Karten 154a-b und 156a-b in **Fig. 1B**, sind die E/A-Karten 164a-b und 166a-b jedoch so konfiguriert, dass sie über das LAN 106 mit der Steuereinheit 162 und der Workstation 102 kommunizieren. Auf diese Weise können die E/A-Karten 164a-b und 166a-b Informationen direkt mit der Workstation 102 austauschen.

[0040] In einem noch anderen in **Fig. 1D** gezeigten Beispiel sind die E/A-Karten 174a-b und 176a-b (die im Wesentlichen die gleichen Funktionen wie die E/A-Karten 132a-b und 134a-b in **Fig. 1A** ausführen) in einer Workstation 172 implementiert (die im Wesentlichen die gleichen Funktionen wie die Workstation 102 in **Fig. 1A** ausführt). In manchen beispielhaften Implementierungen sind die physikalischen E/A-Karten 174a-b und 176a-b nicht in der Workstation 172 enthalten, die Funktionalität der E/A-Karten 174a-b und 176a-b wird jedoch in der Workstation 172 implementiert. Im in **Fig. 1D** gezeigten Beispiel sind die E/A-Karten 174a-b und 176a-b so konfiguriert, dass sie mit den universellen E/A-Bussen 136a-b kommunikativ verbunden sind, um mit den Abschlussmodulen 124a-c und 126a-c Informationen auszutauschen. Auch kann die Workstation 172 im in **Fig. 1D** gezeigten Beispiel so konfiguriert sein, dass sie im Wesentlichen die gleichen Funktionen wie die Steuereinheit 104 ausführt, so dass zum Ausführen einer Prozessleitstrategie keine Steuereinheit vorgesehen werden muss. Es kann jedoch eine Steuereinheit vorgesehen sein.

[0041] **Fig. 2** ist eine detaillierte Darstellung des beispielhaften Schaltschranks 122 in **Fig. 1A**. Im gezeigten Beispiel ist der Schaltschrank 122 mit Buchsenleisten 202a und 202b versehen, um die

Abschlussmodule 124a-c aufzunehmen. Außerdem ist der Schaltschrank 122 mit einem E/A-Bus-Transceiver 206 versehen, der die Abschlussmodule 124a-c mit dem oben in Zusammenhang mit **Fig. 1A** beschriebenen universellen E/A-Bus 136a kommunikativ verbindet. Der E/A-Bus-Transceiver 206 kann mithilfe eines Transmitterverstärkers und eines Empfängerverstärkers implementiert werden, der zwischen den Abschlussmodulen 124a-c und den E/A-Karten 132a-b ausgetauchte Signale aufbereitet. Der Schaltschrank 122 ist mit einem anderen universellen E/A-Bus 208 versehen, der die Abschlussmodule 124a-c mit dem E/A-Bus-Transceiver 206 kommunikativ verbindet. Im gezeigten Beispiel ist der E/A-Bus-Transceiver 206 so konfiguriert, dass er Informationen mithilfe eines verkabelten Kommunikationsmediums kommuniziert. Obwohl nicht gezeigt, kann der Schaltschrank 122 mit einem anderen E/A-Bus-Transceiver versehen sein, der dem E/A-Bus-Transceiver 206 im Wesentlichen ähnlich oder mit diesem identisch ist, um die Abschlussmodule 126a-c mit den E/A-Karten 134a-b kommunikativ zu verbinden.

[0042] Mithilfe einer gemeinsamen Kommunikationsschnittstelle (z. B. E/A-Bus 208 und E/A-Bus 136a) zum Austauschen von Informationen zwischen den E/A-Karten 132a-b und den Abschlussmodulen 124a-c kann das Routing der Verbindung vom Feldgerät zur E/A-Karte spät in der Ausgestaltung oder einem Installationsprozess festgelegt werden. Beispielsweise können die Abschlussmodule 124a-c mit dem E/A-Bus 208 an verschiedenen Stellen (z. B. verschiedenen Abschlussmodulbuchsen der Buchsenleisten 202a-b) im Schaltschrank 122 kommunikativ verbunden sein. Außerdem reduziert die gemeinsame Kommunikationsschnittstelle (z. B. die E/A-Karte 208 und der E/A-Bus 136a) zwischen den E/A-Karten 132a-b und den Abschlussmodulen 124a-c die Anzahl der Kommunikationsmedien (z. B. die Anzahl der Kommunikationsbusse und/oder Drähte) zwischen den E/A-Karten 132a-b und den Abschlussmodulen 124a-c, wodurch die Installation von relativ mehr Abschlussmodulen 124a-c (und/oder Abschlussmodulen 126a-c) im Schaltschrank 122 möglich ist, als die Anzahl bekannter Abschlussmodule, die in bekannten Schaltschrankkonfigurationen installiert werden kann.

[0043] Um die Feldgerät-Kennungsinformationen und/oder andere Feldgerät-Informationen bezüglich der Abschlussmodule 124a-c anzeigen zu können, ist jedes der Abschlussmodule 124a-c mit einer Anzeige 212 (z. B. einer elektronischen Abschlussmarkierung) versehen. Die Anzeige 212 des Abschlussmoduls 124a zeigt die Feldgerätkennung (z. B. ein Feldgerätetag) des Feldgeräts 112a (**Fig. 1A**) an. Außerdem kann die Anzeige 212 des Abschlussmoduls 124a dazu verwendet werden, die Feldgerät-Aktivitätsinformationen (z. B. Messinfor-

mationen, Leitungsspannungen usw.), Datentyplinformationen (z. B. analoges Signal, digitales Signal usw.), Feldgerät-Statusinformationen (z. B. Gerät eingeschaltet, Gerät ausgeschaltet, Gerätefehler usw.) und/oder andere Feldgerät-Informationen anzuzeigen. Wenn das Abschlussmodul 124a so konfiguriert ist, dass es mit mehreren Feldgeräten (z. B. Feldgerät 112a in **Fig. 1A** und anderen Feldgeräten (nicht gezeigt)) kommunikativ verbunden ist, kann die Anzeige 212 dazu verwendet werden, Feldgerät-Informationen für alle Feldgeräte anzuzeigen, die mit dem Abschlussmodul 124 kommunikativ verbunden sind. Im dargestellten Beispiel sind die Anzeigen 212 mittels Flüssigkristallanzeigen (LCDs) implementiert. In anderen beispielhaften Implementierungen können die Anzeigen 212 jedoch mittels einer beliebigen anderen geeigneten Anzeigetechnologie implementiert werden.

[0044] Um die Feldgerät-Kennungsinformationen und/oder andere Feldgerät-Informationen abrufen zu können, ist jedes der Abschlussmodule 124a-c mit einem Markierer 214 (z. B. einem Abschluss-Labeler) versehen. Wenn beispielsweise das Feldgerät 112a mit dem Abschlussmodul 124a kommunikativ verbunden ist, ruft der Labeler 214 des Abschlussmoduls 124a die Feldgerät-Kennungsinformationen und/oder andere Feldgerät-Informationen vom Feldgerät 112a (und/oder anderen Feldgeräten, die mit dem Abschlussmodul 124a kommunikativ verbunden sind) ab und zeigt die Informationen über die Anzeige 212 des Abschlussmoduls 124a an. Die Labeler 214 werden unten im Zusammenhang mit **Fig. 8** ausführlich beschrieben. Mithilfe der Anzeige 212 und des Labelers 214 werden Kosten und die Installationszeit für das manuelle Anbringen von Markierungen an Drähten und/oder Bussen, die Abschlussmodulen und Feldgeräten zugeordnet sind, reduziert. In manchen beispielhaften Implementierungen kann jedoch auch manuelle Markierung bezüglich der Anzeige 212 und des Labelers 214 erfolgen. Beispielsweise können die Feldgeräte 112a-c und 116a-c mit den E/A-Karten 132a-b und 134a-b relativ schnell kommunikativ verbunden werden, indem mithilfe der Anzeige 212 und des Labelers 214 festgestellt wird, welches der Feldgeräte 112a-c und 116a-c mit jedem der Abschlussmodule 124a-c und 126a-c verbunden ist. Nach abgeschlossener Installation können später optional Markierungen zu den Bussen oder Drähten hinzugefügt werden, die sich zwischen Abschlussmodulen 124a-c und 126a-c und den Feldgeräten 112a-c und 116a-c erstrecken. Die Anzeige 212 und der Labeler 214 können auch Kosten und Zeit im Zusammenhang mit Wartungsarbeiten reduzieren, indem die Anzeige 212 und der Labeler 214 so konfiguriert werden, dass sie Statusinformationen (z. B. Gerätefehler, Gerätealarm, Gerät eingeschaltet, Gerät ausgeschaltet, Gerät außer Betrieb usw.) anzeigen, um einen Fehlersuchvorgang zu erleichtern.

[0045] Um die Abschlussmodule 124a-c, den E/A-Bus-Transceiver 206 und die Anzeigen 212 mit elektrischem Strom zu versorgen, ist der Schaltschrank 122 mit einer Stromquelle 216 versehen. Im gezeigten Beispiel verwenden die Abschlussmodule 124a-c den elektrischen Strom von der Stromquelle 216, um Kommunikationskanäle oder Kommunikationsschnittstellen, die zum Kommunizieren mit Feldgeräten verwendet werden (z. B. den Feldgeräten 112a-c in **Fig. 1A**) zu betreiben und/oder die Feldgeräte mit elektrischem Strom für den Betrieb zu versorgen. Außerdem ist der Schaltschrank 122 in einigen Beispielen mit einem Power-Conditioner 218 versehen, um den Strom aufzubereiten oder zu regulieren, mit dem jedes Abschlussmodul 124a-c entlang der Buchsenleisten 202a-b versehen wird. In manchen Beispielen können die Abschlussmodule 124a-c von einer externen Stromquelle und/oder einem Power-Conditioner über einen integrierten Strominkjektionsbus betrieben werden, der mit den Buchsenleisten 202a-b kommunikativ verbunden sind.

[0046] **Fig. 3** zeigt einen weiteren beispielhaften Schaltschrank 300, der zum Implementieren des beispielhaften Schaltschranks 122 in **Fig. 1A** verwendet werden kann. Im gezeigten Beispiel ist der Schaltschrank 300 mit einer drahtlosen E/A-Bus-Kommunikationssteuerung 302 vorgesehen, um drahtlos über eine drahtlose universelle E/A-Verbindung 304 mit der Steuereinheit 104 in **Fig. 1A** zu kommunizieren. Wie in **Fig. 3** gezeigt, werden mehrere Abschlussmodule 306 auf im Wesentlichen ähnliche oder gleiche Weise wie die Abschlussmodule 124a-c und 126a-c in **Fig. 1A** in die Leistenbuchsen 308a und 308b eingesteckt und über einen universellen E/A-Bus 309 im Schaltschrank 300 mit der drahtlosen E/A-Bus-Kommunikationssteuerung 302 kommunikativ verbunden. Im gezeigten Beispiel ahmt die drahtlose E/A-Bus-Kommunikationssteuerung 302 eine E/A-Karte (z. B. die E/A-Karte 134a in **Fig. 1A**) der Steuereinheit 104 in **Fig. 1A** nach, damit die Abschlussmodule 306 mit der Steuereinheit 104 kommunizieren können.

[0047] Im Gegensatz zum in **Fig. 2** gezeigten Beispiel, in dem die Anzeigen 212 an den Abschlussmodulen 124a-c angebracht sind, sind im in **Fig. 3** gezeigten Beispiel mehrere Anzeigen 310 im Schaltschrank 300 in Verbindung mit Buchsen angebracht, die die Abschlussmodule aufnehmen. Wenn eines der Abschlussmodule 306 eingesteckt und mit einem Feldgerät (z. B. einem der Feldgeräte 112a-c und 116a-c in **Fig. 1A**) kommunikativ verbunden ist, kann auf diese Weise ein Labeller 214 des Abschlussmoduls 306 und ein entsprechender der Anzeigen 310 dazu verwendet werden, die Feldgerät-Kennungsinformationen anzuzeigen, die das mit dem Abschlussmodul 306 verbundene Feldgerät bezeichnen. Die Anzeigen 310 können auch dazu verwendet werden, beliebige andere Feldgerät-Infor-

mationen anzuzeigen. Der Schaltschrank 300 ist mit einer Stromquelle 312 versehen, die der Stromquelle 216 in **Fig. 2** im Wesentlichen ähnlich oder mit dieser identisch ist. Ferner ist der Schaltschrank 300 in manchen Beispielen mit einem Power-Conditioner 314 versehen, der dem Power Conditioner 218 in **Fig. 2** im Wesentlichen ähnlich oder mit diesem identisch ist.

[0048] **Fig. 4** zeigt eine Ansicht von oben und **Fig. 5** eine Seitenansicht des beispielhaften Abschlussmoduls 124a in **Fig. 1A** und **Fig. 2**. Im in **Fig. 4** gezeigten Beispiel ist die Anzeige 212 auf einer oberen Oberfläche des beispielhaften Abschlussmoduls 124a angeordnet, so dass die Anzeige 212 während des Betriebs für einen Bediener oder Benutzer sichtbar ist, wenn das Abschlussmodul 124a in die Leistenbuchse 202a (**Fig. 3**) eingesteckt ist. Wie im in **Fig. 5** dargestellten Beispiel gezeigt, ist das beispielhafte Abschlussmodul 124a entferbar an einer Basiseinheit 402 befestigt. Das beispielhafte Abschlussmodul 124a beinhaltet mehrere Kontakte 404 (von denen zwei gezeigt sind), die das Abschlussmodul 124a mit der Basiseinheit 402 kommunikativ verbinden und/oder elektrisch verbinden. Auf diese Weise kann die Basiseinheit 402 mit dem Schaltschrank 122 verbunden werden (**Fig. 1A** und **Fig. 2**) und das Abschlussmodul 124a kann über die Basiseinheit 402 mit dem Schaltschrank 122 verbunden oder von diesem entfernt werden. Die Basiseinheit 402 ist mit Abschlusssschrauben 406 versehen (z. B. einer Feldgerät-Schnittstelle), um leitende Kommunikationsmedien (z. B. einen Bus) vom Feldgerät 112a zu befestigen oder zu sichern. Wenn das Abschlussmodul 124a mit der Basiseinheit 402 entferbar verbunden ist, sind die Abschlusssschrauben 406 mit einem oder mehreren Kontakten 404 kommunikativ verbunden, um Kommunikationsinformationen zwischen dem Abschlussmodul 124a und dem Feldgerät 112a zu ermöglichen. In anderen beispielhaften Implementierungen kann die Basiseinheit 402 anstelle der Abschlusssschrauben 406 mit einem anderen geeigneten Feldgerät-Schnittstellentyp (z. B. einer Buchse) versehen sein. Obwohl eine Feldgerät-Schnittstelle (z. B. die Abschlusssschrauben 406) gezeigt ist, kann die Basiseinheit 402 außerdem mit mehr Feldgerät-Schnittstellen versehen sein, die so konfiguriert sind, dass mehrere Feldgeräte mit dem Abschlussmodul 124a kommunikativ verbunden werden können.

[0049] Um das Abschlussmodul 124a mit dem universellen E/A-Bus 208 in **Fig. 2** kommunikativ zu verbinden, ist die Basiseinheit 402 mit einem universellen E/A-Bus-Anschluss 408 versehen (**Fig. 5**). Wenn ein Benutzer die Basiseinheit 402 in die Buchsenleiste 202a oder die Buchsenleiste 202b (**Fig. 2**) einsteckt, verbindet sich der universelle E/A-Bus 208 mit dem universellen E/A-Bus-Anschluss 408. Der universelle E/A-Bus-Anschluss 408 kann mithilfe einer

beliebigen geeigneten Schnittstelle implementiert werden, die eine relativ einfache Schnittstelle wie beispielsweise ein isolierender Schneidklemmstecker sein. Damit Informationen zwischen dem Abschlussmodul 124a und dem E/A-Bus 208 kommuniziert werden können, ist der E/A-Bus-Anschluss 408 mit einem oder mehreren der Kontakten 404 des Abschlussmoduls 124a verbunden.

[0050] Wie in **Fig. 5** gezeigt, kann die Basiseinheit 402 auch mit einem optionalen Anzeigeschnittstellenanschluss 410 versehen sein, um das Abschlussmodul 124a mit einer externen Anzeige (z. B. einer der Anzeige 310 in **Fig. 3**) kommunikativ zu verbinden. Wenn das Abschlussmodul 124a beispielsweise ohne die Anzeige 212 implementiert wird, kann das Abschlussmodul 124a anhand des Anzeigeschnittstellenanschlusses 410 Feldgerät-Kennungsinformationen oder andere Feldgerät-Informationen an eine externe Anzeige (z. B. einer der Anzeigen 310 in **Fig. 3**) ausgeben.

[0051] **Fig. 6** ist ein detailliertes Blockschaltbild des beispielhaften Abschlussmoduls 124a in **Fig. 1A**, und **Fig. 2**, **Fig. 7** ist ein detailliertes Blockschaltbild der beispielhaften E/A-Karte 132a in **Fig. 1A**, und **Fig. 8** ist ein detailliertes Blockschaltbild des beispielhaften Labellers 214 in **Fig. 2**, **Fig. 3** und **Fig. 6**. Das beispielhafte Abschlussmodul 124a, die beispielhafte E/A-Karte 132a und der beispielhafte Labeller 214 können mithilfe jeder gewünschten Kombination von Hardware, Firmware und/oder Software implementiert werden. Beispielsweise können eine oder mehrere integrierte Schaltungen, diskrete Halbleiterkomponenten oder passive elektronische Komponenten verwendet werden. Zusätzlich oder alternativ können einige oder alle der Blöcke des beispielhaften Abschlussmoduls 124a, der beispielhaften E/A-Karte 132a und des beispielhaften Labellers 214 oder Teile davon anhand von Anweisungen, Code und/oder anderer Software und/oder Firmware usw. implementiert werden, die auf einem maschinenerfassbaren Medium gespeichert sind, das bei Ausführung durch beispielsweise ein Prozessorsystem (z. B. das beispielhafte Prozessorsystem 1610 in **Fig. 16**), die in den Flussdiagrammen in **Fig. 10A**, **Fig. 10B**, **Fig. 11A**, **Fig. 11B** und **Fig. 12** dargestellten Arbeitsabläufe ausführt. Obwohl das beispielhafte Abschlussmodul 124a, die beispielhafte E/A-Karte 132a und der beispielhafte Labeller 214 in der Beschreibung unten einen von jedem der Blöcke aufweisen, können das beispielhafte Abschlussmodul 124a, die beispielhafte E/A-Karte 132a und/oder der beispielhafte Markierer 214 mit zwei oder mehr der unten beschriebenen jeweiligen Blöcke versehen sein.

[0052] Bezugnehmend auf **Fig. 6** enthält das beispielhafte Abschlussmodul 124a eine universelle E/A-Bus-Schnittstelle 602, damit das beispielhafte

Abschlussmodul 124a mit den E/A-Karten 132a-b in **Fig. 1A** (oder mit anderen E/A-Karten) kommunizieren kann. Die E/A-Bus-Schnittstelle 602 kann beispielsweise mithilfe des seriellen Kommunikationsstandards RS-485, Ethernet usw. implementiert werden. Um eine Adresse des Abschlussmoduls 124a und/oder eine Adresse der E/A-Karte 132a zu bestimmen, ist das Abschlussmodul 124a mit einem Adressenbezeichner 604 versehen. Der Adressenbezeichner 604 kann so konfiguriert sein, dass er die E/A-Karte 132a (**Fig. 1A**) für eine Abschlussmodul-Adresse (z. B. eine Netzwerkadresse) abfragt, wenn das Abschlussmodul 124a in den Schaltschrank 122 eingesteckt ist. Auf diese Weise kann das Abschlussmodul 124a die Abschlussmodul-Adresse als Ursprungsadresse verwenden, wenn es Informationen an die E/A-Karte 132a kommuniziert, und die E/A-Karte 132a verwendet die Abschlussmoduladresse als Zieladresse, wenn sie Informationen an das Abschlussmodul 124a kommuniziert.

[0053] Um die verschiedenen Arbeitsabläufe des Abschlussmoduls 124a zu steuern, ist das Abschlussmodul 124a mit einer Betriebssteuereinheit 606 versehen. In einer beispielhaften Implementierung kann die Betriebssteuereinheit mithilfe eines Mikroprozessors oder eines Mikrocontrollers implementiert werden. Die Betriebssteuereinheit 606 kommuniziert Anweisungen oder Befehle an andere Teile des beispielhaften Abschlussmoduls 124a, um die Arbeitsabläufe dieser Teile zu steuern.

[0054] Das beispielhafte Abschlussmodul 124a ist mit einem E/A-Bus-Kommunikationsprozessor 608 versehen, um über den universellen E/A-Bus 136a Informationen mit der E/A-Karte 132a auszutauschen. Im gezeigten Beispiel paketiert der E/A-Bus-Kommunikationsprozessor 608 Informationen für die Übertragung an die E/A-Karte 132a und entpackt von der E/A-Karte 132a empfangene Informationen. Im gezeigten Beispiel erzeugt der E/A-Bus-Kommunikationsprozessor 608 Kopfzeileninformationen für jedes zu übertragende Paket und liest Kopfzeileninformationen von empfangenen Paketen. Beispieldhafte Kopfzeileninformationen beinhalten eine Zieladresse (z. B. die Netzwerkadresse der E/A-Karte 132a), eine Ursprungsadresse (z. B. die Netzwerkadresse des Abschlussmoduls 124a), einen Pakettyp oder Datentyp (z. B. analoge Feldgerät-Informationen, Feldgerät-Informationen, Befehlsinformationen, Temperaturinformationen, Echtzeit-Datenwerte usw.) und Fehlerprüfinformationen (z. B. zyklische Redundanzprüfung (CRC)). In manchen beispielhaften Implementierungen können der E/A-Bus-Kommunikationsprozessor 608 und die Betriebssteuereinheit 606 mithilfe des gleichen Mikroprozessors oder Mikrocontrollers implementiert werden.

[0055] Um Feldgerät-Kennungsinformationen und/oder andere Feldgerät-Informationen (z. B. Aktivitätsinformationen, Datentypinformationen dem Statusinformationen usw.) vorzusehen, ist das Abschlussmodul 124a mit dem Labeller 214 (**Fig. 2** und **Fig. 3**) versehen. Der Labeller 214 wird unten im Zusammenhang mit **Fig. 8** ausführlich beschrieben. Das Abschlussmodul 124a beinhaltet auch die Anzeige 212 (**Fig. 2**) zum Anzeigen der Feldgerät-Kennungsinformationen und/oder anderer Feldgerät-Informationen die vom Labeller 214 geliefert werden.

[0056] Um die Strommenge zu steuern, die an das Feldgerät 112a in **Fig. 1A** (oder ein anderes Feldgerät) abgegeben wird, ist das Abschlussmodul 124a mit einer Feldstrom-Steuereinheit 610 versehen. Im gezeigten Beispiel liefert die Stromquelle 216 im Schaltschrank 122 (**Fig. 2**) elektrischen Strom an das Abschlussmodul 124a, um eine Kommunikationskanal-Schnittstelle zum Kommunizieren mit dem Feldgerät 112a zu betreiben. Beispielsweise kommunizieren manche Feldgeräte bei 12 Volt und andere kommunizieren bei 24 Volt. Im gezeigten Beispiel ist die Feldstrom-Steuereinheit 610 so konfiguriert, dass sie den von der Stromquelle 216 an das Abschlussmodul 124a gelieferten elektrischen Strom aufbereitet, regelt und herauf- und/oder heruntertransformiert. In manchen Beispielen wird das Power-Conditioning über den zum Schaltschrank gehörenden Power-Conditioner 218 erzielt (**Fig. 2**). Im manchen beispielhaften Implementierungen ist die Feldstrom-Steuereinheit 610 so konfiguriert, dass sie die elektrische Strommenge begrenzt, die zum Kommunizieren mit den Feldgeräten verwendet und/oder an die Feldgeräte geliefert wird, um in entzündlichen oder brennbaren Umgebungen die Funkengefahr wesentlich zu reduzieren oder zu eliminieren.

