



(10) DE 20 2016 008 495 U1 2018.04.12

(12)

Gebrauchsmusterschrift

(21) Aktenzeichen: 20 2016 008 495.0

(51) Int Cl.: **H04L 29/06 (2006.01)**

(22) Anmeldetag: 08.01.2016

(67) aus Patentanmeldung: 10 2016 000 234.4

(47) Eintragungstag: 05.03.2018

(45) Bekanntmachungstag im Patentblatt: 12.04.2018

(30) Unionspriorität:

14/592,354

08.01.2015 US

(74) Name und Wohnsitz des Vertreters:

**Meissner Bolte Patentanwälte Rechtsanwälte
Partnerschaft mbB, 80538 München, DE**

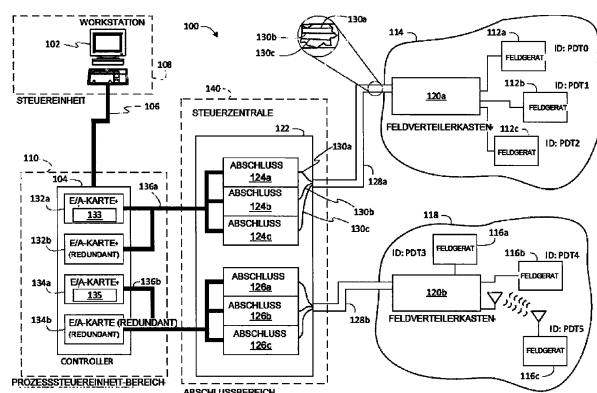
(73) Name und Wohnsitz des Inhabers:

**Fisher-Rosemount Systems, Inc., Round Rock,
Tex., US**

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen.

(54) Bezeichnung: **Vorrichtung zum kommunikativen Verbinden von Feldgeräten mit Steuereinheiten in einem Prozessleitsystem**

(57) Hauptanspruch: Vorrichtung, die Folgendes umfasst:
eine Basiseinheit, die Folgendes umfasst:
eine erste physikalische Schnittstelle, die mit entweder ei-
nem ersten Feldgerät in einem Prozessleitsystem oder ei-
nem zweiten Feldgerät in dem 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 mithilfe eines ersten
Kommunikationsprotokolls kommuniziert, wenn die erste
physikalische Schnittstelle mit dem ersten Feldgerät kom-
munikativ verbunden ist, das Modul mit dem zweiten Feld-
gerät mithilfe eines zweiten Kommunikationsprotokolls kom-
muni-ziert, wenn die erste physikalische Schnittstelle mit dem
zweiten Feldgerät kommunikativ verbunden ist, das Modul
über den Bus mithilfe eines dritten Kommunikationsproto-
kolls mit der Steuereinheit kommuniziert, wobei sich das
zweite Kommunikationsprotokoll vom ersten Kommunikati-
onsprotokoll unterscheidet und sich das dritte Kommunikati-
onsprotokoll vom ersten und zweiten Kommunikationsproto-
koll unterscheidet.



Beschreibung**GEBIET DER OFFENBARUNG**

[0001] Die vorliegende Offenbarung betrifft allgemein Prozessleitsysteme und eine Vorrichtung 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 Gerätesteuerungen, Ventile, Ventilatoren, 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 beispiels-

weise 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.

KURZDARSTELLUNG

[0005] 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.

[0006] 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 beispiel-

hafte 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.

[0007] Gemäß eines weiteren Beispiels enthält eine beispielhafte Vorrichtung eine erste Schnittstelle, die mit entweder einem ersten Feldgerät in einem Prozesssteuerungssystem oder einem zweiten Feldgerät 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.

KURZE BESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

[0008] Es zeigen:

[0009] **Fig. 1A** ein Blockschaltbild, das ein beispielhaftes Prozessleitsystem darstellt.

[0010] **Fig. 1B–Fig. 1D** alternative beispielhafte Implementierungen anhand derer Workstations, Steuer-

einheiten und E/A-Karten kommunikativ miteinander verbunden werden können.

[0011] **Fig. 2** eine detaillierte Darstellung des beispielhaften Schaltschranks in **Fig. 1A**.

[0012] **Fig. 3** einen weiteren beispielhaften Schaltschrank, der zum Implementieren des beispielhaften Schaltschranks in **Fig. 1A** verwendet werden kann.

[0013] **Fig. 4** eine Ansicht von oben und **Fig. 5** eine Seitenansicht eines beispielhaften Abschlussmoduls in **Fig. 1A** und **Fig. 2**.