[0057] Um den von der Stromquelle 216 (**Fig. 2**) empfangenen Strom in elektrischen Strom für das Abschlussmodul 124a und/oder das Feldgerät 112a umzuwandeln, ist das Abschlussmodul 124a mit einem Stromwandler 612 versehen. Im gezeigten Beispiel setzt die zum Implementieren des Abschlussmoduls 124a verwendete Schaltung ein oder mehrere Spannungsniveaus (z. B. 3,3 V) ein, die sich von den vom Feldgerät 112a benötigten Spannungsniveaus unterscheiden. Der Stromwandler 612 ist so konfiguriert, dass er die verschiedenen Spannungsniveaus für das Abschlussmodul 124a und das Feldgerät 112a liefert, wobei er den von der Stromquelle 216 empfangenen Strom verwendet. Im gezeigten Beispiel werden die vom Stromwandler 612 erzeugten elektrischen Stromausgaben dazu verwendet, das Abschlussmodul 124a und das Feldgerät 112a einzuschalten, und Informationen zwischen dem Abschlussmodul 124a und dem Feldgerät 112a zu kommunizieren. Manche Feldgeräte

Kommunikationsprotokolle erfordern relativ höhere oder niedrigere Spannungsniveaus und/oder elektrische Stromniveaus als andere Kommunikationsprotokolle. Im gezeigten Beispiel steuert die Feldstrom-Steuereinheit 610 den Stromwandler 612, um das (die) Spannungsniveau(s) zum Einschalten des Feldgeräts 112a zu liefern und mit dem Feldgerät 112a zu kommunizieren. In anderen beispielhaften Implementierungen können die vom Stromwandler 612 erzeugten elektrischen Stromausgaben jedoch dazu verwendet werden, das Abschlussmodul 124a einzuschalten, während eine getrennte Stromquelle außerhalb des Schaltschranks 122 zum Einschalten des Feldgeräts 112a verwendet wird.

[0058] Um die Schaltung des Abschlussmoduls 124a von der E/A-Karte 132a elektrisch zu trennen, ist das Abschlussmodul 124a mit einer oder mehreren Trennvorrichtungen 614 versehen. Die Trennvorrichtungen 614 können mithilfe galvanischer Isolatoren oder optischer Isolatoren implementiert werden. Eine beispielhafte Trennkonfiguration wird unten in Zusammenhang mit **Fig. 9** ausführlich beschrieben.

[0059] Zum Umwandeln zwischen analogen und digitalen Signalen ist das Abschlussmodul 124a mit einem Digital-Analog-Wandler 616 und einem Analog-Digital-Wandler 618 versehen. Der Digital-Analog-Wandler 616 ist so konfiguriert, dass er digital dargestellte analoge Werte, die von der E/A-Karte 132a empfangen werden, in analoge Werte umwandelt, die an das Feldgerät 112a von **Fig. 1A** kommuniziert werden können. Der Analog-Digital-Wandler 618 ist so konfiguriert, dass er analoge Werte (z. B. Messwerte), die vom Feldgerät 112a empfangen werden, in digital dargestellte Werte umwandelt, die an die E/A-Karte 132a kommuniziert werden können. In einer alternativen beispielhaften Implementierung, in der das Abschlussmodul 124a so konfiguriert ist, dass es digital mit dem Feldgerät 112a kommuniziert, kann auf den Digital-Analog-Wandler 616 und den Analog-Digital-Wandler 618 für dieses Abschlussmodul 124a verzichtet werden.

[0060] Um die Kommunikationen mit dem Feldgerät 112a zu steuern, ist das Abschlussmodul 124a mit einem Feldgerät-Kommunikationsprozessor 620 versehen. Der Feldgerät-Kommunikationsprozessor 620 gewährleistet, dass von der E/A-Karte 132a empfangene Informationen das richtige Format und den richtigen Spannungstyp (z. B. analog oder digital) zum Kommunizieren an das Feldgerät 112a aufweisen. Der Feldgerät-Kommunikationsprozessor 620 ist auch dazu konfiguriert, Informationen zu paketieren oder zu entpacken, wenn das Feldgerät 112a zum Kommunizieren anhand digitaler Informationen konfiguriert ist. Außerdem ist der Feldgerät-Kommunikationsprozessor 620 so konfiguriert, dass er vom Feldgerät 112a empfangene Informationen extrahiert und die Informationen an den Analog-Digi-

tal-Wandler 618 und/oder den E/A-Bus-Kommunikationsprozessor 608 für anschließende Kommunikation an die E/A-Karte 132a kommuniziert. In manchen Beispielen trägt der Feldgerät-Kommunikationsprozessor 620 zum Identifizieren des geeigneten Kommunikationsprotokolls bei, das dem Feldgerät 112a zugeordnet ist. Beispielsweise kann das Abschlussmodul 124a so konfiguriert sein, dass es mit feldbuskonformen Geräten wie Profibus PA-Geräten oder FF-H1-Geräten kommuniziert. In solchen Beispielen implementiert der Feldgerät-Kommunikationsprozessor 620 eine Autosensing-Routine, in der der Feldgerät-Kommunikationsprozessor 620 ein Testsignal oder eine Anforderung formatiert, das (die) dem Profibus PA-Kommunikationsprotokoll entspricht. Wenn das Feldgerät 112a auf die Anforderung reagiert, bestätigt dies, dass das Feldgerät 112a ein Profibus PA-konformes Gerät ist, und alle zukünftigen Kommunikationen werden auf Grundlage des Profibus PA-Protokolls formatiert. Wenn das Feldgerät 112a nicht auf die mit Profibus PA formatierte Anforderung reagiert, formatiert der Feldgerät-Kommunikationsprozessor 620 eine zweite Anforderung, die dem FF-H1-Kommunikationsprotokoll entspricht, um abhängig davon, ob der Feldbus 112a auf die zweite Anforderung reagiert, zu bestätigen, ob das Feldgerät 112a ein FF-H1-konformes Gerät ist. Wenn das Abschlussmodul 124a für Kommunikationen konfiguriert ist, die andere Protokolle (z. B. HART) verwenden, kann der Feldgerät-Kommunikationsprozessor 620 zusätzliche Anforderungen erzeugen, bis das geeignete Kommunikationsprotokoll für das Feldgerät 112a festgestellt wurde.

[0061] In manchen Beispielen werden solche Autosensing-Routinen regelmäßig (oder unregelmäßig) implementiert (z. B. nach einem bestimmten Schwellenzeitraum), um Änderungen an dem (den) Feldgerät(en) festzustellen, die mit dem Abschlussmodul 124a kommunikativ verbunden sind. Beispielsweise kann eine Autosensing-Routine ein erstes aktives oder primäres Feldgerät (z. B. das Feldgerät 112a) und ein zweites, zusätzliches Feldgerät (nicht gezeigt) auf dem Leiter 130a feststellen, die mit dem Abschlussmodul 124a kommunikativ verbunden sind. Sollte das erste Feldgerät ausfallen, kann das Abschlussmodul 124a dies aufgrund der abbrechenden Kommunikation mit dem ersten Feldgerät feststellen. In manchen solcher Beispiele stellt die Autosensing-Routine das zusätzliche Gerät fest und vergleicht die Geräteinformationen (z. B. Platzhalterinformationen, Gerätetyp, Hersteller, Version usw.) mit den Geräteinformationen des ausgefallenen Geräts. Im manchen Beispielen tauscht das Abschlussmodul 124a das erste Feldgerät automatisch gegen das zusätzliche Feldgerät ein, um die Steuerung des Prozesssystems aufrechtzuerhalten, falls die Geräteinformationen übereinstimmen (z. B. das primäre Feldgerät und das zusätzliche Feldgerät

mit Ausnahme der Seriennummer das gleiche Gerät sind). Wenn die Geräteinformationen Unterschiede enthalten (z. B. andere Version oder anderer Hersteller) setzt in manchen Beispielen das Abschlussmodul 124a zusätzlich oder alternativ automatisch das zusätzliche Feldgerät in Betrieb und beginnt mit diesem zu kommunizieren, wobei es jedoch die Kennzeichnung „zusätzlich“ aufrechterhält (während es weiterhin das erste Feldgerät als primäres, allerdings abgestelltes Gerät darstellt), bis ein Bediener oder Ingenieur das erste Feldgerät entfernt und/oder das zusätzliche Feldgerät als neues aktives oder primäres Gerät kennzeichnet.

[0062] Im gezeigten Beispiel ist der Feldgerät-Kommunikationsprozessor 620 auch so konfiguriert, dass er vom Feldgerät 112a empfangene Informationen mit einem Zeitstempel versieht. Das Erzeugen von Zeitstempeln am Abschlussmodul 124a erleichtert das Implementieren der Ereignisfolge-(SOE-)Abläufen unter Verwendung von Zeitstempelgenauigkeiten im Sub-Millisekunden-Bereich. Beispielsweise können die Zeitstempel und entsprechende Informationen an die Steuereinheit 104 und die Workstation 102 kommuniziert werden. Ereignisfolge-Abläufe, die beispielsweise von der Workstation 102 (**Fig. 1A**) (oder anderen Prozessorsystemen) ausgeführt werden, können zum Analysieren von Ereignissen vor, während und/oder nach einem bestimmten Betriebszustand (z. B. einem Fehlermodus) verwendet werden, um festzustellen, wodurch dieser spezifische Betriebszustand verursacht wurde. Zeitstempelung im Sub-Millisekunden-Bereich ermöglicht das Erfassen von Ereignissen anhand relativ höherer Granularität. In manchen beispielhaften Implementierungen können der Feldgerät-Kommunikationsprozessor und die Betriebssteuereinheit 606 mithilfe des gleichen Mikroprozessors oder Mikrocontrollers implementiert werden.

[0063] Allgemein werden Feldgerät-Kommunikationssteuerungen, die der Feldgerät-Kommunikationssteuerung 620 ähnlich sind, mit Kommunikationsprotokoll-Funktionen oder anderen Kommunikationsfunktionen (z. B. Feldbus-Kommunikationsprotokoll-Funktionen, HART-Kommunikationsprotokoll-Funktionen usw.) vorgesehen, die dem Typ von Feldgerät entsprechen, mit dem sie konfigurationsgemäß kommunizieren sollen. Wenn das Feldgerät 112a beispielsweise als HART-Gerät implementiert ist, ist die Feldgerät-Kommunikationssteuerung 620 des Abschlussmoduls 124a mit HART-Kommunikationsprotokoll-Funktionen versehen. Wenn das Abschlussmodul 124a Informationen von der E/A-Karte 132a empfängt, die für das Feldgerät 112a bestimmt sind, formatiert die Feldgerät-Kommunikationssteuerung 620 die Informationen in Übereinstimmung mit dem BART-Kommunikationsprotokoll und liefert die Informationen an das Feldgerät 112a.

[0064] Im gezeigten Beispiel ist die Feldgerät-Kommunikationssteuerung 620 so konfiguriert, dass sie Passthrough-Nachrichten verarbeitet. Passthrough-Nachrichten haben ihren Ursprung an der Workstation (z. B. Workstation 102 in **Fig. 1A**) und werden als Nutzdaten (z. B. den Datenteil eines Kommunikationspaketes) durch eine Steuereinheit (z. B. die Steuereinheit 104 in **Fig. 1A**) und an ein Abschlussmodul (z. B. das Abschlussmodul 124a in **Fig. 1A**) zum Liefern an ein Feldgerät (z. B. Feldgerät 112a) kommuniziert. Beispielsweise wird eine Nachricht, die ihren Ursprung an der Workstation 102 hat und an das Feldgerät 112a geliefert werden soll, an der Workstation 102 mit einem Kommunikationsprotokoll-Deskriptor (z. B. einem HART-Protokoll-Descriptor) getagged und/oder in Übereinstimmung mit einem Kommunikationsprotokoll des Feldgeräts 112a formatiert. Die Workstation 102 wrappet dann die Nachricht in Nutzdaten von einem oder mehreren Kommunikationspaketen, um die Nachricht von der Workstation 102 durch die E/A-Steuereinheit 104 an das Abschlussmodul 124a als Passthrough-Nachricht zu liefern. Das Wrappen der Nachrichten beinhaltet beispielsweise das Paketieren der Nachricht in den Kopfzeileninformationen in Übereinstimmung mit einem Kommunikationsprotokoll (z. B. einem Feldbus-Protokoll, einem HART-Protokoll usw.), das zum Kommunizieren mit den Feldgeräten verwendet wird. Wenn das Abschlussmodul 124a das (die) Kommunikationspaket(e) mit der Passthrough-Nachricht von der E/A-Karte 132 empfängt, extrahiert der E/A-Bus-Kommunikationsprozessor 608 (**Fig. 6**) die Nutzdaten aus dem (den) empfangenen Kommunikationspaket(en). Die Feldgerät-Kommunikationssteuerung 620 (**Fig. 6**) unwrappet dann die Passthrough-Nachricht aus den Nutzdaten, formatiert die Nachricht in Übereinstimmung mit dem von der Workstation 102 erzeugten Kommunikationsprotokoll-Deskriptor (wenn dieser nicht bereits an der Workstation 102 formatiert wurde) und kommuniziert die Nachricht an das Feldgerät 112a.

[0065] Die Feldgerät-Kommunikationssteuerung 620 ist auch so konfiguriert, dass sie Passthrough-Nachrichten an die Workstation 102 auf ähnliche Weise kommuniziert. Wenn das Feldgerät 112a beispielsweise eine Nachricht (z. B. eine Rückmeldung auf die Nachricht von der Workstation oder eine andere Nachricht) erzeugt, die an sie Workstation 102 geliefert werden soll, wrappet die Feldgerät-Kommunikationssteuerung 620 die Nachricht vom Feldgerät 112a in die Nutzdaten des einen oder der mehreren Kommunikationspakte und der E/A-Bus-Kommunikationsprozessor 608 kommuniziert das eine oder die mehreren Pakete, in denen die gewrappte Nachricht enthalten ist, an die E/A-Karte 132a. Wenn die Workstation 102 die Pakete, in denen die gewrappte Nachricht enthalten ist, von der Steuereinheit 104 empfängt, kann die Workstation 102 die Nachricht unwrappen und verarbeiten.

[0066] Das Abschlussmodul 124a ist mit einer Feldgerät-Schnittstelle 622 versehen, die so konfiguriert ist, dass sie das Abschlussmodul 124a mit einem Feldgerät (z. B. Feldgerät 112a in **Fig. 1A**) kommunikativ verbindet. Beispielsweise kann die Feldgerät-Schnittstelle 622 über einen oder mehrere der Kontakte 404 (**Fig. 4**) mit den Abschlusschrauben 406 in **Fig. 4** und **Fig. 5** kommunikativ verbunden sein.

[0067] In manchen Beispielen ist das Abschlussmodul 124a mit einem Feldbus-Diagnoseanalysator 624 versehen, der so konfiguriert ist, dass er umfassende Diagnosefunktionen bezüglich des zugeordneten Feldgeräts vorsieht, wenn das Feldgerät feldbuskonform ist. Der Feldbus-Diagnoseanalysator 624 führt Messungen bezüglich des Zustands der physikalischen Verdrahtung (z. B. des ersten Leiters in 130a **Fig. 1A**) und der dazugehörigen Kommunikationen während des Betriebs durch. Beispielsweise kann der Feldbus-Diagnoseanalysator 624 die Versorgungsspannung, den Laststrom, den Signalpegel, Leitungsrauschen und/oder Jitter messen. Während umfassende Diagosemodule mit ähnlicher Funktionalität in herkömmlichen Feldbusarchitekturen eventuell einbezogen sind, kann die vom Feldbus-Diagnoseanalysator 624 vorgesehene Diagnostik zuverlässiger und/oder robuster sein, da das Abschlussmodul 124a in einer Punkt-zu-Punkt-Architektur nur mit einem einzigen Feldgerät verbunden ist, anstatt in einer Multi-Drop-Architektur mehrere Geräte eines herkömmlichen Feldbus-Segments diagnostizieren zu müssen.

[0068] Nun bezugnehmend auf **Fig. 7** beinhaltet die beispielhafte E/A-Karte 132a in **Fig. 1A** eine Kommunikationsschnittstelle 702 zum kommunikativen Verbinden der E/A-Karte 132a mit der Steuereinheit 104 (**Fig. 1A**). Außerdem beinhaltet die beispielhafte E/A-Karte 132a einen Kommunikationsprozessor 704, um die Kommunikationen mit der Steuereinheit 104 zu steuern und mit der Steuereinheit 104 ausgetauschte Informationen zu paketieren und zu entpacken. Im gezeigten Beispiel sind die Kommunikationsschnittstelle 702 und der Kommunikationsprozessor 704 so konfiguriert, dass sie Informationen an die Steuereinheit 104 kommunizieren, die an die Steuereinheit 104 geliefert werden sollen, und Informationen die an die Workstation 102 (**Fig. 1A**) geliefert werden sollen. Um Informationen zu kommunizieren, die an die Workstation 102 geliefert werden sollen, kann die Kommunikationsschnittstelle 702 so konfiguriert sein, dass sie die Informationen (z. B. Informationen von den Feldgeräten 112a-c, den Abschlussmodulen 124a-c und/oder der E/A-Karte 132a) in den Nutzdaten von einem oder mehreren Kommunikationspaket(en) in Übereinstimmung mit einem Kommunikationsprotokoll (z. B. einem Transmission Control Protocol (TCP), einem User Datagram Protocol (UDP) usw.) wrappet und die Pakete, in denen die Informationen an die

Workstation 102 enthalten sind, kommuniziert. Die Workstation 102 kann die Nutzdaten dann aus dem (den) empfangenen Paket(en) entpacken und die Informationen in den Nutzdaten unwrappen. Im gezeigten Beispiel können die Informationen in den Nutzdaten von Paketen, die von der Kommunikationsschnittstelle 702 an die Workstation 102 kommuniziert werden, einen oder mehrere Wrapper enthalten. Beispielsweise können Informationen, die Ihren Ursprung an einem Feldgerät haben (z. B. Feldgerät 112a) in ein Feldgerät-Kommunikationsprotokoll-Wrapper (z. B. ein FOUNDATION-Feldbus-Kommunikationsprotokoll-Wrapper, ein HART-Kommunikationsprotokoll-Wrapper usw.) gewrapped werden, die die Kommunikationsschnittstelle 702 in Übereinstimmung mit einem TCP-basiertem Protokoll, einem UDP-basierten Protokoll oder einem anderen Protokoll wrappt, damit die Steuereinheit 104 die Informationen daraufhin an die Workstation 102 kommunizieren kann. Auf ähnliche Weise kann die Kommunikationsschnittstelle 702 zum Unwrappen von Informationen konfiguriert sein, die von der Workstation 102 an die Steuereinheit 104 kommuniziert werden und an die Feldgeräte 112a-c, die Abschlussmodule 124a-c und/oder die E/A-Karte 132a geliefert werden sollen.

[0069] In einer alternativen beispielhaften Implementierung können die Kommunikationsschnittstelle 702 und der Kommunikationsprozessor 704 Informationen (mit oder ohne Feldgerät-Kommunikationsprotokoll-Wrapper) an die Steuereinheit 104 kommunizieren und die Steuereinheit 104 kann Informationen, die an die Workstation 102 geliefert werden sollen, auf die gleiche Weise wie oben beschrieben paketieren. Die Kommunikationschnittstelle 702 und der Kommunikationsprozessor 704 können mithilfe eines beliebigen verdrahteten oder drahtlosen Kommunikationsstandards implementiert werden.

[0070] In einer alternativen beispielhaften Implementierung wie beispielsweise dem in **Fig. 1C** gezeigten Beispiel können die Kommunikationschnittstelle 702 und der Kommunikationsprozessor 704 so konfiguriert sein, dass sie über das LAN 106 mit der Workstation 102 und/oder der Steuereinheit 162 kommunizieren.

[0071] Damit Benutzer mit der E/A-Karte 132a interagieren oder auf sie zugreifen können, ist die E/A-Karte 132a mit einem oder mehreren Schnittstellenports 706 versehen. Im gezeigten Beispiel beinhalten die Schnittstellenports 706 einen Tastatur-Schnittstellenport 703 und einen Schnittstellenanschluss 707 für einen tragbaren Handheld-Computer (z. B. einen Personal Digital Assistant (PDA), einen Tablet-PC usw.). Beispielsweise ist ein PDA 708 gezeigt, der mit dem Benutzerschnittstellenport 706 mithilfe

drahtloser Kommunikationen kommunikativ verbunden ist.

[0072] Um die E/A-Karte 132a mit dem universellen E/A-Bus-136a (**Fig. 1A**) kommunikativ zu verbinden, ist die E/A-Karte 132a mit einer E/A-Bus-Schnittstelle 710 versehen. Um Kommunikationsinformationen, die über den E/A-Bus 136a ausgetauscht werden, zu verarbeiten, und um über den E/A-Bus 136a ausgeführte Kommunikationen zu steuern, ist die E/A-Karte 132a mit einem E/A-Bus-Kommunikationsprozessor 712 versehen. Die E/A-Bus-Schnittstelle 710 kann der E/A-Bus-Schnittstelle 602 in **Fig. 6** ähnlich oder mit dieser identisch sein, und der E/A-Bus-Kommunikationsprozessor 712 kann dem E/A-Bus-Kommunikationsprozessor 608 in **Fig. 6** ähnlich oder mit diesem identisch sein. Um von der Steuereinheit 104 in **Fig. 1A** gelieferten elektrischen Strom in elektrischen Strom umzuwandeln, der zum Betreiben der E/A-Karte 132a und/oder zum Kommunizieren mit den Abschlussmodulen 124a-c notwendig ist, ist die E/A-Karte 132a mit einem Stromwandler 714 versehen.

[0073] Nun bezugnehmend auf **Fig. 8** beinhaltet der beispielhafte Labeller 214 eine Kommunikationschnittstelle 802, die so konfiguriert ist, dass sie den Labeller 214 mit einem Abschlussmodul (z. B. dem Abschlussmodul 124a in **Fig. 1A**, **Fig. 2**, **Fig. 4**, **Fig. 5** und **Fig. 6**) und/oder einem Feldgerät (z. B. das Feldgerät 112a in **Fig. 1A**) kommunikativ verbindet, um Feldgerät-Kennungsinformationen (z. B. einen Gerätetagwert, eine Gerätebezeichnung, eine elektronische Seriennummer usw.) und/oder andere Feldgerät-Informationen (z. B. Aktivitätsinformationen, Datentypinformationen, Statusinformationen usw.) abzurufen. Um die Kommunikationen mit dem Abschlussmodul 124a und/oder dem Feldgerät 112a zu steuern, ist der Labeller 214 mit einem Kommunikationsprozessor 804 versehen.

[0074] Um eine Verbindung mit einem Feldgerät (z. B. Feldgerät 112a in **Fig. 1A**) festzustellen, ist der Labeller 214 mit einem Verbindungsdetektor 806 versehen. Der Verbindungsdetektor 806 kann beispielsweise mithilfe eines Spannungssensors, eines Stromsensors, einer Logikschaltung usw. implementiert werden, die feststellen, wenn das Feldgerät 112a mit dem Abschlussmodul 124a verbunden wurde. Wenn der Verbindungsdetektor 806 im gezeigten Beispiel feststellt, dass das Feldgerät 112a mit dem Abschlussmodul 124a verbunden wurde, bewirkt der Verbindungsdetektor 806 eine Benachrichtigung (z. B. ein Interrupt), die an den Kommunikationsprozessor 804 kommuniziert werden soll und die festgestellte Verbindung anzeigt. Der Kommunikationsprozessor 804 fragt dann vom Abschlussmodul 124a und/oder dem Feldgerät 112a Feldgerät-Kennungsinformationen für das Feldgerät 112a ab. In einer beispielhaften Implemen-

tierung kann der Verbindungsdetektor 806 auch so konfiguriert sein, dass er den Verbindungstyp feststellt, der das Feldgerät 112a mit dem Abschlussmodul 124a kommunikativ verbindet, beispielsweise eine Multi-Drop-Verbindung, eine Punkt-zu-Punkt-Verbindung, eine Punkt-zu-Punkt-Verbindung mit einem aktiven Feldgerät mit einem zusätzlichen Feldgerät, eine drahtlose vermaschten Netzwerkverbindung, eine optische Verbindung usw.

[0075] Um die Feldgerät-Kennungsinformationen und/oder andere Feldgerät-Informationen anzuzeigen, ist der Labeller 214 mit einer Anzeigeschnittstelle 808 versehen. Im dargestellten Beispiel ist die Anzeigeschnittstelle 808 so konfiguriert, dass sie eine Flüssigkristallanzeigen (LCD) antreibt und steuert. Beispielsweise kann die Anzeigeschnittstelle 808 so konfiguriert sein, dass sie die LCD-Anzeige 212 (**Fig. 2**), die am Abschlussmodul 124a angebracht ist, oder die LCD-Anzeige 310, die am Schaltschrank 300 (**Fig. 3**) angebracht ist, steuert. In anderen beispielhaften Implementierung kann die Anzeigeschnittstelle 808 jedoch stattdessen so konfiguriert sein, dass sie andere Anzeigentypen antreibt.

[0076] Um die Aktivität des Feldgeräts 112a festzustellen, ist der Labeller 214 mit einem Feldgerät-Aktivitätsdetektor 810 versehen. Wenn im gezeigten Beispiel der Kommunikationsprozessor 804 Daten vom Abschlussmodul 124a und/oder dem Feldgerät 112a empfängt, kommuniziert der Kommunikationsprozessor 804 die empfangenen Daten an den Feldgerät-Aktivitätsdetektor 810. Der Feldgerät-Aktivitätsdetektor 810 extrahiert dann Werte für Prozessvariablen (PV) aus den Daten, einschließlich beispielsweise Messinformationen (z. B. Temperatur, Druck, Leitungsspannungen, usw.) oder andere Überwachungsinformationen (z. B. Ventil geschlossen, Ventil geöffnet usw.), die vom Feldgerät 112a erzeugt werden. Die Anzeigeschnittstelle 808 kann dann die Feldgerät-Aktivitätsinformationen (z. B. die PV-Werte, Messinformationen, Überwachungsinformationen usw.) anzeigen.

[0077] Um den Status des Feldgeräts 112a festzustellen, ist der Labeller 214 mit einem Feldgerät-Statusdetektor 812 versehen. Der Feldgerät-Statusdetektor 812 ist so konfiguriert, dass er Statusinformationen (z. B. Gerät eingeschaltet, Gerät ausgeschaltet, Gerätefehler, Gerätealarm, Gerätezustand (offene Schleife, Kurzschluss usw.), Geräte-Kommunikationsstatus usw.) im Zusammenhang mit dem Feldgerät 112a aus vom Kommunikationsprozessor 804, vom Abschlussmodul 124a und/oder vom Feldgerät 112a empfangenen Daten extrahiert. In manchen Beispielen enthalten die Statusinformationen Informationen, die über den Feldbus-Diagnoseanalysator 624 (**Fig. 6**) erhalten wurden. Die Anzeigeschnittstelle 808 kann dann die empfangenen Statusinformationen anzeigen.

[0078] Um das Feldgerät 112a festzustellen, ist der Labeller 214 mit einem Feldgerätbezeichner 814 versehen. Der Feldgerätbezeichner 814 ist so konfiguriert, dass sie die Feldgerät-Kennungsinformationen (z. B. einen Gerätetagwert, eine Gerätebezeichnung, eine elektronische Seriennummer usw.) extrahiert, die vom Kommunikationsprozessor vom Abschlussmodul 124a und/oder dem Feldgerät 112a empfangen werden. Die Anzeigeschnittstelle 808 kann dann die Feldgerät-Kennungsinformationen anzeigen. In einer beispielhaften Implementierung kann der Feldgerätbezeichner 814 auch so konfiguriert sein, dass sie den Feldgerätytyp feststellt (z. B. Ventilaktor, Drucksensor, Temperatursensor, Durchflusssensor usw.). In manchen Beispielen ist der Feldgerätbezeichner 814 so konfiguriert, dass sie das geeignete Kommunikationsprotokoll, das dem Feldgerät 112a zugeordnet ist, auf die gleiche oder ähnliche Weise wie der Feldgerät-Kommunikationsprozessor 620 oder in Kombination mit diesem feststellt, wie in Zusammenhang mit **Fig. 6** oben beschrieben.

[0079] Um einen dem Feldgerät 112a zugeordneten Datentyp (z. B. analog oder digital) festzustellen, ist der Labeller 214 mit einem Datentypbezeichner 816 versehen. Der Datentypbezeichner 816 ist so konfiguriert, dass er die Datentyp-Kennungsinformationen aus durch den Kommunikationsprozessor vom Abschlussmodul 124a und/oder dem Feldgerät 112a empfangenen Daten extrahiert. Beispielsweise kann das Abschlussmodul 124a eine Datentyp-Deskriptorvariable speichern, die den Feldgerätytyp (z. B. analog, digital usw.) anzeigt, mit dem es konfigurationsgemäß kommunizieren soll, und das Abschlussmodul 124a kann die Datentyp-Deskriptorvariable an den Kommunikationsprozessor 804 des Labellers 214 kommunizieren. Die Anzeigeschnittstelle 808 kann dann den Datentyp anzeigen. In manchen Beispielen verwendet der Datentypbezeichner 816 das vom Feldgerätbezeichner 814 festgestellte Kommunikationsprotokoll, um den dem Feldgerät 112a zugeordneten Datentyp festzustellen.

[0080] **Fig. 9** zeigt eine Trennschaltungskonfiguration, die zusammen mit den beispielhaften Abschlussmodulen 124a und 124b in **Fig. 1A** implementiert werden kann, um die Abschlussmodule 124a-b voneinander, und die Feldgeräte 112a-b vom universellen E/A-Bus 136a zu trennen. Im gezeigten Beispiel enthält jedes der Abschlussmodule 124a-b entsprechende Abschlussmodulschaltungen 902 und 904 (z. B. einen oder mehrere der Blöcke, die oben im Zusammenhang mit **Fig. 6** beschrieben wurden). Außerdem sind die Abschlussmodule 124a-b über den Feldverteilerkasten 120a mit den jeweiligen Feldgeräten 112a-b verbunden. Die Abschlussmodule 124a-b sind auch mit dem universellen E/A-Bus 136a und der Stromquelle 216

verbunden. Um die Abschlussmodulschaltung 902 vom universellen E/A-Bus 136a elektrisch zu trennen, ist das Abschlussmodul 124a mit einer Trennschaltung 906 versehen. Auf diese Weise kann die Abschlussmodulschaltung 902 so konfiguriert sein, dass sie dem Spannungspegel des Feldgeräts 112a folgt (z. B. erhält), wenn Stromspitzen oder andere Stromschwankungen im Feldgerät 112a auftreten, ohne die Spannung des universellen E/A-Bus 136a zu beeinflussen und ohne die E/A-Karte 132a (**Fig. 1A**) zu beschädigen. Das Abschlussmodul 124b enthält auch eine Trennschaltung 908, die so konfiguriert ist, dass sie die Abschlussmodulschaltung 904 von dem universellen E/A-Bus 136a trennt. Die Trennschaltungen 906 und 908 und alle anderen in den Abschlussmodulen 124a-b implementierten Trennschaltungen können mithilfe optischer Trennschaltungen oder galvanischer Trennschaltungen implementiert werden.

[0081] Um die Abschlussmodulschaltung 902 von der Stromquelle 216 zu trennen, ist das Abschlussmodul 124a mit einer Trennschaltung 910 versehen. Ähnlich ist das Abschlussmodul 124b mit einer Trennschaltung 912 versehen, um die Abschlussmodulschaltung 904 von der Stromquelle 216 zu trennen. Durch das Trennen der Abschlussmodulschaltung 902 und 904 von der Stromversorgung 216 schaden Stromschwankungen (z. B. Stromstöße, Leistungsspitzen usw.) an den Feldgeräten 112a-b der Stromquelle 216 nicht. Auch wirken sich Stromschwankungen in einem der Abschlussmodule 124a-b auf den Betrieb des anderen Abschlussmoduls 124a-b nicht schädlich oder anderweitig aus.

[0082] In bekannten Prozessleitsystem sind Trennschaltungen in bekannten Schaltschränken vorgesehen, wodurch die verfügbare Platzmenge für bekannte Abschlussmodule verringert wird. Werden jedoch die Trennschaltungen 906, 910, 908 und 912 in den Abschlussmodulen 124a und 124b wie in dem in **Fig. 9** gezeigten Beispiel vorgesehen, wird die im Schaltschrank 122 (**Fig. 1A** und **Fig. 2**) benötigte Platzmenge reduziert, wodurch die für Abschlussmodule (z. B. die Abschlussmodule 124a-c und 126a-c) verfügbare Platzmenge vergrößert wird. Außerdem ermöglicht das Implementieren der Trennschaltungen (z. B. 906, 908, 910 und 912) in Abschlussmodulen (z. B. den Abschlussmodulen 124a-b) den selektiven Einsatz von Trennschaltungen nur an Abschlussmodulen, die getrennt werden müssen. Beispielsweise können einige der Abschlussmodule 124a-c und 126a-c in **Fig. 1A** ohne Trennschaltungen implementiert werden.

[0083] **Fig. 10A**, **Fig. 10B**, **Fig. 11A**, **Fig. 11B**, **Fig. 12** und **Fig. 15** sind Flussdiagramme von beispielhaften Verfahren, die zum Implementieren von Abschlussmodulen (z. B. dem Abschlussmodul 124a in **Fig. 1A**, **Fig. 2** und **Fig. 4-6** und/oder dem

Temperaturmodul 1332a in **Fig. 13B**), E/A-Karten (z. B. den E/A-Karten 132a in **Fig. 1A** und **Fig. 7**) und Labellers (z. B. den Labellers 214 in **Fig. 2**, **Fig. 3** und **Fig. 8**) verwendet werden können. In manchen beispielhaften Implementierungen können die beispielhaften Verfahren in **Fig. 10A**, **Fig. 10B**, **Fig. 11A**, **Fig. 11B**, **Fig. 12** und **Fig. 15** anhand maschinenlesbarer Anweisungen implementiert werden, die ein Programm zum Ausführen durch einen Prozessor (z. B. den im beispielhaften Prozessorsystem 1610 in **Fig. 16** gezeigten Prozessor 1612) umfassen. Das Programm kann in Software ausgeführt werden, die auf einem greifbaren Medium wie einer CD-ROM, einer Diskette, einer Festplatte, einer Digital Versatile Disk (DVD) oder einem mit dem Prozessor 1612 verbundenen Speicher gespeichert ist und/oder in Firmware oder zweckbestimmter Hardware auf gut bekannte Weise ausgeführt wird. Ferner kann der Fachmann, obwohl das beispielhafte Programm bezüglich der in **Fig. 10A**, **Fig. 10B**, **Fig. 11A**, **Fig. 11B**, **Fig. 12** und **Fig. 15** gezeigten Flussdiagramme beschrieben wird, leicht erkennen, dass alternativ viele andere Verfahren zum Implementieren des beispielhaften Abschlussmoduls 124a, des beispielhaften Abschlussmodul 1332a, der beispielhaften E/A-Karte 132a und des beispielhaften Labellers 214 verwendet werden können. Beispielsweise kann die Anordnung der Ausführung der Blöcke geändert werden, und/oder einige der beschriebenen Blöcke können geändert, eliminiert oder kombiniert werden.

[0084] Mit ausführlichem Bezug auf **Fig. 10A** und **Fig. 10B** wird das beispielhafte Verfahren in **Fig. 10A** und **Fig. 10B** in Zusammenhang mit dem beispielhaften Abschlussmodul 124a in **Fig. 1A**, **Fig. 2** und **Fig. 4-6** beschrieben. Das beispielhafte Verfahren in **Fig. 10A** und **Fig. 10B** kann jedoch dazu verwendet werden, beliebige andere Abschlussmodule zu implementieren. Die Flussdiagramme in **Fig. 10A** und **Fig. 10B** beschreiben, wie das beispielhafte Abschlussmodul 124a Informationen zwischen dem Feldgerät 112a und der E/A-Karte 132a kommuniziert. Zuerst stellt das Abschlussmodul 124a fest, ob es Kommunikationsinformationen empfangen hat (Block 1002). Beispielsweise stellt das Abschlussmodul 124a fest, dass es Kommunikationsinformationen empfangen hat, wenn der E/A-Bus-Kommunikationsprozessor 608 (**Fig. 6**) oder der Feldgerät-Kommunikationsprozessor 620 über beispielsweise einen Interrupt oder ein Statusregister feststellt, dass Kommunikationsinformationen empfangen wurden. Wenn das Abschlussmodul 124a feststellt, dass es keine Kommunikationsinformationen empfangen hat (Block 1002), verbleibt die Steuerung bei Block 1002 bis das Abschlussmodul 124a Kommunikationsinformationen empfängt.

[0085] Wenn das Abschlussmodul 124a Kommunikationsinformationen empfängt (Block 1002), stellt das Abschlussmodul 124a fest, ob es die Kommunikationsinformationen von einem Feldgerät (z. B. dem Feldgerät 112a in **Fig. 1A**) empfangen hat (Block 1004), beispielsweise auf Grundlage eines Interrupts oder eines Statusregisters des Feldgerät-Kommunikationsprozessors 620 (**Fig. 6**). Wenn das Abschlussmodul 124a feststellt, dass es Kommunikationsinformationen vom Feldgerät 112a empfangen hat (Block 1004), extrahiert der Feldgerät-Kommunikationsprozessor 620 die Feldgerät-Informationen und die Feldgerät-Kennungsinformationen aus den empfangenen dem Feldgerät 112a zugeordneten Kommunikationsinformationen, auf Grundlage eines Feldgerät-Kommunikationsprotokolls (Block 1006). Die Feldgerät-Informationen können beispielsweise Feldgerät-Kennungsinformationen (z. B. Gerätetags, elektronische Seriennummern usw.), Feldgerät-Statusinformationen (z. B. Kommunikationsstatus, diagnostische Zustandsinformationen (offene Schleife, Kurzschluss, usw.)), Feldgerät-Aktivitätsinformationen (z. B. Werte für Prozessvariablen (PV)), Feldgerät-Beschreibungsinformationen (z. B. Feldgerätetyp oder -funktion, wie beispielsweise Ventilaktoren, Temperatursensor, Drucksensor, Durchflusssensor usw.), Feldgerät-Verbindungskonfigurationsinformationen (z. B. Multi-Drop-Busverbindung, Punkt-zu-Punkt-Verbindung usw.), Kennungsinformationen zum Feldgerät-Bus- oder -segment (z. B. Feldgerät-Bus oder Feldgerät-Segment, über welches das Feldgerät mit dem Abschlussmodul kommunikativ verbunden ist), und/oder Feldgerät-Datentypinformationen (z. B. Analogeingang-(AE-)Datentypen, Analogausgang-(AA-)Datentypen, Diskreteingang-(DE-)Datentypen, (z. B. Digitaleingang-Datentypen) Diskretausgang-(DA-)Datentypen, (z. B. Digitalausgang-Datentypen) usw.) sein. Das Feldgerät-Kommunikationsprotokoll kann ein beliebiges Protokoll (z. B. ein Feldbus-Protokoll (z. B. FF-H1), ein HART-Protokoll, ein AS-I-Protokoll, ein Profibus-Protokoll (z. B. Profibus PA) usw.) sein, das vom Feldgerät 112a verwendet wird. In einer alternativen beispielhaften Implementierung extrahiert der Feldgerät-Kommunikationsprozessor 620 bei Block 1006 nur die Feldgerät-Informationen aus den empfangenen Kommunikationsinformationen, und die Feldgerät-Kennungsinformationen, die das Feldgerät 112a identifizieren, werden im Abschlussmodul 124a gespeichert. Wenn beispielsweise das Feldgerät 112a ursprünglich mit dem Abschlussmodul 124a verbunden wird, kann das Feldgerät 112a seine Kennungsinformationen an das Abschlussmodul 124a kommunizieren, und das Abschlussmodul 124a kann die Kennungsinformationen speichern.

[0086] Der Feldgerät-Kommunikationsprozessor 620 stellt dann fest, ob eine Analog-Digital-Wandlung erforderlich ist (Block 1008). Wenn das Feldgerät

112a beispielsweise analoge Messwerte kommuniziert, stellt der Feldgerät-Kommunikationsprozessor 620 fest, dass Analog-Digital-Wandlung notwendig oder erforderlich ist (Block 1008). Wenn eine Analog-Digital-Wandlung erforderlich ist, führt der Analog-Digital-Wandler 618 (**Fig. 6**) die Umwandlung an den empfangenen Informationen durch (Block 1010).

[0087] Nach der Analog-Digital-Wandlung (Block 1010), oder wenn keine Analog-Digital-Wandlung erforderlich ist (Block 1008), stellt der Feldgerät-Kommunikationsprozessor 620 den Datentyp (z. B. analog, digital, Temperaturmessung usw.) fest, der den empfangenen Feldgerät-Informationen zugeordnet ist (Block 1012) und erzeugt einen Datentyp-Deskriptor, der den empfangenen Feldgerät-Informationen entspricht (Block 1014). Beispielsweise kann das Abschlussmodul 124a einen Datentyp-Deskriptor speichern, der den Datentyp angibt, den er immer von dem Feldgerät 112a empfangen wird, oder das Feldgerät 112a kann einen Datentyp an das Abschlussmodul 124a kommunizieren, das der Feldgerät-Kommunikationsprozessor 620 an Block 1010 zum Erzeugen des Datentyp-Deskriptors verwendet.

[0088] Der E/A-Bus-Kommunikationsprozessor 608 (**Fig. 6**) stellt die Zieladresse der E/A-Karte 132a fest (Block 1016), an die das Abschlussmodul 124a die vom Feldgerät 112a empfangenen Informationen kommunizieren soll. Beispielsweise kann der Kommunikationsprozessor 608 (**Fig. 6**) die Zieladresse des E/A-Karte 132a vom Adressenbezeichner 604 (**Fig. 6**) erhalten. Außerdem stellt der E/A-Bus-Kommunikationsprozessor 608 Fehlerprüfdaten fest oder erzeugt diese (Block 1020), die an die E/A-Karte 132a kommuniziert werden, um zu gewährleisten, dass die Feldgerät-Informationen von der E/A-Karte 132a fehlerfrei empfangen werden. Beispielsweise kann der E/A-Bus-Kommunikationsprozessor 608 zyklische Fehlerprüf-(CRC-)Fehlerprüfbits erzeugen.

[0089] Der E/A-Bus-Kommunikationsprozessor 608 paketiert dann die Feldgerät-Informationen, die Feldgerät-Kennungsinformationen, den Datentyp-Deskriptor, die Zieladresse der E/A-Karte 132a, die Ursprungsadresse des Abschlussmoduls 124a und die Fehlerprüfdaten aufgrund eines E/A-Bus-Kommunikationsprotokolls (Block 1022). Das E/A-Bus-Kommunikationsprotokoll kann beispielsweise mit Hilfe eines TPC-basierten Protokolls, eines UDP-basierten Protokolls usw. implementiert werden. Der E/A-Bus-Kommunikationsprozessor 608 kann die Ursprungsadresse des Abschlussmoduls 124a vom Adressenbezeichner 604 (**Fig. 6**) erhalten. Die E/A-Bus-Schnittstelle 602 (**Fig. 6**) kommuniziert dann die paketierten Informationen über den universellen E/A-Bus 136a (**Fig. 1A** und **Fig. 2**) in Kombination mit paketierten Informationen, die von anderen

Abschlussmodulen erzeugt und kommuniziert werden (z. B. den Abschlussmodulen 124b und 124c in **Fig. 1A**) (Block 1024). Beispielsweise kann die E/A-Bus-Schnittstelle 602 mit einer Arbitrierungsschaltung oder -vorrichtung versehen sein, die den universellen E/A-Bus 136a aufspürt oder überwacht, um festzustellen, wann der universelle E/A-Bus 136a zur Kommunikation der Informationen vom Abschlussmodul 124a an die E/A-Karte 132a bereits steht (z. B. nicht von den Abschlussmodulen 124b-c verwendet wird).

[0090] Wenn das Abschlussmodul 124b bei Block 1004 feststellt, dass die bei Block 1002 festgestellten Kommunikationsinformationen nicht vom Feldgerät 112a sind (z. B. sind die Kommunikationsinformationen von der E/A-Karte 132a), extrahiert der E/A-Bus-Kommunikationsprozessor 608 (**Fig. 6**) eine Zieladresse aus den empfangenen Kommunikationsinformationen (Block 1026). Der E/A-Bus-Kommunikationsprozessor 608 stellt dann fest, ob die extrahierte Zieladresse mit der Zieladresse des Abschlussmoduls 124a übereinstimmt (Block 1028), die von der Adressschnittstelle 604 erhalten wurde. Wenn die Zieladresse nicht mit der Zieladresse des Abschlussmoduls 124a übereinstimmt (z. B. die empfangenen Informationen nicht für die Lieferung an das Abschlussmodul 124a bestimmt waren) (Block 1028), kehrt die Steuerung zu Block 1002 zurück (**Fig. 10A**). Wenn andernfalls die Zieladresse mit der Adresse des Abschlussmoduls 124a übereinstimmt (z. B. die empfangenen Informationen für die Lieferung an das Abschlussmodul 124a bestimmt waren) (Block 1028), extrahiert der E/A-Bus-Kommunikationsprozessor 608 die Feldgerät-Informationen aus den empfangenen Kommunikationsinformationen aufgrund des E/A-Bus-Kommunikationsprotokolls (Block 1030) und verifiziert die Integrität der Daten (Block 1032), wobei beispielsweise ein CRC-Verifikationsprozess aufgrund von Fehlerprüfinformationen in den empfangenen Kommunikationsinformationen verwendet wird. Obwohl nicht gezeigt, sendet der E/A-Bus-Kommunikationsprozessor 608 eine Nachricht an die E/A-Karte 132a und fordert eine erneute Übertragung an, wenn der E/A-Bus-Kommunikationsprozessor 608 an Block 1032 feststellt, dass ein Fehler in den empfangenen Kommunikationsinformationen vorhanden ist.

[0091] Nach dem Verifizieren der Datenintegrität (Block 1032) stellt der E/A-Bus-Kommunikationsprozessor 608 (oder der Feldgerät-Kommunikationsprozessor 620) fest, ob eine Digital-Analog-Wandlung erforderlich ist (Block 1034). Wenn beispielsweise ein im Abschlussmodul 124a gespeicherter Datentyp-Deskriptor anzeigt, dass das Feldgerät 112a analoge Informationen benötigt, stellt der E/A-Bus-Kommunikationsprozessor 608 fest, dass eine Digital-Analog-Wandlung erforderlich ist (Block 1034). Ist eine Digital-Analog-Wandlung erforderlich (Block

1034), führt der Digital-Analog-Wandler 616 (**Fig. 6**) die Digital-Analog-Wandlung an den Feldgerät-Informationen durch (Block 1036). Nach der Digital-Analog-Wandlung (Block 1036), oder wenn keine Digital-Analog-Wandlung erforderlich ist (Block 1034), kommuniziert der Feldgerät-Kommunikationsprozessor 620 die Feldgerät-Informationen an das Feldgerät 112a über die Feldgerät-Schnittstelle 622 (**Fig. 6**) mithilfe des Feldgerät-Kommunikationsprotokolls des Feldgeräts 112a (Block 1038).

[0092] Nachdem der Feldgerät-Kommunikationsprozessor 620 die Feldgerät-Informationen an das Feldgerät 112a kommuniziert hat, oder nachdem der E/A-Bus-Kommunikationsprozessor 608 die Feldgerät-Informationen an die E/A-Karte 132a kommuniziert hat, ist der Prozess von **Fig. 10A** und **Fig. 10B** beendet und/oder die Steuerung kehrt zu beispielsweise einer(m) Aufrufprozess oder -funktion zurück.

[0093] **Fig. 11A** und **Fig. 11B** zeigen ein Flussdiagramm eines beispielhaften Verfahrens, das zum Implementieren der E/A-Karte 132a in **Fig. 1A** verwendet werden kann, um Informationen zwischen dem Abschlussmodul 124a und der Steuereinheit 104 in **Fig. 1A** auszutauschen. Zuerst stellt sie E/A-Karte 132a fest, ob sie Kommunikationsinformationen empfangen hat (Block 1102). Beispielsweise stellt die E/A-Karte 132a fest, dass sie Kommunikationsinformationen empfangen hat, wenn der Kommunikationsprozessor 704 (**Fig. 7**) beispielsweise über ein Interrupt oder ein Statusregister anzeigt, dass sie Kommunikationsinformationen empfangen hat. Wenn die E/A-Karte 132a feststellt, dass sie keine Kommunikationsinformationen empfangen hat (Block 1102), verbleibt die Steuerung bei Block 1102 bis die E/A-Karte 132a Kommunikationsinformationen empfängt.

[0094] Wenn die E/A-Karte 132a Kommunikationsinformationen empfängt (Block 1102), stellt die E/A-Karte 132a fest, ob sie die Kommunikationsinformationen von der Steuereinheit 104 (**Fig. 1A**) empfangen hat (Block 1104), beispielsweise auf Grundlage eines Interrupts oder eines Statusregisters des Kommunikationsprozessors 704. Wenn die E/A-Karte 132a feststellt, dass sie Kommunikationsinformationen von der Steuereinheit 104 empfangen hat (Block 1104), extrahiert der Kommunikationsprozessor 704 die Abschlussmodul-Informationen (die Feldgerät-Informationen enthalten können) aus den empfangenen Kommunikationsinformationen, die dem Abschlussblock 124a zugeordnet sind (Block 1106).