[0014] **Fig. 6** ein detailliertes Blockschaltbild des beispielhaften Abschlussmoduls in **Fig. 1A**, **Fig. 2**, **Fig. 4**, **Fig. 5**, **Fig. 13A–B** und **Fig. 14A–B**.

[0015] **Fig. 7** ein detailliertes Blockschaltbild einer beispielhaften E/A-Karte in **Fig. 1A**.

[0016] **Fig. 8** ein detailliertes Blockschaltbild eines beispielhaften Labellers, der zur Anzeige der Feldgerät-Kennungsinformationen und/oder anderer Feldgerät-Informationen bezüglich der Abschlussmodule in **Fig. 1A**, **Fig. 2–Fig. 6**, **Fig. 13A–B** und **Fig. 14A–B** verwendet werden kann.

[0017] **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.

[0018] **Fig. 10A** und **Fig. 10B** ein Flussdiagramm eines beispielhaften Verfahrens, das zum Implementieren der Abschlussmodule in **Fig. 1A**, **Fig. 2–Fig. 6**, **Fig. 13A–B** und **Fig. 14A–B** verwendet werden kann, um Informationen zwischen Feldgeräten und E/A-Karten zu kommunizieren.

[0019] **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.

[0020] **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.

[0021] **Fig. 13A** und **Fig. 13B** Blockschaltbilder, die ein weiteres beispielhaftes Prozessleitsystem vor und nach dem Implementieren der hierin offenbarten Lehren bezüglich eines beispielhaften Profibus-PA-Prozessbereich und eines beispielhaften FOUNDATION Fieldbus H1(FF-H1)-Prozessbereich zeigt.

[0022] **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.

[0023] **Fig. 15** ein Flussdiagramm eines beispielhaften Verfahrens, das zum Implementieren der Abschlussmodule in **Fig. 1A**, **Fig. 2–Fig. 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.

[0024] **Fig. 16** ein Blockschaltbild eines beispielhaften Prozessorsystems, das zum Implementieren der hierin beschriebenen beispielhaften Systeme und Verfahren verwendet werden kann.

AUSFÜHLICHE BESCHREIBUNG

[0025] 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.

[0026] 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, Giftstoffe in der Luft, gefährliche Strahlenbelastung usw.) für Menschen nicht zugänglich. Die Steuerzentrale enthält in der Regel eine oder mehrere Worksta-

tions 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 mehrere 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.

[0027] 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-Steuereinheit 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, Dis-

kretingang-(DE-)Kanaltypen, Diskretausgang-(DA)-Kanaltypen, Digitaleingang-Kanaltypen und Digitalausgang-Kanaltypen). Außerdem kann die E/A-Karte von dem Feldgerät empfangene Informationen (z. B. Spannungspegel) 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.

[0028] Die hierin beschriebenen beispielhaften Vorrichtung und Verfahren beinhalten das Verwenden eines beispielhaften universellen E/A-Busses (z. B. eines gemeinsamen oder gemeinsam genutzten Busses), 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 Ventilatoren, Temperatursensor, Drucksensor, Durchflusssensor usw.), Feldgerät-Verbindungs-konfigurationsinformationen (z. B. Multi-Drop-Busverbindung, Punkt-zu-Punkt-Verbindung usw.), Kennungsinformationen zum Feldgerät-Bus- oder -seg-

ment (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.

[0029] 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.

[0030] 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 anzuzeigen, welche Abschlussmodule mit welchem Feldgerät verbunden sind, ist jedes Abschlussmodul mit einem Abschluss-Labeller (oder Tag-System) versehen. Ein Abschluss-Labeller 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-Labeller 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.

[0031] 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. Bei-

spielsweise 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.) verwendet 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 instanziert 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**.

[0032] 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.

[0033] Im gezeigten Beispiel sind die Feldgeräte **112a–c** über elektrisch leitfähige, drahtlose und/oder optische Kommunikationsmedien mit dem Feldver-

teilerkasten **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** können direkt mit dem Schaltschrank **122** verbunden werden.

[0034] 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 Feldgerättypen 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 Implementierungen 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.

[0035] 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.

[0036] 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.

[0037] 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 der 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.

[0038] 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. Insbesondere 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.

[0039] 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.

[0040] 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.

[0041] 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 **134a–b** 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 Feldgerät **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.

[0042] Um einen fehlertoleranten 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.

[0043] 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.