[0095] Der Kommunikationsprozessor 704 erkennt den Datentyp (z. B. analoge Feldgerät-Informationen, digitale Feldgerät-Informationen, Abschlussmodul-Steuerungsinformationen, zum Steuern oder Konfigurieren des Abschlussmoduls usw.) im

Zusammenhang mit den empfangenen Abschlussmodul-Informationen (Block 1108) und erzeugt einen Datentyp-Deskriptor, der den empfangenen Abschlussmodul-Informationen (Block 1110) entspricht. In einer alternativen beispielhaften Implementierung wird der Datentyp-Deskriptor an der Workstation 102 (**Fig. 1A**) erzeugt, und der Kommunikationsprozessor 704 muss keinen Datentyp-Deskriptor erzeugen.

[0096] Der E/A-Bus-Kommunikationsprozessor 712 (**Fig. 7**) stellt dann die Zieladresse des Abschlussmoduls 124a (Block 1112) fest. Außerdem stellt der E/A-Bus-Kommunikationsprozessor 712 Fehlerprüfdaten fest (Block 1114), um an das Abschlussmodul 124a mit den Abschlussmodul-Informationen zu kommunizieren, um zu gewährleisten, dass das Abschlussmodul 124a die Informationen fehlerfrei empfängt. Beispielsweise kann der E/A-Bus-Kommunikationsprozessor 712 zyklische Fehlerprüf-(CRC-)Fehlerprüfbits erzeugen.

[0097] Der E/A-Bus-Kommunikationsprozessor 712 paketiert dann die Abschlussmodul-Informationen, den Datentyp-Deskriptor, die Zieladresse des Abschlussmoduls 124a, die Ursprungsadresse des Abschlussmoduls 124a und die Fehlerprüfdaten aufgrund des E/A-Bus-Kommunikationsprotokolls (Block 1116). Die E/A-Bus-Schnittstelle 710 (**Fig. 7**) kommuniziert dann die paketierten Informationen über den universellen E/A-Bus 136a (**Fig. 1A** und **Fig. 2**) in Kombination mit paketierten Informationen, die für andere Abschlussmodule bestimmt sind (z. B. die Abschlussmodule 124b und 124c in **Fig. 1A**) (Block 1118). Beispielsweise kann der E/A-Bus-Kommunikationsprozessor 704 andere Abschlussmodul-Informationen paketieren, wobei die Zieladressen von beispielsweise den Abschlussmodulen 124b und 124c verwendet werden, und über den universellen E/A-Bus 136a mithilfe des Standards RS-485 Abschlussmodul-Informationen für alle Abschlussmodule 124a-c kommunizieren. Jedes der Abschlussmodule 124a-c kann die jeweiligen Informationen aufgrund der von der E/A-Karte 132a vorgesehenen Zieladressen aus dem universellen E/A-Bus 136a extrahieren.

[0098] Wenn die E/A-E/A-Karte 132a bei Block 1104 feststellt, dass die bei Block 1102 festgestellten Kommunikationsinformationen nicht von der Steuereinheit 104 sind (z. B. sind die Kommunikationsinformationen von einem der Abschlussmodule 124a-c), extrahiert der E/A-Bus-Kommunikationsprozessor 712 (**Fig. 7**) eine Ursprungsadresse (z. B. eine Ursprungsadresse von einem der Abschlussmodule 124a-c) aus den empfangenen Kommunikationsinformationen (Block 1122). Der E/A-Bus-Kommunikationsprozessor 712 extrahiert dann einen Datentyp-Deskriptor (z. B. digital codierten analogen Datentyp, digitalen Datentyp, Temperaturdatentyp usw.) (Block

1124). Der E/A-Bus-Kommunikationsprozessor 712 extrahiert auch die Abschlussmodul-Informationen (die Feldgerät-Informationen enthalten können) aus den empfangenen Kommunikationsinformationen aufgrund des E/A-Bus-Kommunikationsprotokolls (Block 1126), und verifiziert die Integrität der Daten (Block 1128), wobei beispielsweise ein CRC-Verifikationsprozess aufgrund von Fehlerprüfinformationen in den empfangenen Kommunikationsinformationen verwendet wird. Obwohl nicht gezeigt, sendet der E/A-Bus-Kommunikationsprozessor 712 eine Nachricht zum Anfordern einer erneute Übertragung an das Abschlussmodul, das der in Block 1122 erhaltenen Ursprungsadresse zugeordnet ist, wenn der E/A-Bus-Kommunikationsprozessor 712 an Block 1128 feststellt, dass ein Fehler in den empfangenen Kommunikationsinformationen vorhanden ist.

[0099] Nach dem Verifizieren der Datenintegrität (Block 1128) paketiert der Kommunikationsprozessor 704 die Abschlussmodulinformationen (mithilfe der Ursprungsadresse des Abschlussmoduls und des Datentyp-Deskriptors) und die Kommunikationschnittstelle 702 kommuniziert die paketierten Informationen an die Steuereinheit 104 (Block 1130). Wenn die Informationen an die Workstation 102 geliefert werden sollen, kann die Steuereinheit 104 die Informationen anschließend an die Workstation 102 kommunizieren. Nachdem die Kommunikationschnittstelle 702 die Informationen an die Steuereinheit 104 kommuniziert hat, oder nachdem der E/A-Bus-Schnittstelle 710 die Abschlussmodul-Informationen an das Abschlussmodul 124a kommuniziert hat, ist der Prozess von **Fig. 11A** und **Fig. 11B** beendet und/oder die Steuerung kehrt beispielsweise zu einer(m) Aufrufprozess oder -funktion zurück.

[0100] **Fig. 12** ist ein Flussdiagramm eines beispielhaften Verfahrens, das zum Implementieren des Labellers 214 in **Fig. 2**, **Fig. 3** und **Fig. 8** und Abrufen und Anzeigen von Informationen in Bezug auf Feldgeräte (z. B. das Feldgerät 112a in **Fig. 1A**) verwendet werden kann, die mit Abschlussmodulen (z. B. dem Abschlussmodul 124a in **Fig. 1**, **Fig. 2** und **Fig. 4-6**) kommunikativ verbunden sind. Zuerst stellt der Verbindungsdetektor 806 (**Fig. 8**) fest, ob ein Feldgerät (z. B. das Feldgerät 112a) mit dem Abschlussmodul 124a verbunden ist (z. B. mit den Abschlusssschrauben 406 in **Fig. 4** und **Fig. 5** und/oder der Feldgerät-Schnittstelle 622 in **Fig. 6** verbunden ist) (Block 1202). Wenn der Verbindungsdetektor 806 feststellt, dass das Feldgerät 112a (oder ein anderes Feldgerät) nicht mit dem Abschlussmodul 124a verbunden ist (Block 1202), verbleibt die Steuerung bei Block 1202 bis der Verbindungsdetektor 806 feststellt, dass das Feldgerät 112a (oder ein anderes Feldgerät) mit dem Abschlussmodul 124a verbunden ist.

[0101] Stellt der Verbindungsdetektor 806 fest, dass das Feldgerät 112a mit dem Abschlussmodul 124a (Block 1202) verbunden ist, holt der Feldgerätbezeichner 814 Feldgerät-Kennungsinformationen (z. B. einen Gerätetagwert, eine Gerätebezeichnung, eine elektronische Seriennummer usw.) ein, die das Feldgerät 112a identifizieren (Block 1204). Beispielsweise kann der Feldgerätbezeichner 814 eine Anfrage an das Feldgerät 112a senden, die das Feldgerät 112a zum Übertragen seiner Feldgerät-Kennungsinformationen auffordert. In einer anderen beispielhaften Implementierung kann das Feldgerät 112a bei der ersten Verbindung mit dem Abschlussmodul 124a seine Feldgerät-Kennungsinformationen automatisch an den Feldgerätbezeichner 814 kommunizieren.

[0102] Der Feldgerätbezeichner 814 stellt dann fest, ob dem Feldgerät 112a zugeordnet wurde, aufgrund der Feldgerät-Kennungsinformationen über den universellen E/A-Bus 136a mit der E/A-Karte 132a zu kommunizieren (Block 1206). Beispielsweise kann der Feldgerätbezeichner 814 die Feldgerät-Kennungsinformationen über das Abschlussmodul 124a an die E/A-Karte 132a kommunizieren, und die E/A-Karte 132a kann die Feldgerät-Kennungsinformationen mit den Feldgerät-Kennnummern vergleichen, die in der Datenstruktur 133 (**Fig. 1A**) oder in einer ähnlichen in der Workstation 102 gespeicherten Datenstruktur gespeichert sind. Die Datenstruktur 133 kann von Ingenieuren, Bedienern oder Benutzern mit Feldgerät-Kennnummern für die Feldgeräte (z. B. die Feldgeräte 112a-c) bestückt werden, die mit der E/A-Karte 132a über den universellen E/A-Bus 136a kommunizieren sollen. Wenn die E/A-Karte 132a feststellt, dass das Feldgerät 112a dem E/A-Bus 136a und/oder der E/A-Karte 132a zugeordnet ist, kommuniziert die E/A-Karte 132a einen Bestätigungs-nachricht an den Feldgerätbezeichner 814.

[0103] Wenn der Feldgerätbezeichner 814 feststellt, dass das Feldgerät 112a nicht der Kommunikation über den E/A-Bus 136a zugeordnet ist (Block 1206), zeigt sie Anzeigeschnittstelle 808 (**Fig. 8**) eine Fehlermeldung an (Block 1208). Andernfalls zeigt die Anzeigeschnittstelle 808 die Feldgerät-Kennungsinformationen an (Block 1210). Im gezeigten Beispiel stellt der Feldgerät-Statusdetektor 812 den Status des Feldgeräts fest (z. B. Gerät eingeschaltet, Gerät ausgeschaltet, Gerätefehler usw.), und die Anzeigeschnittstelle 808 zeigt die Statusinformationen an (Block 1212). Außerdem stellt der Feldgerät-Aktivitätsdetektor 810 (**Fig. 8**) die Aktivität des Feldgeräts 112a fest (z. B. Mess- und/oder Überwachungsinformationen) und die Anzeigeschnittstelle 808 zeigt die Aktivitätsinformationen an (Block 1214). Der Datentyp-Detektor 816 (**Fig. 8**) stellt auch den Datentyp (z. B. analog, digital usw.) des Feldgeräts 112a fest, und die Anzeigeschnittstelle 808 zeigt den Datentyp an (Block 1216).

[0104] Nachdem die Anzeigeschnittstelle 808 die Fehlermeldung angezeigt hat (Block 1208), oder nachdem die Anzeigeschnittstelle 808 den Datentyp angezeigt hat (Block 1216), stellt der Labeller 214 fest, ob er die Überwachung fortsetzen soll (Block 1218), beispielsweise aufgrund dessen, ob das Abschlussmodul 124a abgeschaltet oder vom Schaltschrank 122 getrennt wurde (**Fig. 1A** und **Fig. 2**). Wenn der Labeller 214 feststellt, dass er die Überwachung fortsetzen soll, wird die Steuerung an Block 1202 zurückgegeben. Andernfalls wird das beispielhafte Verfahren in **Fig. 12** beendet und/oder die Steuerung an eine(n) Aufruffunktion oder -prozess zurückgegeben.

[0105] **Fig. 13A-B** sind Blockschaltbilder, die ein beispielhaftes Prozessleitsystem 1300 vor und nach dem Implementieren der hierin offenbarten Lehren bezüglich eines beispielhaften Profibus PA-Prozessbereichs 1302 und eines beispielhaften FOUNDATION Fieldbus H1 (FF-H1)-Prozessbereich 1304 zeigt. Für ein Prozessleitsystem mag es ungewöhnlich sein, sowohl Profibus PA- als auch FOUNDATION Fieldbus-Prozessbereiche zu enthalten, in dem gezeigten Beispiel werden jedoch zur Erläuterung beide dargestellt. Ferner wird das beispielhafte Prozessleitsystem 1300 in **Fig. 13A-B** zur Erläuterung anhand der gleichen Bezugsnummern für gemeinsame Teile beschrieben, die im Zusammenhang mit dem beispielhaften Prozessleitsystem 100 in **Fig. 1A** beschrieben wurden. So enthält das Prozessleitsystem 1300 im gezeigten Beispiel in **Fig. 13A** die Workstation 102, die über das LAN 106 mit einer Steuereinheit 1306 kommunikativ verbunden ist. Die beispielhafte Steuereinheit 1306 kann im Wesentlichen einer der Steuereinheiten 104, 152, 162 in **Fig. 1A-C** ähnlich oder mit diesen identisch sein. Ferner enthält das beispielhafte Prozessleitsystem 1300 den ersten Prozessbereich 114, der den Feldgeräten 112a-c zugeordnet ist, die mit den Abschlussmodulen 124a-c in einem beispielhaften Schaltschrank 1308 kommunikativ verbunden sind. Der beispielhafte Schaltschrank kann im Wesentlichen einem der Schaltschränke 122, 300 in **Fig. 1A**, **Fig. 2** und **Fig. 3** ähnlich oder mit diesen identisch sein. Die Abschlussmodule 124a-c sind über den ersten universellen E/A-Bus 136a mit den E/A-Karten 132a-b innerhalb der Steuereinheit 1306 kommunikativ verbunden. Ferner enthält im gezeigten Beispiel der Schaltschrank 1308 eine Buchsenleiste 1310 zum Empfangen von zusätzlichen Abschlussmodulen, die der Buchsenleiste 202a-b, 308a-b im Wesentlichen ähnlich oder mit dieser identisch ist, die oben im Zusammenhang mit **Fig. 2** und **Fig. 3** beschrieben wurde.

[0106] Im in **Fig. 13A** gezeigten Beispiel enthält das beispielhafte Prozessleitsystem 100 Feldgeräte 1312a-c in dem Profibus PA-Prozessbereich 1302 und Feldgeräte 1314a-c in dem FF-H1-Prozess-

steuerbereich 1304, die anhand herkömmlicher Feldbus-Architekturen und -Komponenten implementiert wurden (sowohl Profibus PA als auch FF-H1 sind Protokolle, die der Familie der Feldbusprotokolle zugeordnet sind). Somit sind die Feldgeräte 1312a-c und 1314a-c über entsprechende Hauptleitungen oder Segmente 1316a-b mit der Steuereinheit 1306 kommunikativ verbunden. In der Regel ist eine Feldbusleitung oder ein Feldbussegment ein einziges Kabel, das ein verdrilltes Drahtpaar enthält, die sowohl digitale Signale als auch Gleichstrom leiten, um mehrere Feldgeräte mit einem verteilten Steuersystem (DCS) oder anderen Steuersystem-Hosts zu verbinden. Wegen verschiedener Einschränkungen ist ein Feldbus-Segment in der Regel auf eine Höchstlänge von 1900 Metern begrenzt und kann bis zu 16 verschiedene Feldgeräte verbinden. Wie in dem gezeigten Beispiel dargestellt, sind die Segmente 1316a-b innerhalb der Steuereinheit 1306 mit entsprechenden E/A-Karten 1318a-b und 1320a-b kommunikativ verbunden. In dem gezeigten Beispiel ist jedes der Segmente 1316a-b mit zwei E/A-Karten 1318a-b oder 1320a-b verbunden, um Redundanz vorzusehen. In manchen Beispielen können sich die E/A-Karten 1318a-b und/oder 1320a-b in verschiedenen Steuereinheiten getrennt voneinander und/oder getrennt von den E/A-Karten 132a-b befinden, die den Feldgeräten 112a-c des ersten Prozessbereichs 114 zugeordnet sind.

[0107] Im in **Fig. 13A** gezeigten Beispiel ist das dem beispielhaften Profibus PA-Prozessbereich 1302 entsprechende Segment 1316a über einen DP/PA-Segmentkoppler 1322 mit den E/A-Karten 1318a-b verbunden. Genauso ist das dem beispielhaften FF-H1-Prozessbereich 1304 entsprechende Segment 1316b über eine Stromquelle 1324 mit den E/A-Karten 1320a-b verbunden. In manchen Beispielen sehen der DP/PA-Segmentkoppler 1322 und die Stromquelle 1324 Power-Conditioning-Funktionalität an den jeweiligen Segmenten 1316a-b vor. Außerdem sind im gezeigten Beispiel der DP/PA-Segmentkoppler 1322 und die Stromquelle 1324 mit jeweiligen umfassenden Diagnosemodulen 1325a-b verbunden, die die physikalische Schicht des entsprechenden Segmente 1316a-b sowie Kommunikationen über die Segmente 1316a-b während des Betriebs überwachen kann.

[0108] Im gezeigten Beispiel sind die Feldgeräte 1312a-c und 1314a-c mit den entsprechenden Segmenten 1316a-b über jeweilige Stichleitungen 1326a-c und 1328a-c verbunden. In einer Feldbus-Architektur verbindet jede Stichleitung die entsprechenden Feldgeräte mit dem Segment Parallelschaltung. Als solche ist in vielen Prozessleitsystemen, wie im gezeigten Beispiel dargestellt, jede Stichleitung 1326a-c und 1328a-c mit dem entsprechenden Segment 1316a-b über einen Segment-Protector 1330a-b (manchmal als Gerätekoppler oder Feldbar-

riere bezeichnet) verbunden, um Kurzschlusschutz gegen einen Kurzschluss in einem der Feldgeräte 1312a-c und 1314a-c zu bieten, die das ganze Segment kurzschließen. In manchen Beispielen begrenzen die Segment-Protectors 1330a-b den Strom (z. B. auf 40 mA) auf jeder Stichleitung 1326a-c und 1328a-c. In manchen Beispielen dienen die Segment-Protectors 1330a-b auch dem ordnungsgemäßen Abschließen von jedem Segment 1316a-b an dem feldgeräthnahen Ende, während die DP/PA-Segmentkoppler 1322 und die Stromquelle 1324 die Segmente 1316a-b an dem steuereinheitnahen Ende abschließen. Ohne ordnungsgemäßen Abschluss der Segmente 1316a-b an beiden Enden können Kommunikationsfehler aufgrund von Signalreflexion auftreten.

[0109] Während Feldbus-Architekturen, wie oben beschrieben, viele Vorteile bieten, stellen Sie bezüglich der Komplexität und Implementierungskosten jedoch auch Herausforderungen. Beispielsweise erfordert die Komplexität von Feldbusssystemen, dass jedes Segment sorgfältig von Ingenieuren ausgestaltet wird, wobei unter anderem die Anzahl der Geräte, die von jedem Segment bedient werden, die Länge der benötigten Kabel und die notwendige Stromleistung berücksichtigt werden muss, während gewährleistet werden muss, dass jedes Segment ordnungsgemäß abgeschlossen und gegen Kurzschlüsse, offene Stromkreise und/oder andere Segmentfehler geschützt ist. Zusätzlich zu der Zeit und den Kosten für die ursprüngliche Konfiguration solcher Feldbus-Architekturen, entstehen auch zusätzliche Kosten im Zusammenhang mit den vielen Komponenten für solche Implementierungen, einschließlich dem DP/PA-Segmentkoppler 1322 oder der Stromquelle 1324, dem Segment-Protector 1330a-b, der Segmentkabellänge (in manchen Fällen einschließlich mehrerer Kabel für Redundanz) und der E/A-Karten 1318a-b und 1320a-b. Durch das Implementieren der hierin offenbarten Lehre lassen sich die Komplexität der Ausgestaltung sowie die Kosten für die Implementierung und Wartung von Feldbusssystemen jedoch wesentlich reduzieren.

[0110] **Fig. 13B** ist ein Blockschaltbild, das das beispielhafte Prozessleitsystem 1300 in **Fig. 13A** nach dem Implementieren der hierin offenbarten Lehren darstellt. Wie in dem gezeigten Beispiel dargestellt sind die Stichleitungen 1326a-c und 1328a-c der Feldgeräte 1312a-c und 1314a-c direkt mit entsprechenden Abschlussmodulen 1332a-f kommunikativ verbunden, die in die Buchsen auf der Buchsenleiste 1310 des in **Fig. 13A** gezeigten Schaltschranks 1308 gesteckt wurden. Das heißt, dass im gezeigten Beispiel, im Gegensatz zu der üblichen Topologie von Feldbusgeräten in einer Multi-Drop-Architektur, jedes feldbuskonforme Feldgerät 1312a-c und 1314a-c in Punkt-zu-Punkt-Kommunikation mit einem entsprechenden Abschlussmodul 1332a-f

steht. Die Abschlussmodule 1332a-f können den oben beschriebenen Abschlussmodulen 124a-c und 126a-c im Wesentlichen ähnlich oder mit ihnen identisch sein, um Kommunikationen zwischen den Feldgeräten 1312a-c und 1314a-c und den E/A-Karten 132a-b über den universellen E/A-Bus 136a auf die gleiche Weise zu ermöglichen, wie es oben beschrieben wurde. Auf diese Weise wird die Notwendigkeit für getrennte E/A-Karten 1318a-b und 1320a-b (**Fig. 13A**), die für das entsprechende Feldbusprotokoll spezifisch sind (z. B. Profibus PA oder FF-H1), die den Prozessbereichen 1302, 1304 zugeordnet sind, eliminiert und jeder Feldgerätetyp und zugehörige E/As können in einem einzigen Schaltschrank 1308 kombiniert werden. Genauso besteht keine Notwendigkeit mehr für Kabel-Hauptleitungen oder Segmente 1316a-b (**Fig. 13A**) zusammen mit dazugehöriger Isolierung. Weiterhin sieht in manchen Beispielen der universelle E/A-Bus 136a ein Hochgeschwindigkeitsbackbone (z. B. über ein Lichtwellenleiterkabel) für viel schnellere Kommunikationen vor, als das relativ langsame Kommunikationsbackbone eines üblichen kupferbasierten Feldbussegments. Darüber hinaus kann der universelle E/A-Bus 136a in manchen Beispielen Kommunikationen für bis zu 96 Feldgeräte übertragen, während ein übliches Feldbussegment darauf beschränkt ist, 16 Geräte zu verbinden. Somit ist die Anzahl der mit der Steuereinheit verbundenen Drähte für die gleiche Anzahl von Feldgeräten deutlich geringer.

[0111] Während in manchen Beispielen mehrere Feldgeräte in einer Multi-Drop-Konfiguration konfiguriert sein können, die mit einem einzigen Abschlussmodul 1332a-f kommunikativ verbunden sind, wie es für Feldbus-Architekturen üblich ist, bietet die in dem gezeigten Beispiel dargestellte Punkt-zu-Punkt- oder Einzelschleifen-Architektur im Vergleich zu herkömmlichen Feldbusentwürfen mehrere Vorteile. Beispielsweise können die Abschlussmodule 1332a-f, wenn die Feldgeräte 1312a-c und 1314a-c wie in dem gezeigten Beispiel dargestellt verdrahtet sind, Strom- und Power-Conditioning-Funktionalität (beispielsweise über die im Zusammenhang mit **Fig. 6** beschriebene Feldstrom-Steuereinheit 610) für jedes Feldgerät vorsehen. Auf diese Weise werden der getrennte DP/PA-Segmentkoppler 1322 und/oder die in **Fig. 13A** gezeigte Stromquelle 1324 nicht länger benötigt. Zusätzlich oder alternativ beinhaltet der Schaltschrank 1308 einen Power Conditioner, der dem Power-Conditioner 218 (**Fig. 2**) im Wesentlichen ähnlich oder gleich ist, um die Notwendigkeit für die getrennten DP/PA-Segmentkoppler 1322 und/oder die in **Fig. 13A** gezeigte Stromquelle 1324 zu eliminieren. Weiterhin ist in solchen Beispielen der Strombedarf geringer als der von der Stromquelle vorgesehene Strom entlang eines üblichen Feldbussegments (z. B. aufgrund des Spannungsabfalls bedingt durch die Kabellänge), da sich die Stromquelle im gezeigten Beispiel am Ort der Feld-

geräte befindet (z. B. innerhalb des Schaltschranks 1308). Weiterhin sehen in manchen Beispielen die Abschlussmodule 1332a-f (z. B. über entsprechende Feldstrom-Steuereinheiten 610) Kurzschlusschutz und Strombegrenzung für jede Stichleitung 1326a-c und 1328a-c vor, wodurch die Notwendigkeit für die getrennten Segment-Protectors 1330a-b beseitigt wird.