[0044] In einer beispielhaften Implementierung sind die universellen E/A-Busse **136a–b** 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-Busse **136a–b** mithilfe eines drahtlosen Kommunikationsmediums (z. B. drahtloses Ethernet, IEEE-802.11, Wi-Fi®, Bluetooth® usw.) implementiert werden.

[0045] 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.

[0046] 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 Schaltschanks **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 Haupteitung 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.

[0047] Zusätzlich ergibt sich aus der geringeren Anzahl von Kommunikationsmedien, die zum kommunikativen Verbinden des Schaltschanks **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 Schaltschanks **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.

[0048] 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-Schnittstellen-
typ zum Kommunizieren über den E/A-Bus **136a** und/
oder den E/A-Bus **136b**) mit mehreren Feldgeräten
kommunizieren, die verschiedene Feldgerät-Schnit-
stellentypen aufweisen.

[0049] Mithilfe des E/A-Busses **136a** und/oder des
E/A-Busses **136b** zum Austausch von Informatio-
nen zwischen der Steuereinheit **104** und den Ab-
schlussmodulen **124a–c** und **126a–c** kann das Rou-
ting der Verbindung vom Feldgerät zur E/A-Karte spät
in der Ausgestaltung oder einem Installationsprozess
festgelegt werden. Beispielsweise können die Ab-
schlussmodule **124a–c** und **126a–c** an verschie-
denen Orten im Schaltschrank **122** angebracht werden,
während der Zugang zu einem entsprechenden der
E/A-Busse **136a** und **136b** aufrechterhalten wird.

[0050] Im gezeigten Beispiel erleichtern der Schalts-
schrank **122**, die Abschlussmodule **124a–c** und
126a–c, die E/A-Karten **132a–b** und **134a–b** und die
Steuereinheit **104** das Migrieren bestehender Pro-
zessleitsystem-Installationen zu einer Konfiguration,
die der Konfiguration des beispielhaften Prozessleit-
systems **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 enthal-
ten, können die Abschlussmodule **124a–c** und **126a–c**
so konfiguriert sein, dass sie mit bestehenden Feld-
geräten, die bereits in einem Prozessleitsystem in-
stalliert 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 Im-
plementierungen 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 Steu-
ereinheiten nicht ersetzt werden müssen.

[0051] Im gezeigten Beispiel enthält die E/A-Kar-
te **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 Kommu-
nikation mit der E/A-Karte **132a** über den universellen
E/A-Bus **136a** zugeordnet sind. Die Abschlussmodu-
le **124a–c** können anhand der in der Datenstruktur
133 gespeicherten Feldgerät-Kennnummern feststel-
len, ob ein Feldgerät mit einem der Abschlussmodu-
le **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 Kommu-
nikation mit der E/A-Karte **134a** über den universellen
E/A-Bus **136b** zugeordnet sind. Die Datenstruktu-
ren **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 be-
stückt werden. In manchen Beispielen können die Ab-
schlussmodule **124a–c** mit mehreren Feldgeräten (z.
B. einem aktiven Feldgerät und einem redundanten
oder zusätzlichen Feldgerät) kommunikativ verbun-
den sein. In solchen Beispielen speichert die Daten-
struktur **135** die Feldgerät-Kennnummern für jedes
Feldgerät (z. B. die Feldgeräte **116a–c** und die ent-
sprechenden zusätzlichen Feldgeräte). Obwohl nicht
gezeigt, speichert die redundante E/A-Karte **132b** ei-
ne Datenstruktur, die mit der Datenstruktur **133** iden-
tisch ist, und die redundante E/A-Karte **134b** spei-
chert eine Datenstruktur **135**, die mit der Datenstruk-
tur **135** identisch ist. Zusätzlich oder alternativ können
die Datenstrukturen **133** und **135** in der Workstation
102 gespeichert werden.

[0052] 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 Kommuni-
kationsmedien (z. B. mehreren Kommunikations-
bussen, die jeweils eindeutig mit einem der Feldge-
räte **112a–c** und **116a–c** oder einer begrenzten Gruppe
dieser entlang eines Multi-Drop-Segments zuge-
ordnet sind) verwendet werden, um die Abschluss-
module **124a–c** und **126a–c** kommunikativ mit der
Steuereinheit **104** zu verbinden, kann die Steuer-
einheit **104** leichter in einer relativ größeren Entfer-
nung 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 Ab-
schlussbereich **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 Schaltschrank **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 rau-
en Umgebungsbedingungen (z. B. Hitze, Feuchtigkeit,
elektromagnetische Störungen usw.) getrennt
werden, die eventuell in den Prozessbereichen **114**
und **118** herrschen. Auf diese Weise können die Kos-
ten 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 er-
fordern (z. B. Abschirmung, robustere Schaltungen,
komplexere Fehlerprüfung usw.) für einen zuverläs-
sigen Betrieb (z. B. zuverlässige Datenkommu-
nikationen) erfordern, wie es andernfalls für den Betrieb

unter den Umgebungsbedingungen der Prozessbereiche **114** und **118** notwendig wäre.

[0053] **Fig. 1B–Fig. 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 verbunden. 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.

[0054] 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.

[0055] 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 auszutau-

schen. 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.

[0056] **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 **206** im Wesentlichen ähnlich oder mit diesem identisch ist, um die Abschlussmodule **126a–c** mit den E/A-Karten **134a–b** kommunikativ zu verbinden.

[0057] 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.

[0058] 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. Messinformationen, Leitungsspannungen usw.), Datentyp-Informationen (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.

[0059] 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 Feldgerätkennungsinformationen 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 Abschlussmolen 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 Abschlussmo-

dulen **124a–c** und **126a–c** und den Feldgeräten **112a–c** und **114a–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.

[0060] Um die Abschlussmodule **124a–c**, den E/A-Bus-Transceiver **206** und die Anzeigen **212** mit elektrischem Strom zu versehen, 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 Kommunikationschnittstellen, 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 Strominjektionsbus betrieben werden, der mit den Buchsenleisten **202a–b** kommunikativ verbunden sind.

[0061] **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.

[0062] 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 ei-

nem Feldgerät (z. B einem der Feldgeräte **112a-c** und **116a-c** in **Fig. 1A**) kommunikativ verbunden ist kann auf diese Weise ein Labeler **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-Informationen 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.

[0063] **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.

[0064] 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.

[0065] 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 Anzeigen **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.

[0066] **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 beispielhafte 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.

[0067] 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.

[0068] 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.

[0069] 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. Beispielhafte 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 Redundanz-

prüfung (CRC)). In manchen beispielhaften Implementierungen können der E/A-Bus-Kommunikationsprozessor **608** und die Betriebssteuereinheit **606** mithilfe des gleichen Mikroprozessors oder Mikrocontrollers implementiert werden.

[0070] 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.

[0071] 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.

[0072] 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 Feldgerät-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.

[0073] 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.

[0074] 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.

[0075] 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-Digital-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.

[0076] 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 Prozess-

systems 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.

[0077] 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.

[0078] 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 HART-Kommunikationsprotokoll und liefert die Informationen an das Feldgerät **112a**.

[0079] 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-Descriptor (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-Descriptor (wenn dieser nicht bereits an der Workstation **102** formatiert wurde) und kommuniziert die Nachricht an das Feldgerät **112a**.

[0080] 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 Kommunikationspakete 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 Nach-

richt enthalten ist, von der Steuereinheit **104** empfängt, kann die Workstation **102** die Nachricht unwrappen und verarbeiten.

[0081] 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 Abschlusssschrauben **406** in **Fig. 4** und **Fig. 5** kommunikativ verbunden sein.

[0082] 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.

[0083] 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 Kommunikations-

protokoll (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 wrappet, 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.

[0084] 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 Kommunikationsschnittstelle **702** und der Kommunikationsprozessor **704** können mithilfe eines beliebigen verdrahteten oder drahtlosen Kommunikationsstandards implementiert werden.

[0085] In einer alternativen beispielhaften Implementierung wie beispielsweise dem in **Fig. 1C** gezeigten Beispiel können die Kommunikationsschnittstelle **702** und der Kommunikationsprozessor **704** so konfiguriert sein, dass sie über das LAN **106** mit der Workstation **102** und/oder der Steuereinheit **162** kommunizieren.

[0086] 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** mit-

hilfe drahtloser Kommunikationen kommunikativ verbunden ist.

[0087] 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.

[0088] 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 den Feldgerät **112a** zu steuern, ist der Labeller **214** mit einem Kommunikationsprozessor **804** versehen.

[0089] 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 Implementierung 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.

[0090] 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.

[0091] 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.

[0092] 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.

[0093] 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 Gerätbezeichnung, 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 Feldgerätetyp 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.

[0094] 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 Feldgerätetyp (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.

[0095] **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 Abschluss-

modul **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.

[0096] 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.

[0097] 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.

[0098] **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**–**Fig. 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 **133a**, 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.