[0112] Außerdem bietet das individuelle Verbinden der Feldgeräte 1312a-c und 1314a-c mit getrennten Abschlussmodulen 1332a-f Einzelschleifenintegrität, so dass das ordnungsgemäße Abschließen, das in üblichen Feldbus-Architekturen ein Problem darstellt, weniger von Belang ist. Weiterhin reduziert die direkte Punkt-zu-Punkt-Verbindung zwischen jedem Feldgerät 1312a-c und 1314a-c und den entsprechenden Abschlussmodulen 1332a-f die mit der Entwicklung und Implementierung eines üblichen Feldbussegments verbundene Komplexität und Ausgestaltung wesentlich, da die Signale von jedem Feldgerät am Back-End getrennt empfangen, verarbeitet oder elektronisch rangiert werden. Dementsprechend werden die Kosten für die Anschaffung, das Konfigurieren und die Wartung der vielen Komponenten in einer üblichen Feldbus-Architektur sowie die Zeit und Ausgaben für die Ausgestaltung solcher Architekturen und das Gewährleisten des ordnungsgemäßen Betriebs durch das Implementieren der hierin offenbarten Lehren stark reduziert. Mit anderen Worten können in manchen Beispielen feldbuskonforme Geräte ohne einen DP/PA-Koppler und/oder eine Stromquelle an einem Segment (z. B. außer der Stromquelle und/oder dem Power-Conditioner im Schaltschrank 122 und/oder in den Abschlussmodulen 1332a-f), ohne einen Segment-Protector, ohne protokollspezifische E/A-Karten und ohne signifikante Ausgestaltungsarbeiten für die Segmente in ein Prozessleitsystem einbezogen werden.

[0113] Außerdem sehen die Abschlussmodule 1332a-f in manchen Beispielen umfassende Diagnosefunktionen (z. B. über den Feldbus-Diagnoseanalysator 624 in **Fig. 6**) ohne ein getrenntes umfassendes Diagnosemodul 1325a-b vor. Darüber hinaus können in manchen Beispielen die Diagnosen, die von den Abschlussmodulen 1332a-f durchgeführt werden, zuverlässiger und/oder robuster als bekannte umfassende Diagnosemodule sein, da jedes Abschlussmodul 1332a-f über eine Punkt-zu-Punkt-Verbindung nur ein einziges Feldgerät überwachen muss, und nicht mehrere Geräte wie in einem üblichen Feldbussegment.

[0114] Profibus PA und FF-H1 sind beide Feldbusprotokolle mit der gleichen physikalischen Schicht. Dementsprechend sind in manchen Beispielen die Abschlussmodule 1332a-c, die den Feldgeräten 1312a-c im Profibus PA-Prozessbereich 1302 zuge-

ordnet sind, mit den Abschlussmodulen 1332d-f identisch, die den Feldgeräten 1314a-c im FF-H1-Prozessbereich 1304 zugeordnet sind. Anders ausgedrückt, könnten in manchen Beispielen die Stichleitungen 1326a-c, die mit den Abschlussmodulen 1332a-c verbunden sind, mit den Abschlussmodulen 1332d-f verbunden werden, während die Stichleitungen 1328a-c mit den Abschlussmodulen 1332a-c anstatt mit den Abschlussmodulen 1332d-f verbunden sind. In manchen solcher Beispiele enthalten die Abschlussmodule 1332a-f Autosensing-Funktionalität zum automatischen Erkennen der jeweiligen Protokolle (z. B. entweder Profibus PA oder FF-H1), die dem jeweiligen Feldgerät 1312a-c und 1314a-c, mit dem die Abschlussmodule 1332a-f verbunden sind, zugeordnet sind. Daher können Prozessleitsystem-Ingenieure ein gewünschtes Feldbusgerät unabhängig vom zugeordneten Kommunikationsprotokoll frei wählen (und können selbst Geräte, die mit verschiedenen Protokollen konform sind, kombinieren), ohne ein getrenntes Feldbussegment auszustalten oder die entsprechenden Komponenten beschaffen zu müssen, die zum Implementieren solcher Feldbussegmente erforderlich sind.

[0115] In manchen Beispielen sind die Abschlussmodule 1332a-f so aufgebaut, dass sie eigensicher sind (z. B. konform mit dem Fieldbus Intrinsically Safe Concept (FISCO)), um die Feldgeräte 1312a-c und 1314a-c in gefährlichen Umgebungen einsetzen zu können. In solchen Beispielen ist die Buchsenleiste 1310 des Schaltschranks 1308 ebenfalls eigensicher. In manchen Beispielen sind die Abschlussmodule 1332a-f so aufgebaut, dass die als energiebegrenzt zertifiziert werden können und/oder eine Sicherheitseinstufung erhalten, die das Fieldbus Non-Icendive Concept (FNICO) erfüllt. In manchen solchen Beispielen können die Abschlussmodule 1332a-f die FNICO-Anforderungen erfüllen, selbst wenn sie in einen Schaltschrank mit Buchsenleisten gesteckt sind, die nicht eigensicher sind.

[0116] Zusätzlich oder alternativ sind in manchen Beispielen die hierin beschriebenen Abschlussmodule so aufgebaut, dass sie mit Feldgeräten auf Grundlage von Kommunikationsprotokollen kommunizieren, die keine Busprotokolle sind (z. B. kein Profibus PA oder FF-H1). Beispielsweise können die Abschlussmodule in manchen Beispielen mit einem WirelessHART Gateway verdrahtet sein, um ein oder mehrere WirelessHART-Gerät(e) zu verknüpfen, die das HART-IP-Anwendungsprotokoll verwenden. Zusätzlich oder alternativ können in manchen Beispielen drahtlose Geräte verknüpft werden, die andere drahtlose Technologiestandards wie ISA (International Society of Automation) 100.11a oder WIA-PA (Wireless Networks for Industrial Automation - Process Automation) verwenden. In manchen Beispielen können die hierin beschriebenen

Abschlussmodule so aufgebaut sein, dass sie mit Geräten verknüpft werden, die Protokolle auf Grundlage des Internet-Protokolls (IP) verwenden, beispielsweise den 6TiSCH-Standard (IP Version 6 über Time Slotted Channel Hopping (TSCH)). In manchen Beispielen sind die Abschlussmodule mit Geräten verknüpft, die das Message Queue Telemetry Transport (MQTT)-Protokoll verwenden. Ferner können im manchen Beispielen Sicherheitsfeldgeräte integriert werden, die ein Tunnelprotokoll zwischen der sicheren Umgebung und der entsprechenden Sicherheitssteuereinheit verwenden, wie beispielsweise PROFIsafe (Profibus Safety).

[0117] **Fig. 14A** und **Fig. 14B** zeigen alternative beispielhafte Implementierungen von Peer-to-Peer-Kommunikationen von zwei FF-H1-konformen Feldgeräten 1402a-b, die mit entsprechenden Abschlussmodulen 1404a-b kommunikativ verbunden sind. Die beispielhaften Abschlussmodule 1404a-b können den oben beschriebenen Abschlussmodulen 1332a-f im Wesentlichen ähnlich oder mit ihnen identisch sein. Obwohl Peer-to-Peer-Kommunikationen zwischen Geräten im Feld für die Verwendung des Profibus PA-Feldbusprotokolls nicht vorgesehen sind, sind solche Kommunikationen möglich, wenn das FF-H1-Protokoll verwendet wird, wodurch das Steuern im Feld unabhängig von der Steuereinheit (z. B. Steuereinheit 1306 in **Fig. 13A**) möglich ist. Im in **Fig. 14A** gezeigten Beispiel sind die Abschlussmodule 1404a-b mit entsprechenden Abschlussblock-Basiseinheiten 1406a-b verbunden, die der Basiseinheit 402 (**Fig. 4**) im Wesentlichen ähnlich oder mit ihr identisch sind, abgesehen davon, dass die Basiseinheiten 1406a-b mit vier entsprechenden Abschlüssen 1408a-b gezeigt sind. Im gezeigten Beispiel sind die Drahtpaare für jede Stichleitung 1410a-b für die Feldgeräte 1402a-b mit einem ersten Paar der Abschlüsse 1408a-b verbunden, während die entsprechenden Drahtpaare des zweiten Paar von Abschlüssen 1408a-b von jeder Basiseinheit 1406a-b miteinander verbunden sind. Auf diese Weise sind beide Feldgeräte 1402a-b mit jedem der Abschlussmodule 1404a-b kommunikativ verbunden und auch miteinander kommunikativ verbunden.

[0118] Das direkte Verbinden von getrennten Feldgeräten 1402 a-b mit jedem Abschlussmodul 1404a-b, wie im in **Fig. 14A** gezeigten Beispiel dargestellt, ist möglich, da die Abschlussmodule 1404a-b unabhängige Power-Conditioning-Funktionalität (z. B. über die Feldgerät-Steuereinheit 610) für die jeweiligen Feldgeräte 1402a-b vorsieht. Das heißt, dass das von jedem Abschlussmodul 1404a-b vorgesehene Power-Conditioning dazu dient, Signale von einem der Feldgeräte (z. B. Feldgerät 1402a) daran zu hindern, Kommunikationen mit dem anderen Feldgerät (z. B. Feldgerät 1402b) zu unterbrechen. Wie oben beschrieben ist in manchen Beispielen das Power-Conditioning jedoch von einem getrenn-

ten Power-Conditioner 218 für alle Feldgeräte zusammen auf der gleichen Buchsenleiste (z. B. über eingespeisten Strom) vorgesehen. In manchen solchen Beispielen sind die Feldgeräte 1402a-b, wie in **Fig. 14B** gezeigt, über einen Segment-Protector 1412 mit den Abschlussmodulen 1404a-b kommunikativ verbunden. Das heißt, dass durch den Segment-Protector 1412 Peer-to-Peer-Kommunikationen zwischen den Feldgeräten 1402a-b erreicht werden, obwohl jedes Feldgerät 1402a-b noch einem entsprechenden Abschlussmodul 1404a-b zugeordnet ist. Ferner verhindert der Segment-Protector 1412, dass der an jedes Feldgerät 1402a-b durch sein entsprechendes Abschlussmodul 1404a-b gelieferte Strom die Kommunikationen eines der Feldgeräte 1402a-b beeinflusst. In den in **Fig. 14A** und **Fig. 14B** gezeigten Beispielen wurde auf zusätzliche Verdrahtung (z. B. zum Abschirmen oder Erden) zur besseren Deutlichkeit verzichtet.

[0119] Das beispielhafte Verfahren in **Fig. 15** wird im Zusammenhang mit dem beispielhaften Abschlussmodul 1332a in **Fig. 13B** beschrieben. Das beispielhafte Verfahren in **Fig. 15** kann jedoch dazu verwendet werden, beliebige andere Abschlussmodule zu implementieren. Anhand des Flussdiagramms in **Fig. 15** wird beschrieben, wie das beispielhafte Abschlussmodul 1332a das dem entsprechenden Feldgerät zugeordnete Kommunikationsprotokoll (z. B. Feldgerät 1312a), das mit dem Abschlussmodul 1332a verbunden ist, automatisch feststellt. Zuerst stellt das Abschlussmodul 1332a (z. B. über den Verbindungsdetektor 806 in **Fig. 8**) fest, ob ein Feldgerät (z. B. das Feldgerät 1312a) mit dem Abschlussmodul 1332a verbunden ist (Block 1502). Wenn das Abschlussmodul 1332a feststellt, dass das Feldgerät 1312a (oder ein anderes Feldgerät) nicht mit dem Abschlussmodul 1332a verbunden ist (Block 1502), verbleibt die Steuerung bei Block 1502 bis das Abschlussmodul 1332a feststellt, dass das Feldgerät 1312a (oder ein anderes Feldgerät) mit dem Abschlussmodul 1332a verbunden ist.

[0120] Wenn das Abschlussmodul 1332a feststellt, dass das Feldgerät 1312a mit dem Abschlussmodul 1332a verbunden ist (Block 1502), sendet das Abschlussmodul 1332a eine Anforderung (z. B. über den Feldgerät-Kommunikationsprozessor 620 in **Fig. 6**), die gemäß einem ersten Kommunikationsprotokolls (z. B. Profibus PA) formatiert ist (Block 1504). In manchen Beispielen kann die Anforderung der Anfrage entsprechen, die das Feldgerät auffordert, seine Feldgerät-Kennungsinformationen zu übertragen, wie oben im Zusammenhang mit Block 1204 in **Fig. 12** beschrieben wurde. Das Abschlussmodul 1332a stellt dann fest, ob eine Rückmeldung auf die Anforderung empfangen wird (Block 1506). Wie oben in Zusammenhang mit Block 1504 beschrieben, wird die Anforderung entsprechend einem bestimmten Protokoll formatiert. Daher kann

das Feldgerät 1312a die Anforderung nur dann erkennen und somit auf die Anforderung reagieren, wenn das Feldgerät 1312a dem gleichen Protokoll zugeordnet ist. Wenn das Abschlussmodul 1332a demzufolge feststellt, dass eine Rückmeldung empfangen wird (Block 1506), bezeichnet das Abschlussmodul 1332a das Kommunikationsprotokoll der beantworteten Anforderung als das Protokoll, das dem Feldgerät 1312a zugeordnet ist (Block 1506). Wenn beispielsweise die erste Anforderung gemäß dem Profibus PA-Protokoll formatiert wurde und eine Rückmeldung auf die Anforderung empfangen wird, wird das dem Feldgerät 1312a entsprechende Kommunikationsprotokoll als Profibus PA bezeichnet.

[0121] Wenn das Abschlussmodul 1332a bei Block 1506 feststellt, dass keine Rückmeldung auf die Anforderung empfangen wird, sendet das Abschlussmodul 1332a eine weitere Anforderung, die gemäß einem anderen Kommunikationsprotokoll (z. B. FF-H1) formatiert wurde (z. B. über den Feldgerät-Kommunikationsprozessor 620) (Block 1508). Das Abschlussmodul 1332a stellt dann fest, ob eine Rückmeldung auf die Anforderung empfangen wird (Block 1510). Wenn das Abschlussmodul 1332a feststellt, dass eine Rückmeldung auf die Anforderung empfangen wird (Block 1510), bezeichnet das Abschlussmodul 1332a das Kommunikationsprotokoll der beantworteten Anforderung als das Protokoll, das dem Feldgerät 1312a entspricht (Block 1516). Wenn das Abschlussmodul 1332a feststellt, dass keine Rückmeldung auf die Anforderung empfangen wird (Block 1510), stellt das Abschlussmodul 1332a fest, ob mehr Kommunikationsprotokolle getestet werden können (z. B. andere als Profibus PA und FF-H1 (e.g., HART)). Stehen mehr Kommunikationsprotokolle bereit, kehrt die Steuerung zu Block 1508 zurück, um eine weitere Anforderung zu senden, die gemäß einem anderen Kommunikationsprotokoll formatiert ist. Wenn das Abschlussmodul 1332a feststellt, dass keine weiteren Kommunikationsprotokolle getestet werden kann, erzeugt das Abschlussmodul 1332a eine Fehlermeldung (Block 1514). Beispielsweise kann die Fehlermeldung anzeigen, dass sich das Feldgerät 1312a nicht rückmeldet und/oder dass das dem Feldgerät 1312a zugeordnete Kommunikationsprotokoll nicht festgestellt werden kann.

[0122] Nachdem das Abschlussmodul 1332a eine Fehlermeldung erzeugt hat (Block 1514) oder das Kommunikationsprotokoll der beantworteten Anforderung als das dem Feldgerät 1312a entsprechende Protokoll bezeichnet (Block 1516), wird der Vorgang in **Fig. 15** beendet und/oder die Steuerung an beispielsweise eine(n) Aufrufprozess oder -funktion zurückgeführt.

[0123] **Fig. 16** ist ein Blockschaltbild eines beispielhaften Prozessorsystems 1610, das zum Implementieren der hierin beschriebenen Vorrichtung und Verfahren verwendet werden kann. Beispielsweise können Prozessorsysteme zum Implementieren der Workstation 102, der Steuereinheit 104, der E/A-Karte 132a und/oder der Abschlussmodule 124a-c und 126a-c in **Fig. 1A** verwendet werden, die dem beispielhaften Prozessorsystem 1610 ähnlich oder mit ihm identisch sind. Obwohl das beispielhafte Prozessorsystem 1610 in der Beschreibung unten mehrere Peripheriegeräte, Schnittstellen, Chips, Speicher usw. enthält, kann auf eines oder mehrere dieser Elemente in anderen beispielhaften Prozessorsystemen verzichtet werden, die zum Implementieren eines oder mehrerer der Elemente Workstation 102, Steuereinheit 104, E/A-Karte 132a und/oder der Abschlussmodule 124a-c und 126a-c verwendet werden.

[0124] Wie in **Fig. 16** gezeigt, enthält das Prozessorsystem 1610 einen Prozessor 1612, der mit einem Verbindungsbus 1614 verbunden ist. Der Prozessor 1612 enthält einen Registersatz oder Registerplatz 1616, der in **Fig. 16** als vollkommen auf einem Chip befindlich dargestellt ist, der sich jedoch alternativ auch vollständig oder teilweise außerhalb des Chips befinden und über zweckbestimmte elektrische Verbindungen und/oder über den Verbindungsbus 1614 direkt mit dem Prozessor 1612 verbunden sein könnte. Der Prozessor 1612 kann jede(r) geeignete Prozessor, Prozessoreinheit oder Mikroprozessor sein. Obwohl in **Fig. 16** nicht gezeigt, kann das System 1610 ein System mit mehreren Prozessoren sein und somit einen oder mehrere zusätzliche Prozessoren enthalten, die dem Prozessor 1612 ähnlich oder mit ihm identisch sind, und die mit dem Verbindungsbus 1614 kommunikativ verbunden sind.

[0125] Der Prozessor 1612 in **Fig. 16** ist mit einem Chipsatz 1618 verbunden, der eine Speichersteuereinheit 1620 und eine periphere Eingabe-/Ausgabe-(E/A-)Steuereinheit 1622 enthält. Wie es gut bekannt ist, sieht ein üblicher Chipsatz E/A- und Speichermanagement-Funktionen sowie mehrere Register für allgemeine und/oder spezielle Zwecke, Zeitmesser usw. vor, die für ein oder mehrere mit dem Chipset 1618 verbundene Prozessoren zugänglich sind oder von diesen verwendet werden. Die Speicherkontrolleinheit 1620 führt Funktionen aus, mit denen der Prozessor 1612 (oder die Prozessoren, wenn mehrere Prozessoren vorhanden sind) auf einen Systemspeicher 1624 und einen Massenspeicher 1625 zugreifen können.

[0126] Der Systemspeicher 1624 kann einen gewünschten Typ von flüchtigem und/oder nicht-flüchtigem Speicher wie beispielsweise SRAM (Static Random Access Memory), DRAM (Dynamic Random Access Memory), Flash-Speicher, schreib-

geschützten Speicher (ROM) usw. enthalten. Der Massenspeicher 1625 kann einen gewünschten Typ von Massenspeichergerät beinhalten. Wenn das beispielhafte Prozessorsystem 1610 beispielsweise zum Implementieren der Workstation 102 (**Fig. 1A**) verwendet wird, kann der Massenspeicher 1625 ein Festplattenlaufwerk, ein optisches Laufwerk, ein Bandspeichergerät usw. beinhalten. Alternativ kann, wenn das beispielhafte Prozessorsystem 1610 zum Implementieren der Steuereinheit 104, einer der E/A-Karten 132a-b und 134a-b oder eines der Abschlussmodule 124a-c und 126a-c verwendet wird, der Massenspeicher 1625 einen Halbleiterspeicher (z. B. einen Flash-Speicher, ein RAM-Speicher usw.) einen Magnetspeicher (z. B. eine Festplatte) oder einen anderen Speicher enthalten, der zum Massenspeichern in der Steuereinheit 104, den E/A-Karten 132a-b und 134a-b oder den Abschlussmodulen 124a-c und 126a-c geeignet ist.

[0127] Die periphere E/A-Steuereinheit 1622 führt Funktionen aus, mit denen der Prozessor 1612 über einen peripheren E/A-Bus 1632 mit peripheren Eingabe-/Ausgabe-(E/A-)Geräten 1626 und 1628 und einer Netzwerkschnittstelle 1630 kommunizieren kann. Die E/A-Geräte 1626 und 1628 können ein gewünschter E/A-Gerätetyp sein, wie beispielsweise eine Tastatur, eine Anzeige (z. B. eine Flüssigkristallanzeige (LCD), eine Kathodenstrahlröhrenanzeige (CRT) usw.), ein Navigationsgerät (z. B. eine Maus, ein Trackball, ein kapazitives Touchpad, ein Joystick usw.) usw. sein. Die Netzwerkschnittstelle 1630 kann beispielsweise ein Ethernet-Gerät, ein ATM-Gerät (Asynchronous Transfer Mode), ein 802.1 1-Gerät, ein DSL-Modem, ein Kabelmodem, ein Mobilfunkmodem usw. sein, anhand dessen das Prozessorsystem 1610 mit einem anderen Prozessorsystem kommunizieren kann.

[0128] Während die Speichersteuereinheit 1620 und die E/A-Steuereinheit 1622 in **Fig. 16** als getrennte Funktionsblöcke in dem Chipsatz 1618 dargestellt sind, können die von diesen Blöcken ausgeführten Funktionen auch in eine einzige Halbleiterorschaltung integriert oder mithilfe von zwei oder mehr getrennten integrierten Schaltungen implementiert werden.

[0129] Obwohl hier bestimmte Verfahren, Vorrichtungen und Herstellungsprodukte beschrieben wurden, ist der Abdeckungsumfang dieses Patents nicht auf diese beschränkt. Dieses Patent deckt im Gegenteil alle Verfahren, Vorrichtungen und Herstellungsartikel ab, die fairerweise in den Umfang der beigefügten Ansprüche entweder wörtlich oder unter der Äquivalenzlehre fallen.

[0130] Gemäß einer weiteren Ausführung der erfindungsgemäßen Vorrichtung ist vorgesehen, dass das dritte Kommunikationsprotokoll Informationen

auf dem Bus von einem zweiten Modul kommuniziert, das sich mit dem Bus und mit dem anderen von dem ersten Feldgerät und dem zweiten Feldgerät in Kommunikation befindet; wobei insbesondere die erste physikalische Schnittstelle der Basiseinheit mit einer dritten physikalischen Schnittstelle einer zweiten Basiseinheit kommunikativ verbunden ist, die entfernbar an dem zweiten Modul befestigt ist, um Peer-to-Peer-Kommunikation zwischen dem ersten und dem zweiten Feldgerät zu ermöglichen und/oder wobei entweder das erste Feldgerät oder das zweite Feldgerät über das Modul mit Energie versorgt wird, und das andere von dem ersten Feldgerät und dem zweiten Feldgerät über das zweite Modul mit Energie versorgt wird, wobei das erste Feldgerät über einen Segment-Protector mit dem zweiten Feldgerät kommunikativ verbunden ist. In einer Ausführung des vorgeschlagenen Verfahrens ist das zweite Kommunikationsprotokoll Profibus PA und das dritte Kommunikationsprotokoll FOUNDATION Fieldbus H1; wobei insbesondere das Verfahren ferner das automatische Feststellen des zweiten Kommunikationsprotokolls oder des dritten Kommunikationsprotokolls umfasst, die entweder dem ersten Feldgerät oder dem zweiten Feldgerät zugeordnet sind, wenn entweder das erste Feldgerät oder das zweite Feldgerät mit der ersten physikalischen Schnittstelle kommunikativ verbunden ist, wobei das Verfahren ferner das automatische Feststellen des zweiten Kommunikationsprotokolls oder des dritten Kommunikationsprotokolls auf folgende Weise umfasst: Übertragen einer ersten Anforderung an entweder das erste Feldgerät oder das zweite Feldgerät, wobei die erste Anforderung gemäß dem zweiten Kommunikationsprotokoll formatiert ist; Übertragen einer zweiten Anforderung an entweder das erste Feldgerät oder das zweite Feldgerät, wobei die zweite Anforderung gemäß dem dritten Kommunikationsprotokoll formatiert ist; Bestimmen, dass entweder das erste Feldgerät oder das zweite Feldgerät dem zweiten Kommunikationsprotokoll zugeordnet ist, wenn eine Rückmeldung auf die erste Anforderung empfangen wird; und Bestimmen, dass entweder das erste Feldgerät oder das zweite Feldgerät dem dritten Kommunikationsprotokoll zugeordnet ist, wenn eine Rückmeldung auf die zweite Anforderung empfangen wird.

Insbesondere ist vorgesehen, dass dieses Verfahren ferner das Überwachen einer physikalischen Schicht und von Kommunikationen zwischen der ersten physikalischen Schnittstelle und entweder dem ersten Feldgerät oder dem zweiten Feldgerät umfasst, um Diagnoseinformationen zu erzeugen, insbesondere wobei die Diagnoseinformationen die Messwerte von mindestens einer der Größen Versorgungsspannung, Laststrom, Signallniveau, Leitungsrauschen oder Jitter umfasst. In einer weiteren Ausführung der vorgeschlagenen Vorrichtung ist das erste Feldbus-Kommunikationsprotokoll Profibus PA; wobei insbesondere das zweite Feldbus-Kommunikations-

protokoll FOUNDATION Fieldbus H1 ist.

Bei einer solchen Vorrichtung sendet insbesondere der Kommunikationsprozessor eine gemäß dem ersten Feldbus-Kommunikationsprotokoll formatierte erste Anforderung an entweder das erste Feldgerät oder das zweite Feldgerät sendet, und eine gemäß dem zweiten Feldbus-Kommunikationsprotokoll formatierte zweite Anforderung an entweder das erste Feldgerät oder das zweite Feldgerät, wobei das entweder dem ersten Feldgerät oder dem zweiten Feldgerät zugeordnete Kommunikationsprotokoll aufgrund einer Rückmeldung auf entweder die erste oder die zweite Anforderung automatisch festgestellt wird.

[0131] Weiterhin weist eine solche Vorrichtung insbesondere ferner einen Diagnoseanalysator zum Erzeugen von Diagnoseinformationen umfasst, die einer Analyse einer physikalischen Schicht und Kommunikationen zwischen der ersten Schnittstelle und entweder dem ersten Feldgerät oder dem zweiten Feldgerät entsprechen, insbesondere wobei die Diagnoseinformationen die Messwerte von mindestens einer der Größen Versorgungsspannung, Laststrom, Signalpegel, Leitungsrauschen oder Jitter auf.

Patentansprüche

1. Vorrichtung, die Folgendes umfasst: eine Basiseinheit, die Folgendes umfasst: eine erste physikalische Schnittstelle, die mit einem ersten Feldgerät in einem Prozesseleitsystem und einem zweiten Feldgerät in dem Prozesseleitsystem kommunikativ verbunden wird; wobei das erste Feldgerät ein primäres Feldgerät und das zweite Feldgerät ein Ersatz-Feldgerät ist und eine zweite physikalische Schnittstelle, die über einen Bus mit einer Steuereinheit im Prozesseleitsystem kommunikativ verbunden wird; und ein Modul, das entfernbar an der Basiseinheit befestigt wird, wobei das Modul mit dem ersten Feldgerät mithilfe eines ersten Kommunikationsprotokolls kommuniziert, wenn bestimmt wurde, dass das erste Feldgerät aktiv ist, und wenn die erste physikalische Schnittstelle mit dem ersten Feldgerät kommunikativ verbunden ist, das Modul mit dem zweiten Feldgerät mithilfe eines zweiten Kommunikationsprotokolls kommuniziert, wenn bestimmt wurde, dass das erste Feldgerät inaktiv ist, und wenn die erste physikalische Schnittstelle mit dem zweiten Feldgerät kommunikativ verbunden ist, das Modul über den Bus mithilfe eines dritten Kommunikationsprotokolls mit der Steuereinheit kommuniziert, wobei sich das dritte Kommunikationsprotokoll vom ersten und zweiten Kommunikationsprotokoll unterscheidet.

2. Vorrichtung nach Anspruch 1, wobei das erste Kommunikationsprotokoll und/oder das zweite Kommunikationsprotokoll ein Feldbus-Protokoll ist,

und/oder

wobei das erste Kommunikationsprotokoll FOUNDATION Fieldbus H1 ist;

insbesondere wobei das zweite Kommunikationsprotokoll Profibus PA ist und/oder

wobei das erste Feldgerät mit FOUNDATION Fieldbus H1 konform ist und mit der ersten physikalische Schnittstelle in einer Punkt-zu-Punkt-Architektur ohne Segment-Protector kommunikativ verbunden ist.

3. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, wobei das erste Kommunikationsprotokoll und/oder das zweite Kommunikationsprotokoll WirelessHART ist und/oder

auf einem Internetprotokoll basiert und/oder Message Queue Telemetry Transport ist und/oder ein Tunnelprotokoll implementiert, wobei das entsprechende erste Feldgerät und/oder zweite Feldgerät eine Sicherheitsvorrichtung ist.

4. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, wobei das Modul eine erste Anforderung, die gemäß dem ersten Kommunikationsprotokoll formatiert ist, an entweder das erste Feldgerät oder das zweite Feldgerät aussendet und eine zweite Anforderung, die gemäß dem zweiten Kommunikationsprotokoll formatiert ist, an entweder das erste Feldgerät oder das zweite Feldgerät aussendet, wobei das Kommunikationsprotokoll, das entweder dem ersten Feldgerät oder dem zweiten Feldgerät zugeordnet ist, aufgrund einer Rückmeldung auf entweder die erste oder die zweite Anforderung automatisch festgestellt wird.

5. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, die ferner einen Diagnoseanalysator zum Erzeugen von Diagnoseinformationen umfasst, die einer Analyse einer physikalischen Schicht und Kommunikationen zwischen der ersten physikalischen Schnittstelle und entweder dem ersten Feldgerät oder dem zweiten Feldgerät entsprechen, insbesondere wobei die Diagnoseinformationen die Messwerte von mindestens einer der Größen Versorgungsspannung, Laststrom, Signalpegel, Leitungsrauschen oder Jitter umfasst.

6. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 5, wobei das dritte Kommunikationsprotokoll Informationen auf dem Bus von einem zweiten Modul kommuniziert, das sich mit dem Bus und mit dem anderen von dem ersten Feldgerät und dem zweiten Feldgerät in Kommunikation befindet.

7. Verfahren, das Folgendes umfasst:
Empfangen erster Informationen an einer Basiseinheit, die eine erste physikalische Schnittstelle aufweist, die mit einem ersten Feldgerät in einem Prozessleitsystem und einem zweiten Feldgerät in dem Prozessleitsystem kommunikativ verbunden wird,

wobei das erste Feldgerät ein primäres Feldgerät und das zweite Feldgerät ein Ersatz-Feldgerät ist; an einem entfernbaren an der Basiseinheit befestigten Modul, Codieren der ersten Informationen zur Kommunikation mithilfe eines ersten Kommunikationsprotokolls, wobei die ersten Informationen vom ersten Feldgerät mithilfe eines zweiten Kommunikationsprotokolls an das Modul kommuniziert werden, wenn bestimmt wurde, dass das erste Feldgerät aktiv ist, und wenn die erste physikalische Schnittstelle mit dem ersten Feldgerät verbunden ist, wobei die ersten Informationen vom zweiten Feldgerät mithilfe eines dritten Kommunikationsprotokolls an das Modul kommuniziert werden, wenn bestimmt wurde, dass das erste Feldgerät inaktiv ist, und wenn die erste physikalische Schnittstelle mit dem zweiten Feldgerät verbunden ist, wobei sich das erste Kommunikationsprotokoll vom dritten Kommunikationsprotokoll unterscheidet; und Kommunizieren der codierten ersten Informationen vom Modul über eine zweite physikalische Schnittstelle der Basiseinheit an eine Steuereinheit über einen Bus mithilfe des ersten Kommunikationsprotokolls.

8. Vorrichtung, die Folgendes umfasst:
eine erste Schnittstelle, die mit entweder einem ersten Feldgerät in einem Prozessleitsystem oder einem zweiten Feldgerät in dem Prozessleitsystem kommunikativ verbunden ist, wobei das erste Feldgerät ein primäres Feldgerät und das zweite Feldgerät ein Ersatz-Feldgerät ist, wobei die erste Schnittstelle mithilfe eines ersten Fieldbus-Kommunikationsprotokolls kommuniziert, wenn sie mit dem ersten Feldgerät verbunden ist, und wenn bestimmt wurde, dass das erste Feldgerät aktiv ist, und mithilfe eines zweiten Fieldbus-Kommunikationsprotokolls kommuniziert, wenn sie mit dem zweiten Feldgerät verbunden ist; wenn bestimmt wurde, dass das erste Feldgerät inaktiv ist, einen Kommunikationsprozessor, der mit der ersten Schnittstelle kommunikativ verbunden ist, wobei der Kommunikationsprozessor erste Informationen, die er entweder vom ersten Feldgerät oder vom zweiten Feldgerät empfängt, zur Kommunikation über einen Bus mithilfe eines dritten Kommunikationsprotokolls codiert, das sich vom ersten und zweiten Fieldbus-Kommunikationsprotokoll unterscheidet; und eine zweite Schnittstelle, die mit dem Kommunikationsprozessor und dem Bus kommunikativ verbunden ist, um die ersten Informationen über den Bus mithilfe des dritten Kommunikationsprotokolls an eine Steuereinheit im Prozessleitsystem zu kommunizieren, wobei der Bus das dritte Kommunikationsprotokoll verwendet, um zweite Informationen zu kommunizieren, die er von dem anderen von dem ersten und dem zweiten Feldgerät empfängt.

9. Vorrichtung nach Anspruch 8 wobei das erste Feldgerät mit Profibus PA konform ist und mit der

ersten Schnittstelle in einer Punkt-zu-Punkt-Architektur ohne DP/PA-Segmentkoppler kommunikativ verbunden ist.

Es folgen 18 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

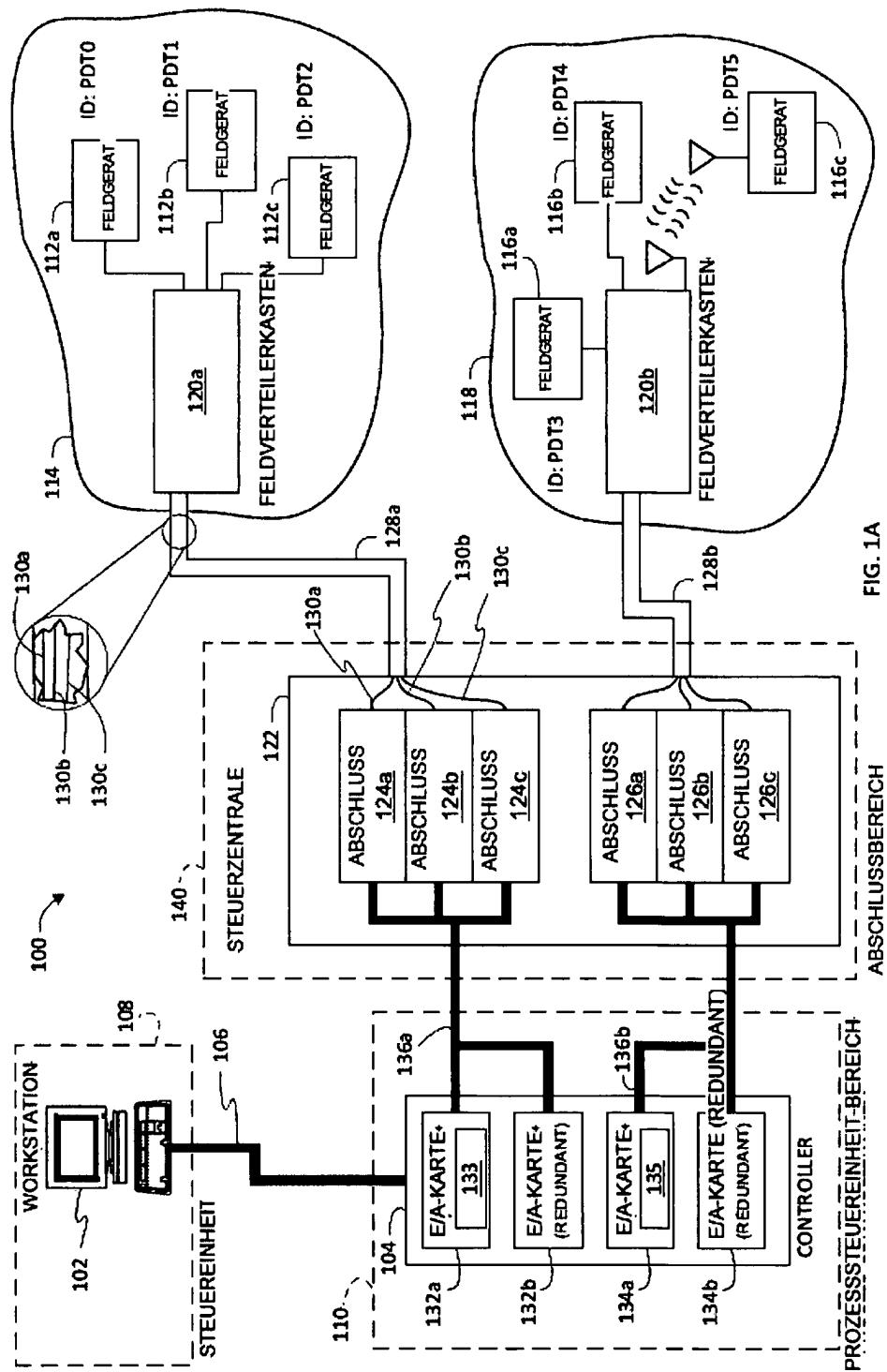
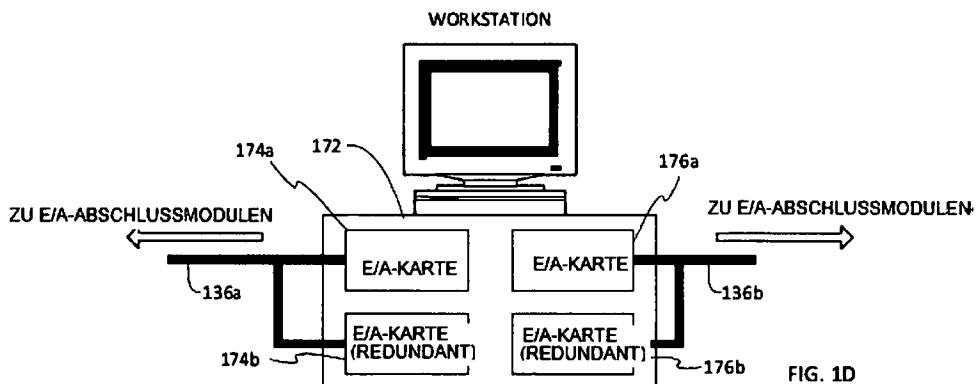
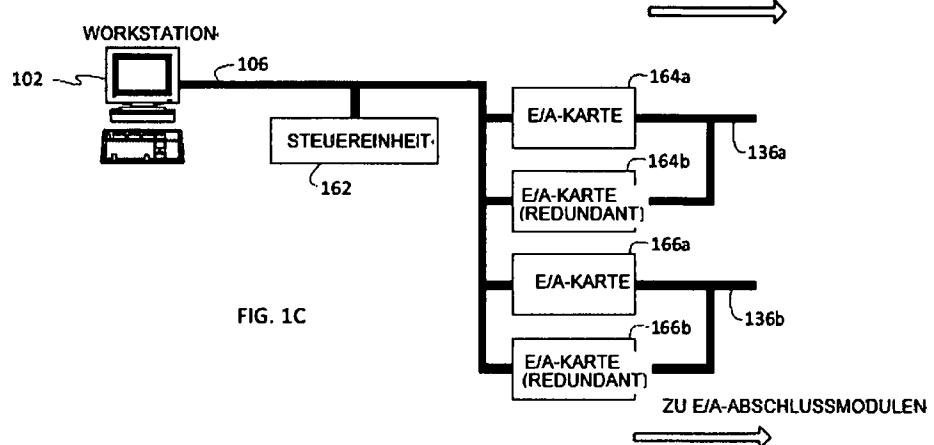
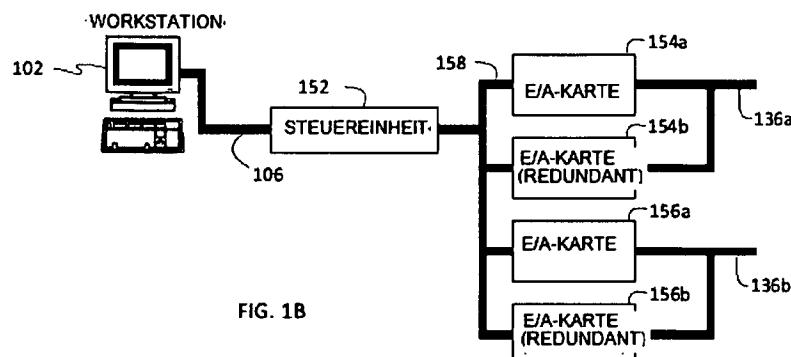


FIG. 1A



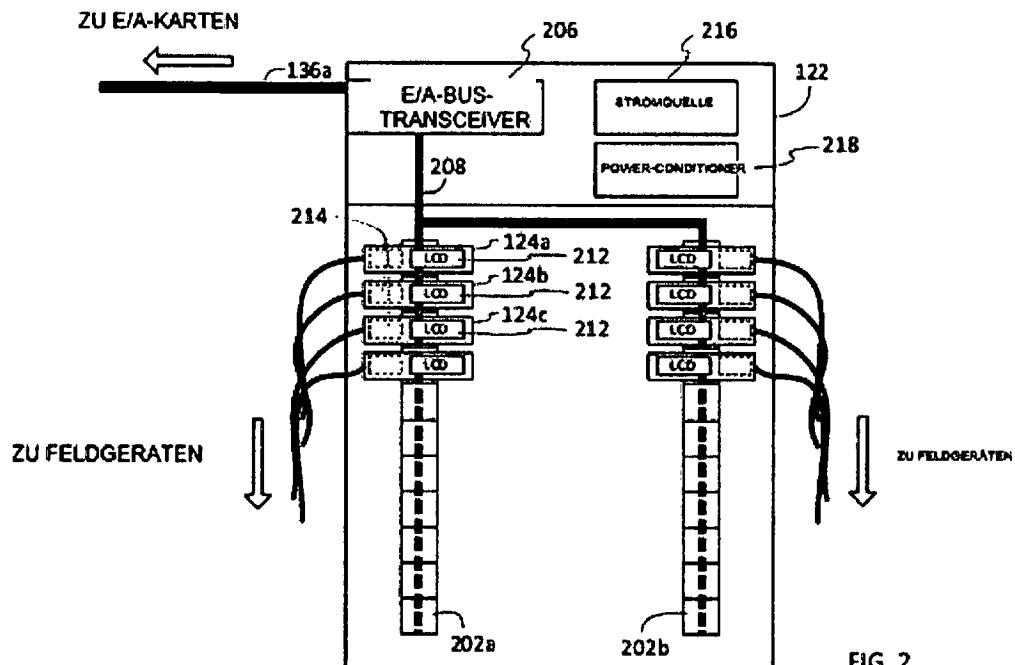


FIG. 2

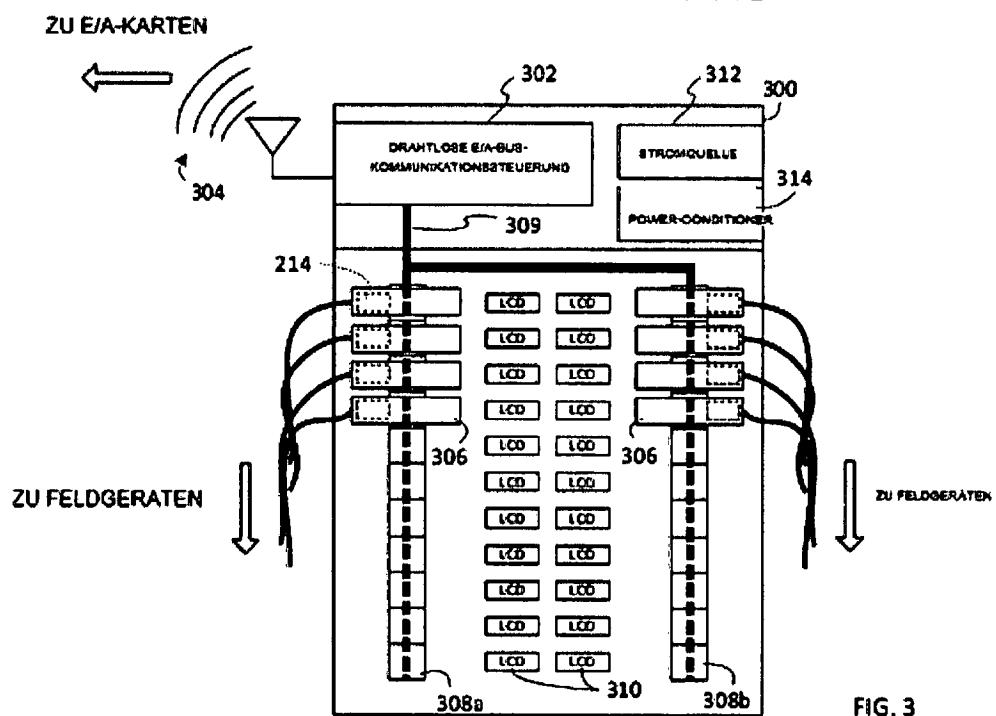


FIG. 3

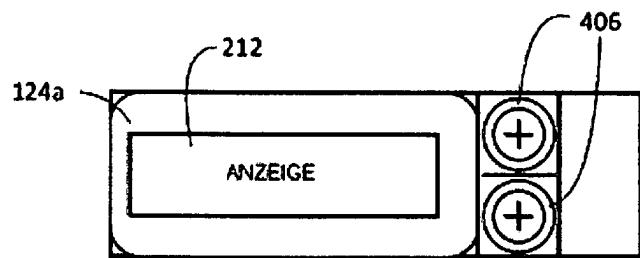


FIG. 4

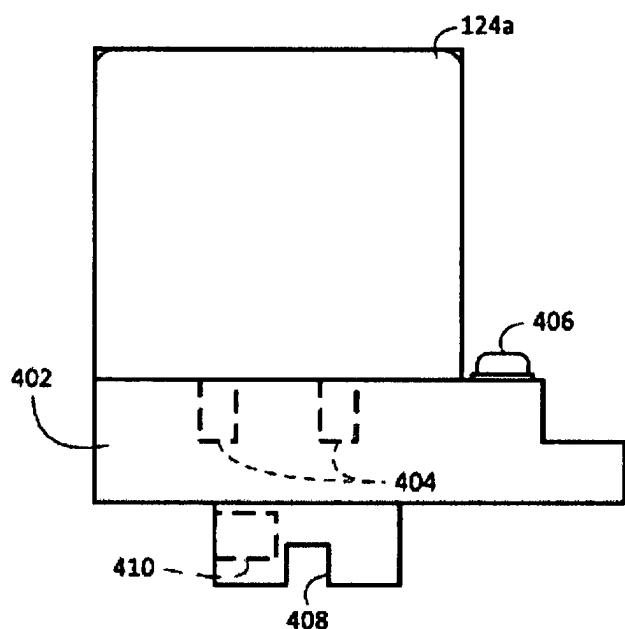


FIG. 5

124a

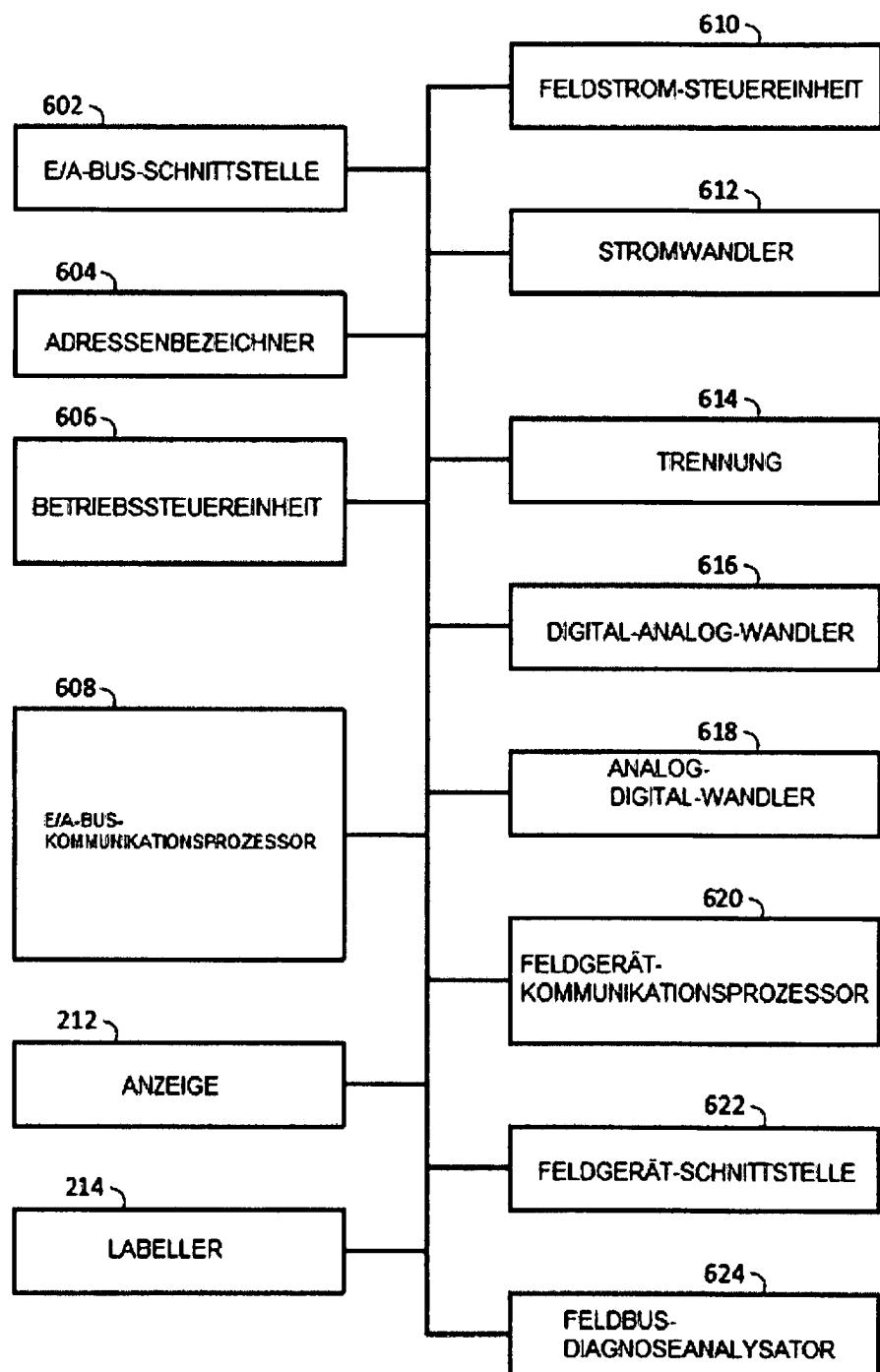


FIG. 6

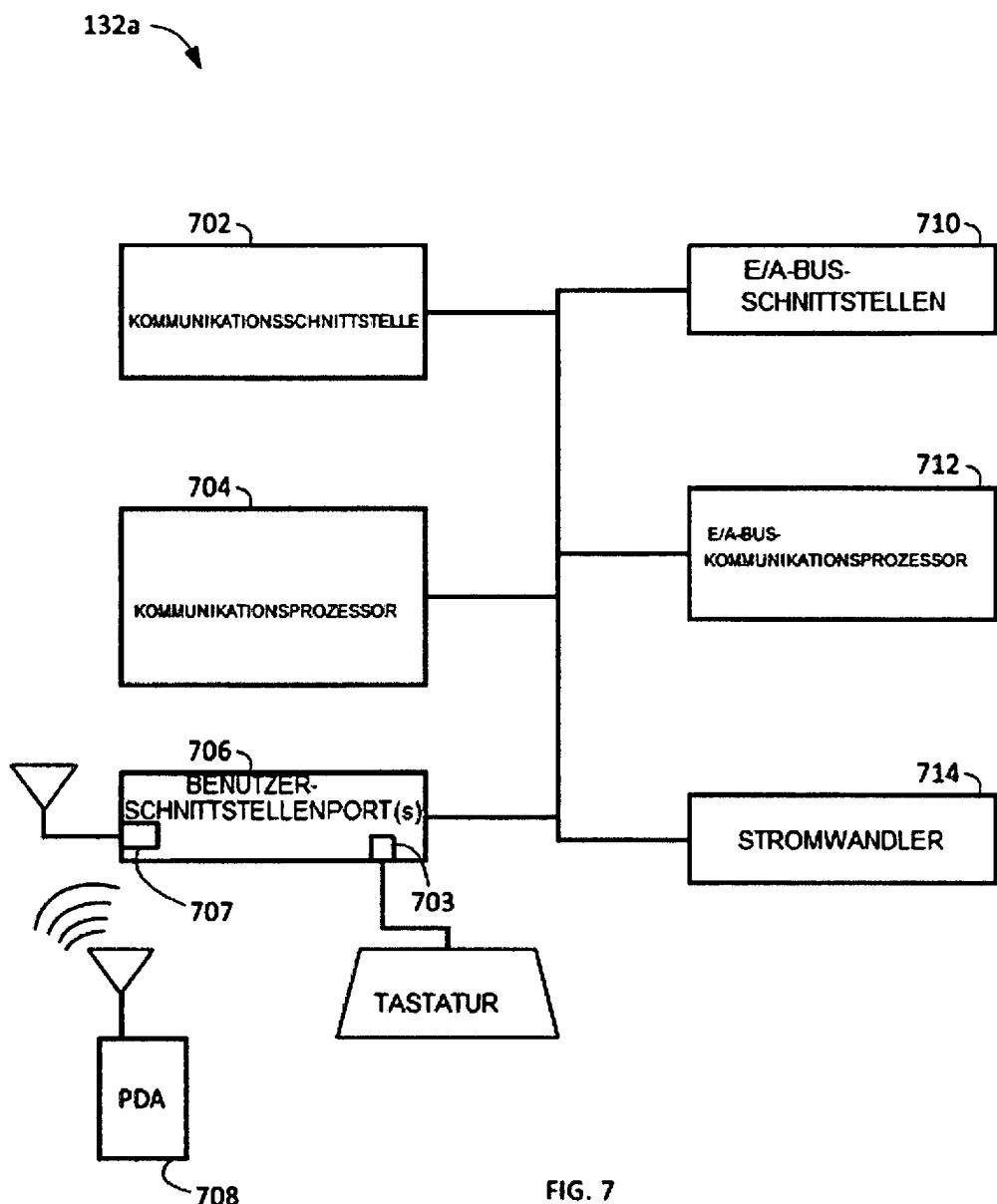


FIG. 7

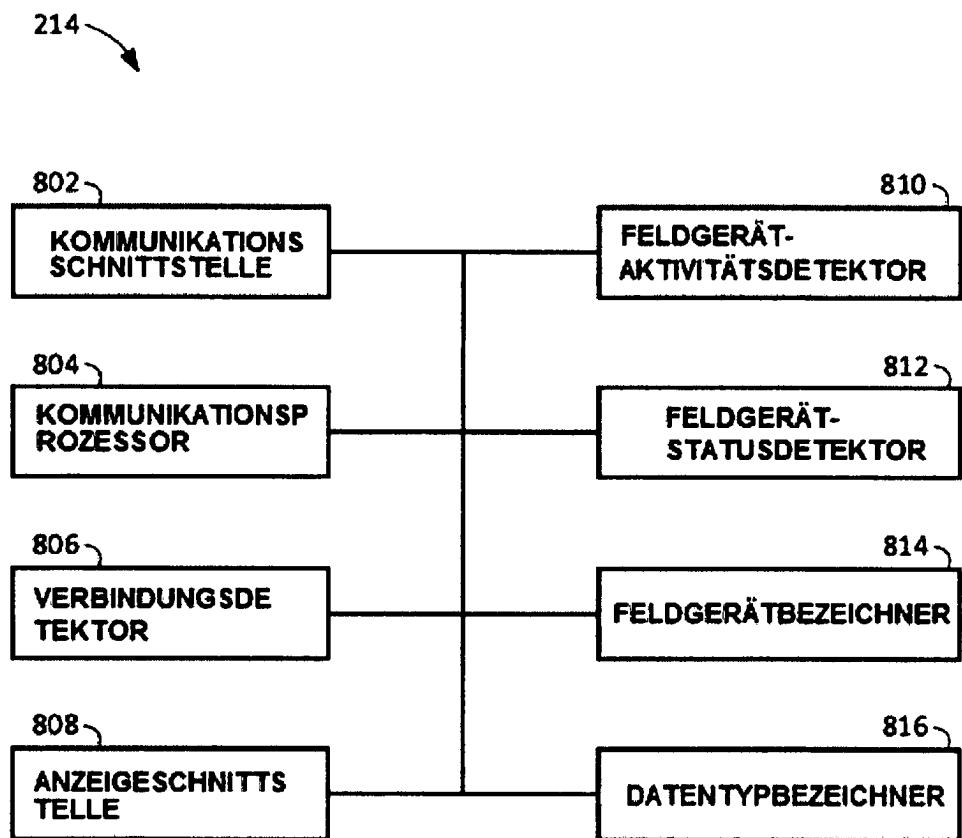


FIG. 8

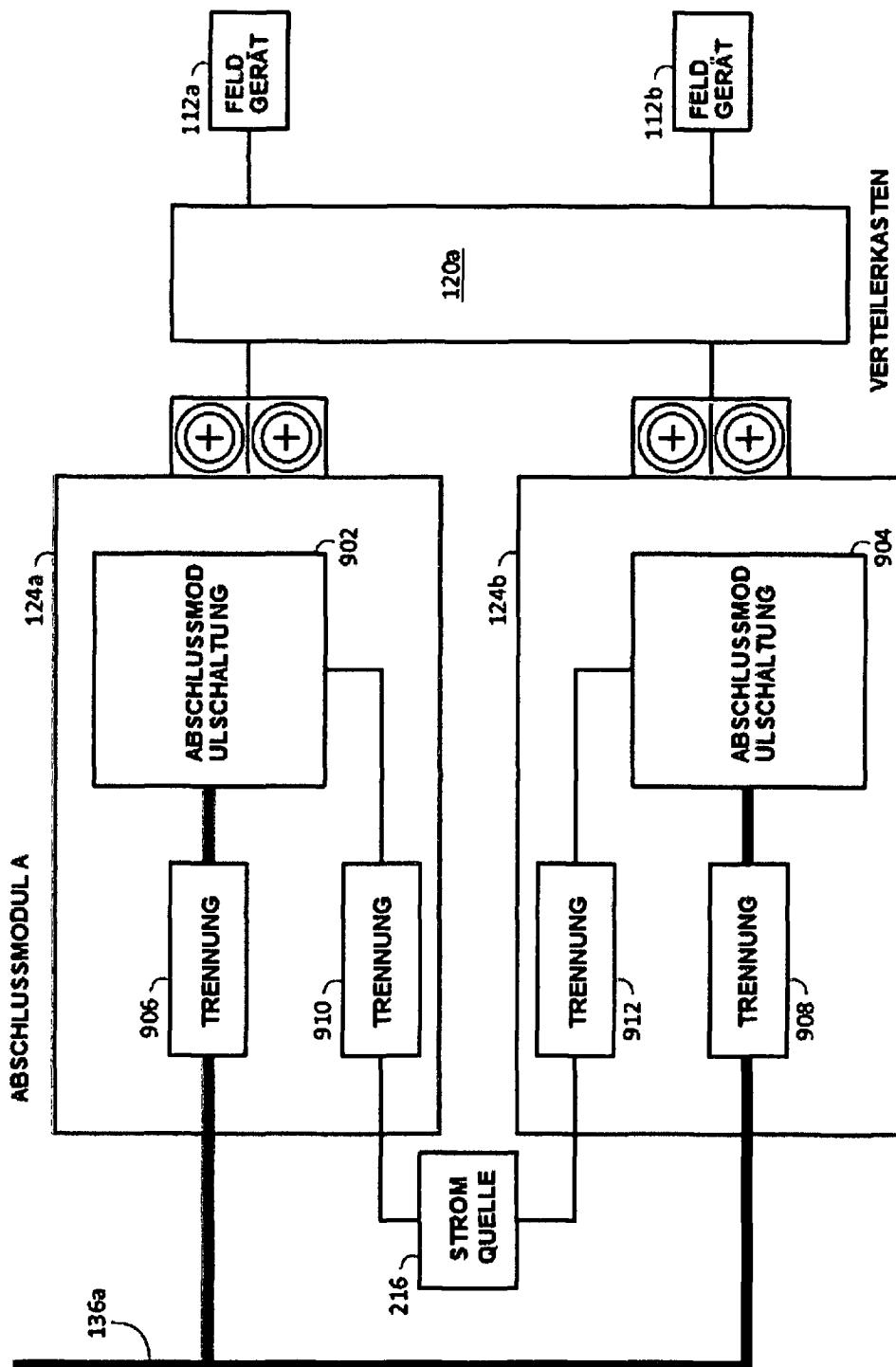


FIG. 9

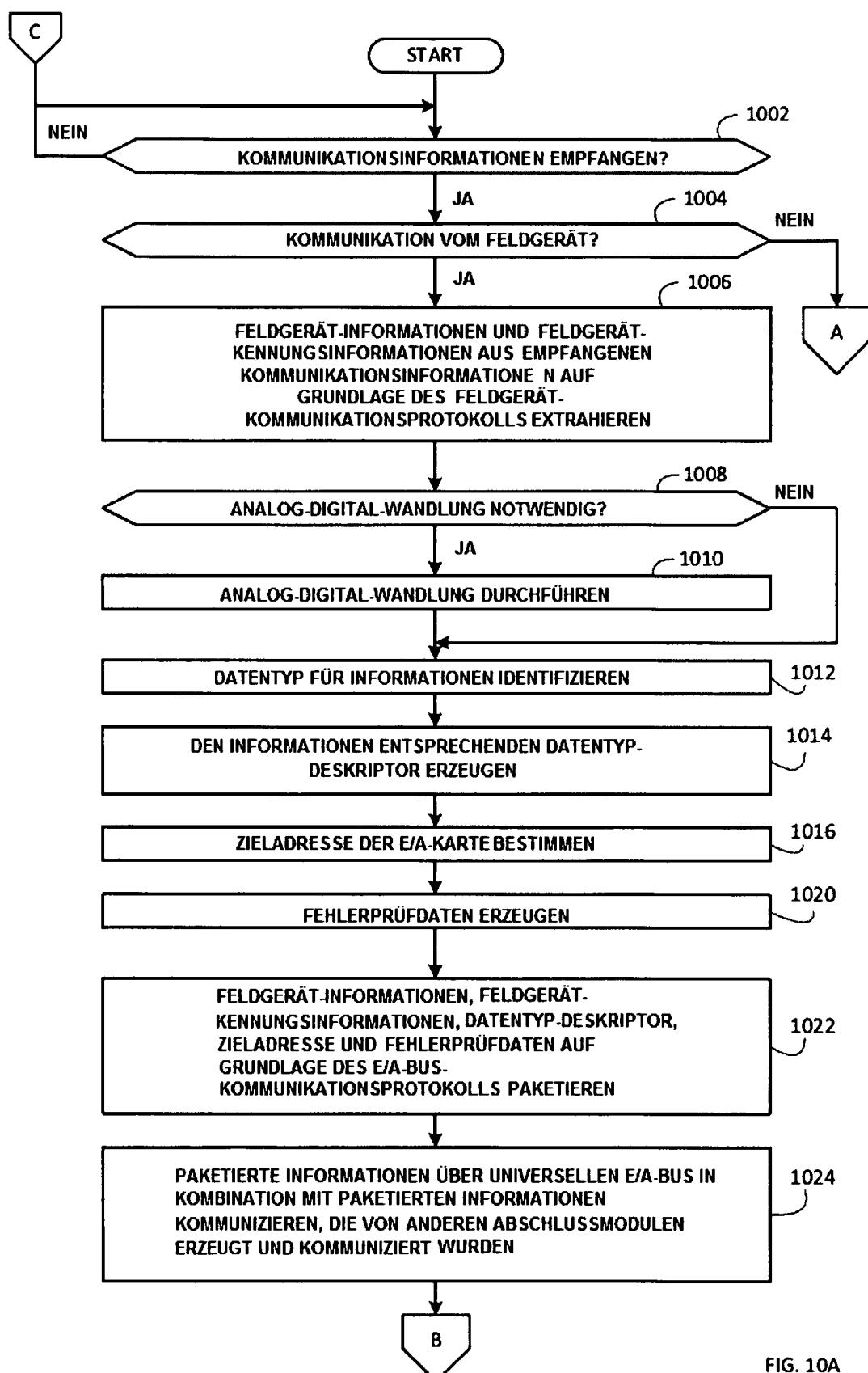


FIG. 10A

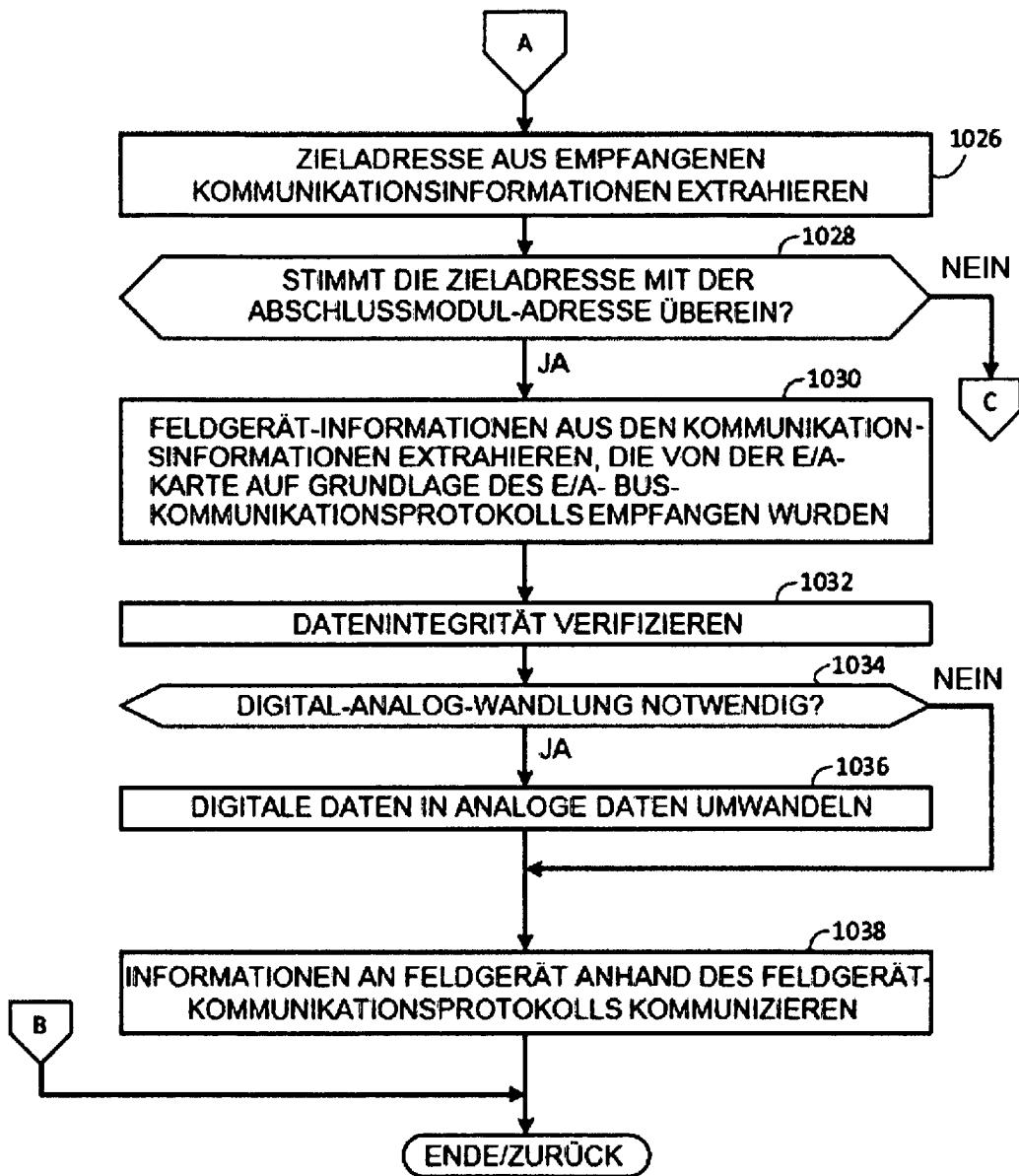


FIG. 108

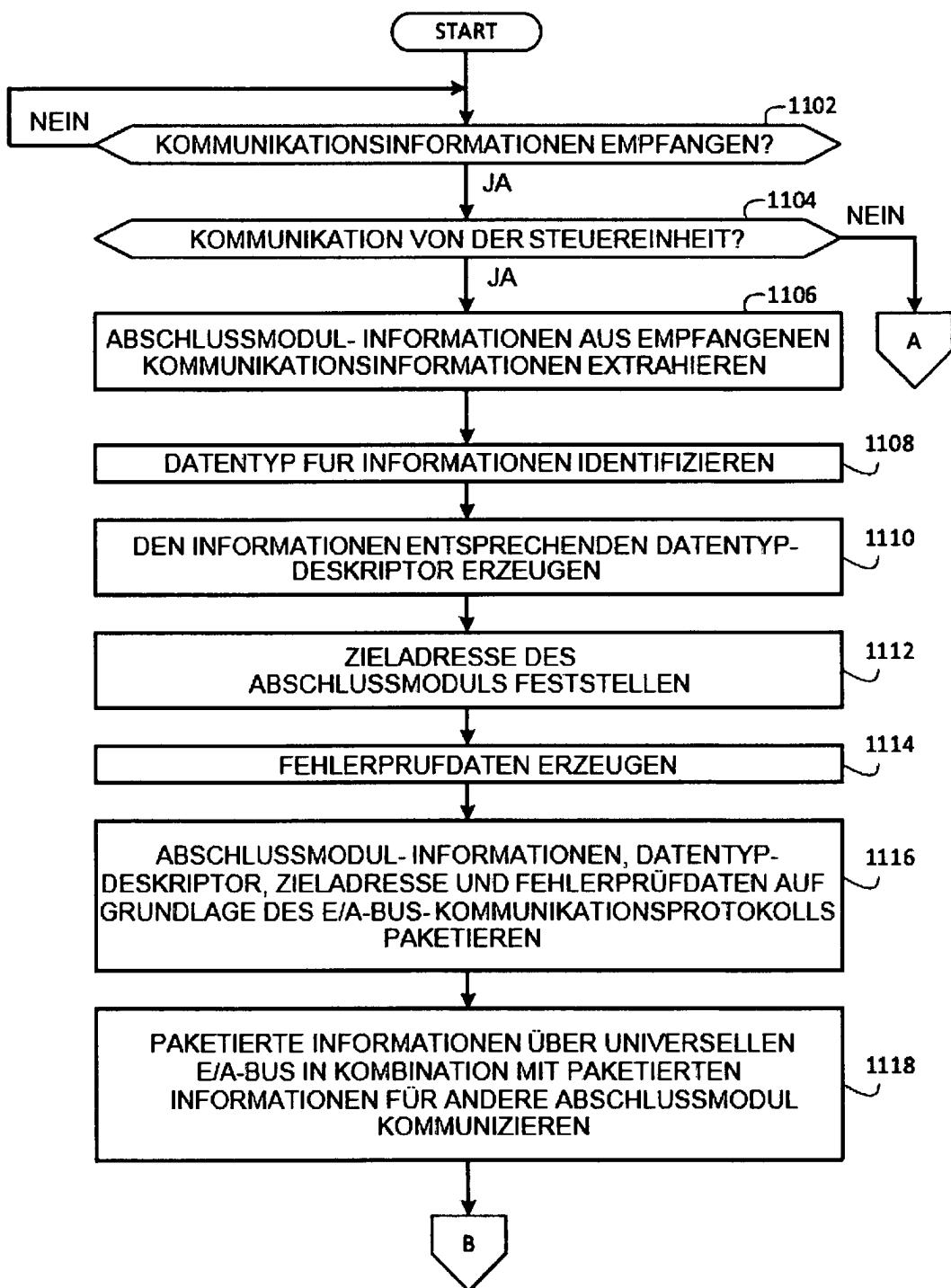


FIG. 11A

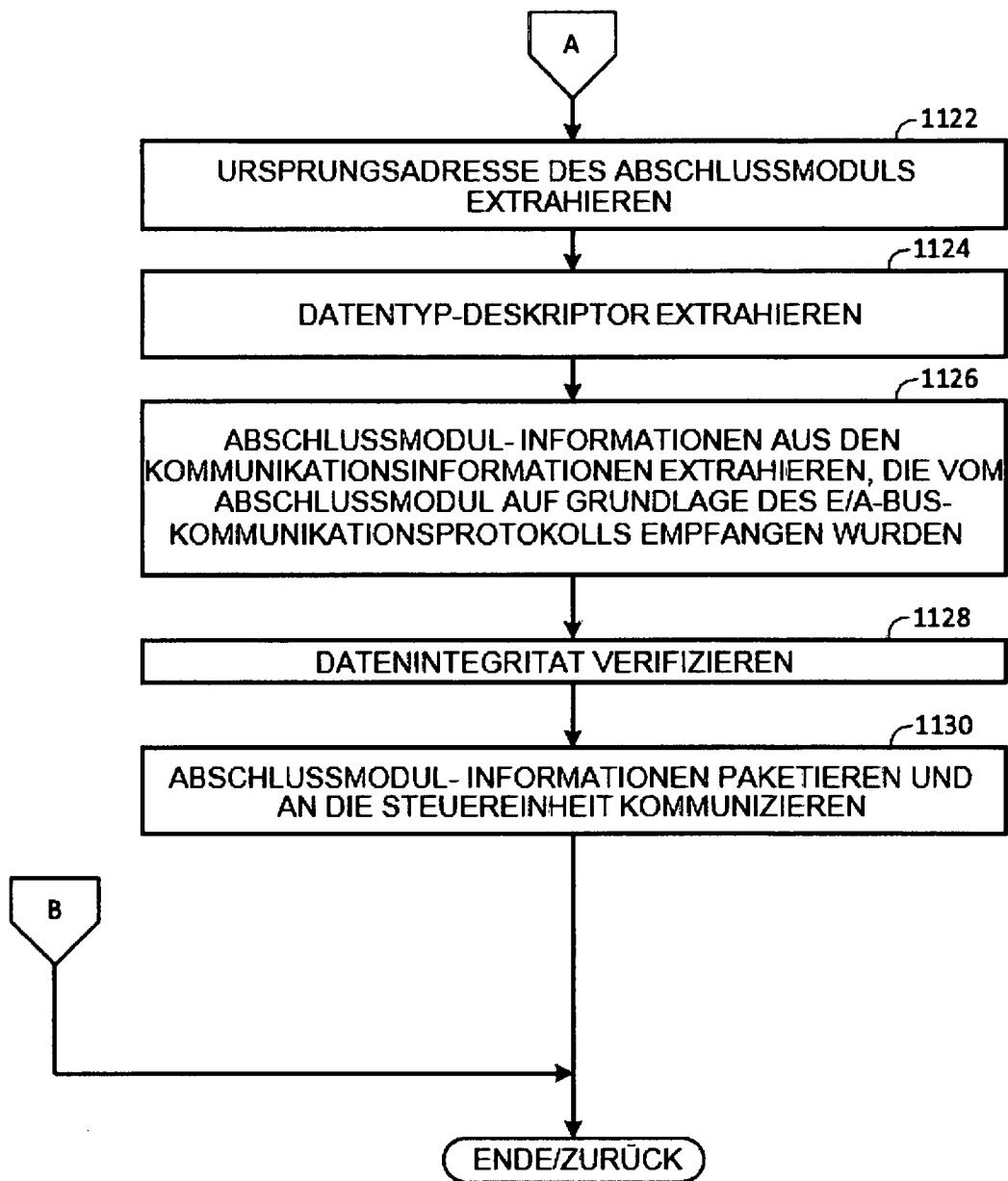


FIG. 11B

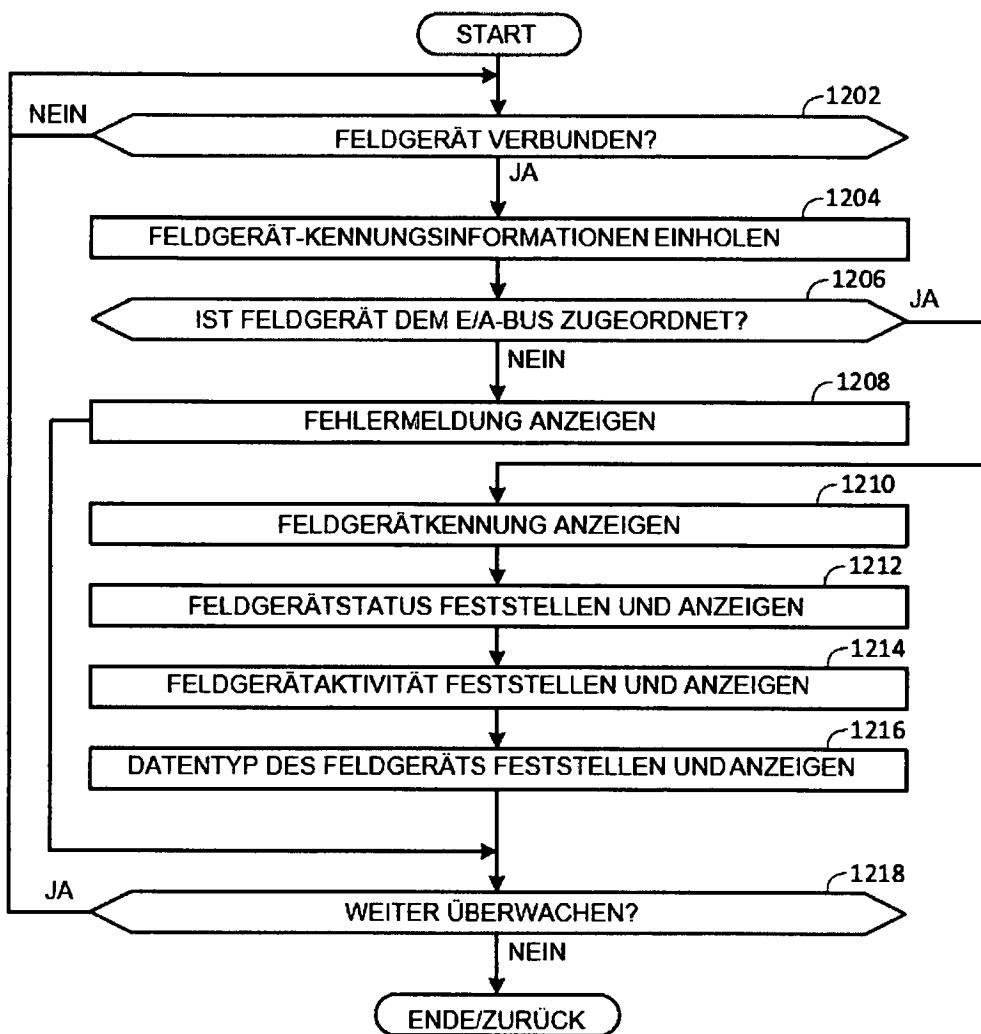


FIG. 12

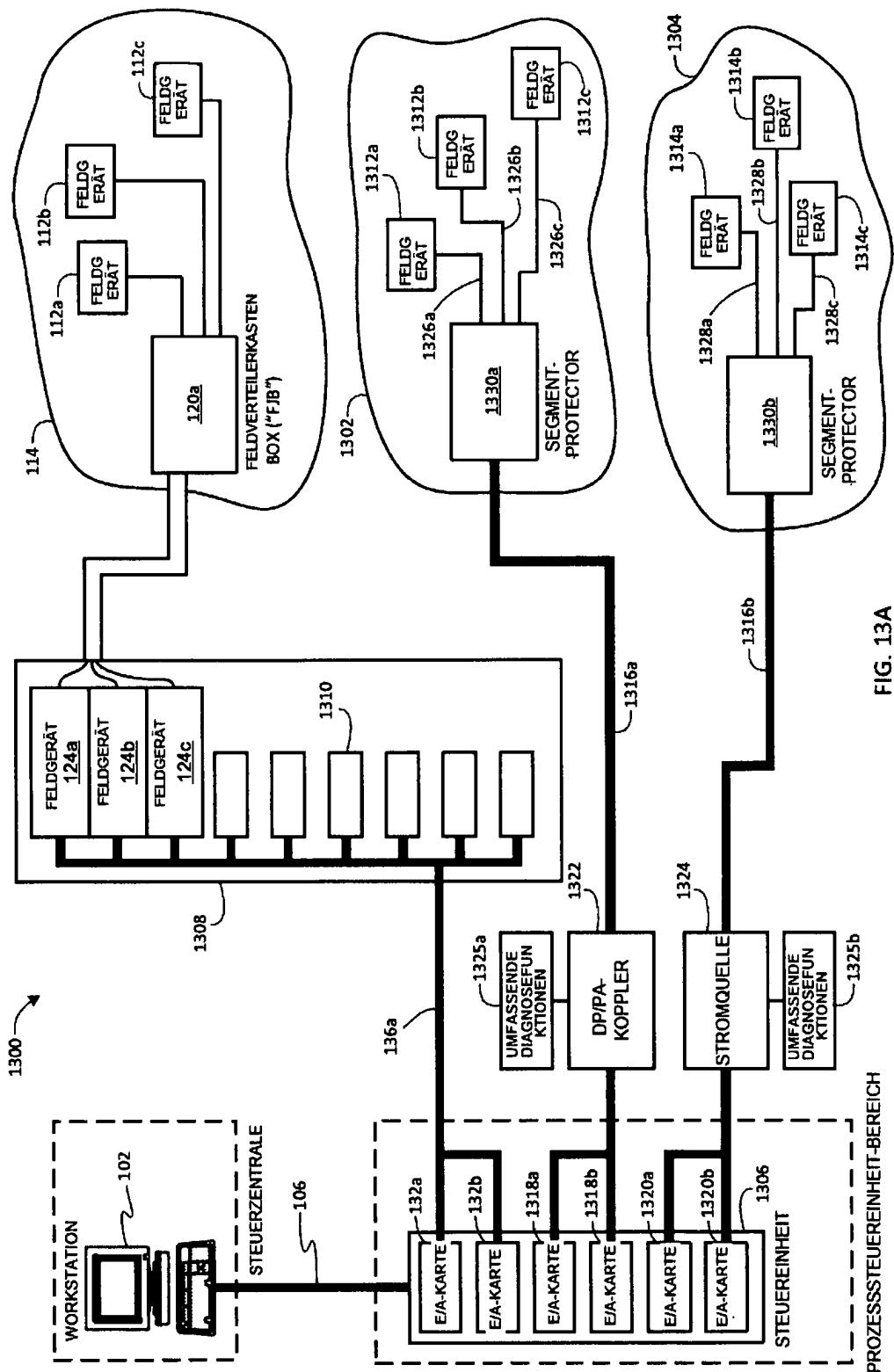


FIG. 13A

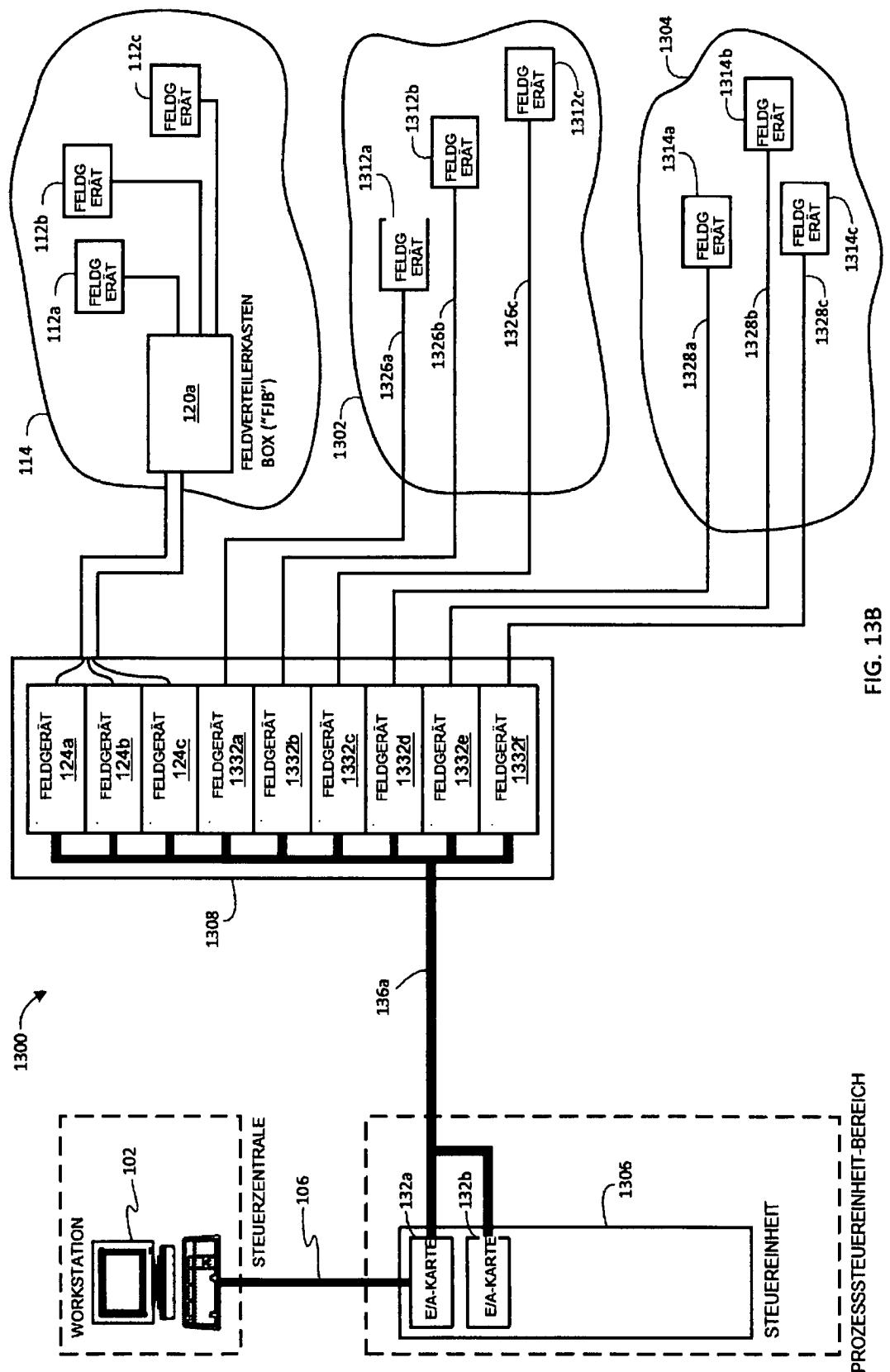


FIG. 13B

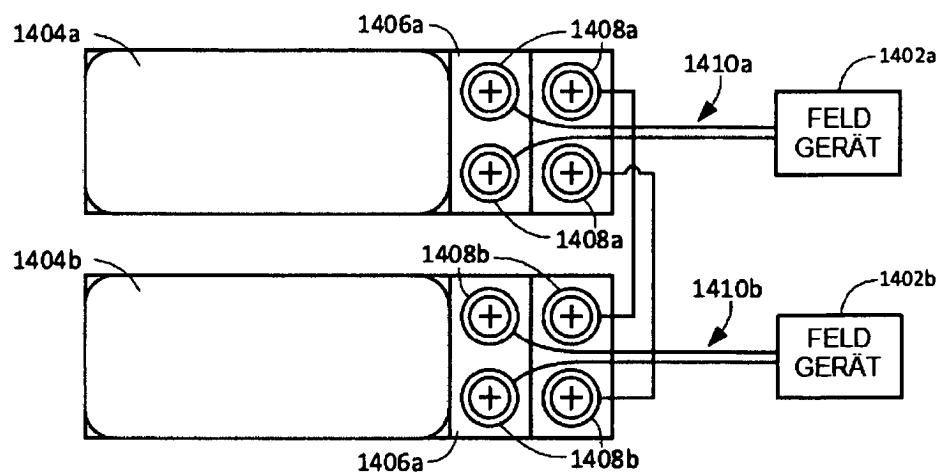


FIG. 14A

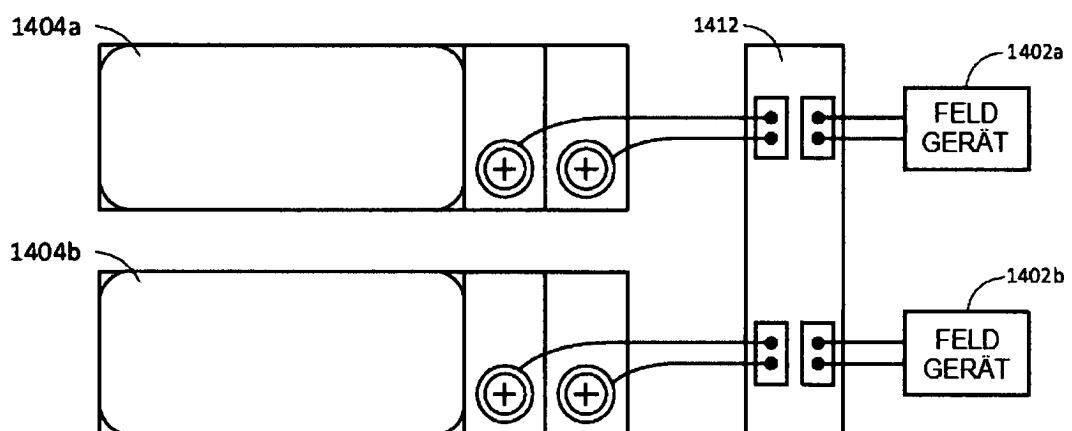


FIG. 14B

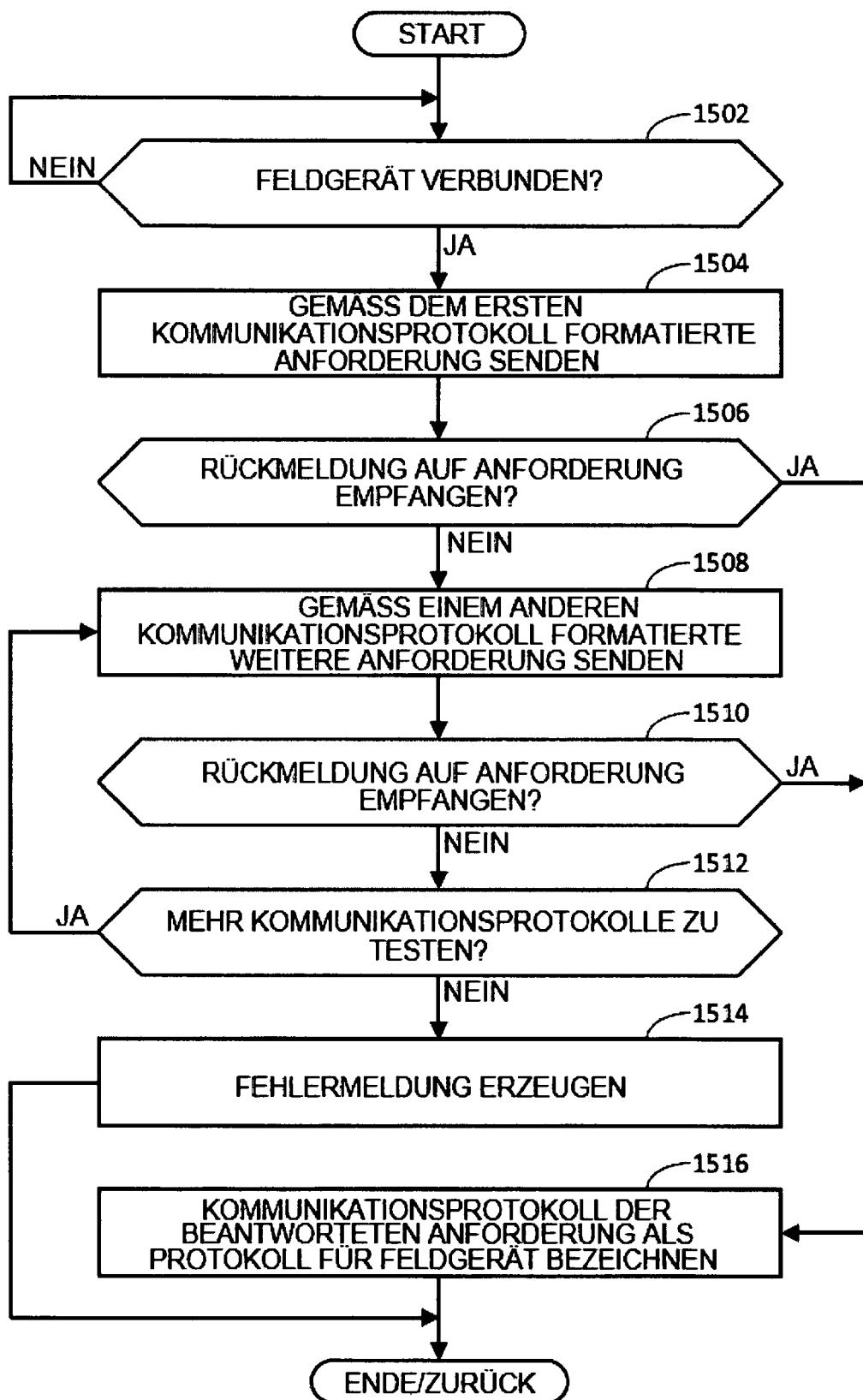


FIG. 15

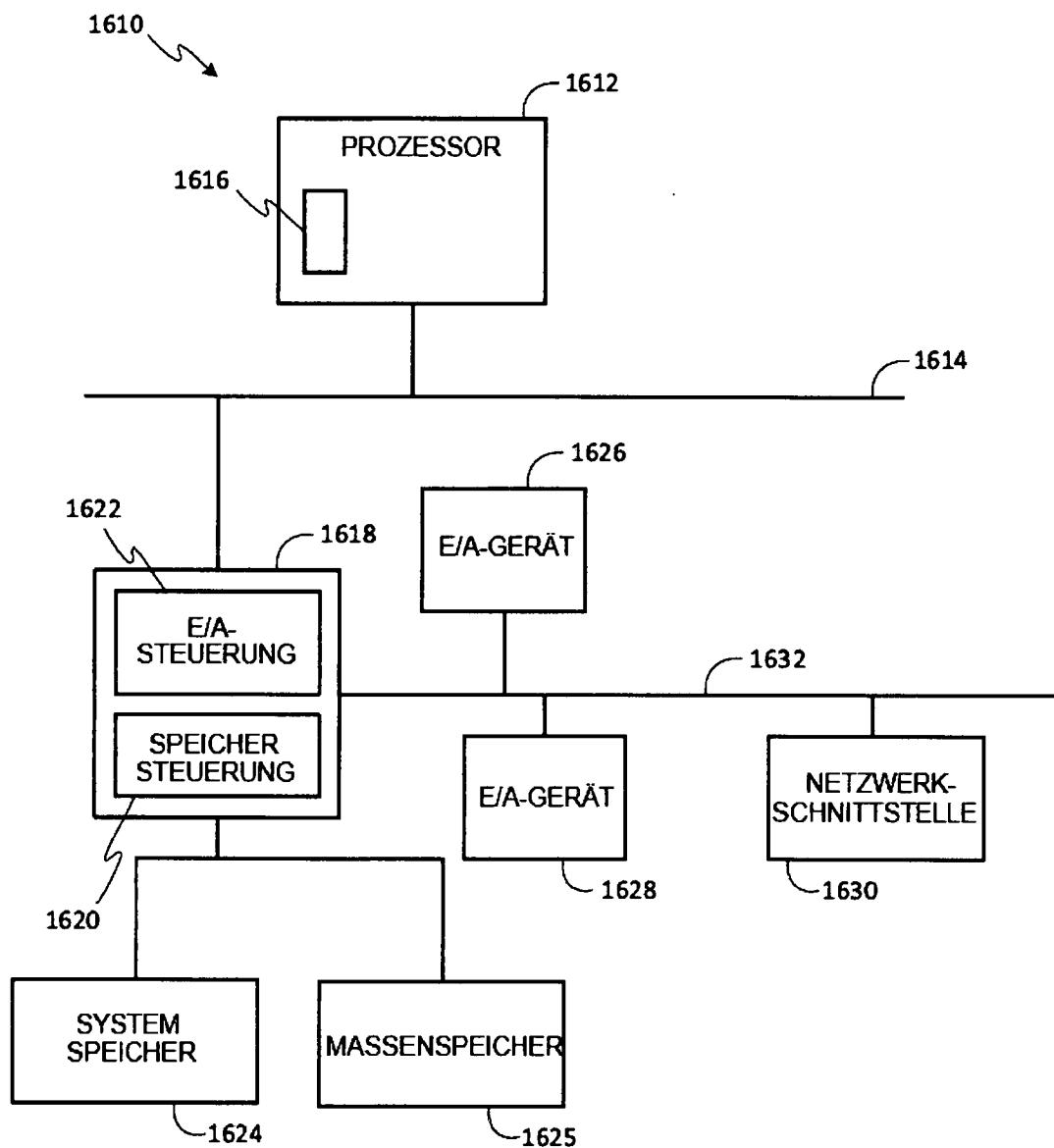


FIG. 16