[0099] 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–Fig. 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.

[0100] 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 In-

terrupts 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 Ventilatoren, Temperatursensor, Drucksensor, Durchflusssensor usw.), Feldgerät-Verbindungsconfigurationsinformationen (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, Diskreteeingang-(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.

[0101] 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**).

[0102] 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.

[0103] 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.

[0104] 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 mithilfe 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** bereitsteht (z. B. nicht von den Abschlussmodulen **124b-c** verwendet wird).

[0105] 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.

[0106] 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**).

[0107] 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.

[0108] **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.

[0109] 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**).

[0110] 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.

[0111] 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** Fehlerprüf-

daten 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.

[0112] 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.

[0113] 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.

[0114] 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.

[0115] **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–Fig. 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 Abschlussschrauben 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.

[0116] 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 Gerätbezeichnung, 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.

[0117] 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.

[0118] 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).

[0119] 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.

[0120] **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.

[0121] 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-Prozesssteuerbereich **1304**, die anhand herkömmlicher Fieldbus-Architekturen und -Komponenten implementiert wurden (sowohl Profibus PA als auch FF-H1 sind Protokolle, die der Familie der Fieldbusprotokolle 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 Fieldbus-hauptleitung oder ein Fieldbussegment 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 Fieldbus-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.

[0122] 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.

[0123] 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 Fieldbus-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 Feldbarriere 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 feldgerätnahen 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.

[0124] Während Feldbus-Architekturen, wie oben beschrieben, viele Vorteile bieten, stellen Sie bezüglich der Komplexität und Implementierungskosten jedoch auch Herausforderungen. Beispielsweise erfordert die Komplexität von Feldbussystemen, 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 Feldbussystemen jedoch wesentlich reduzieren.

[0125] **Fig. 13B** ist ein Blockschaltbild, das das beispielhaftes 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 Feldbusprotokolle 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.

[0126] 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 Feldgeräte 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.

[0127] 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 Entwick-

lung und Implementierung eines üblichen Feldbus-segments 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.

[0128] 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.

[0129] 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** zugeordnet 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 ver-

schiedenen Protokollen konform sind, kombinieren), ohne ein getrenntes Feldbussegment ausgestalten oder die entsprechenden Komponenten beschaffen zu müssen, die zum Implementieren solcher Feldbus-semente erforderlich sind.

[0130] 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 sie als energiebegrenzt zertifiziert werden können und/oder eine Sicherheits-einstufung erhalten, die das Fieldbus Non-Incendi-ve Concept (FNICO) erfüllt. In manchen solchen Bei-spielen können die Abschlussmodule **1332a-f** die FNICO-Anforderungen erfüllen, selbst wenn sie in ei-nen Schaltschrank mit Buchsenleisten gesteckt sind, die nicht eigensicher sind.

[0131] Zusätzlich oder alternativ sind in manchen Beispielen die hierin beschriebenen Abschlussmo-dule so aufgebaut, dass sie mit Feldgeräten auf Grundlage von Kommunikationsprotokollen kommu-nizieren, die keine Busprotokolle sind (z. B. kein Pro-fibus 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. Zu-sätzlich oder alternativ können in manchen Beispie-len drahtlose Geräte verknüpft werden, die andere drahtlose Technologiestandards wie ISA (Internatio-nal Society" of Automation) 100.11a oder WIA-PA (Wireless Networks for Industrial Automation – Pro-cess Automation) verwenden. In manchen Beispie-len können die hierin beschriebenen Abschlussmo-dule so aufgebaut sein, dass sie mit Geräten ver-knüpft werden, die Protokolle auf Grundlage des In-ternet-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 Umge-bung und der entsprechenden Sicherheitssteuereinheit verwenden, wie beispielsweise PROFIsafe (Pro-fibus Safety).

[0132] **Fig. 14A** und **Fig. 14B** zeigen alternative beispielhafte Implementierungen von Peer-to-Peer-Kommunikationen von zwei FF-H1-konformen Feld-geräten **1402a-b**, die mit entsprechenden Abschluss-modulen **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.

[0133] Das direkte Verbinden von getrennten Feldgeräten **1402a-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 getrennten 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.

[0134] 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.

[0135] 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.

[0136] 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.

[0137] 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.

[0138] **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.

[0139] Wie in **Fig. 16** gezeigt, enthält das Prozessorsystem **1610** einen Prozessor **1612**, der mit einem Verbindungsbus **1614** verbunden ist. Der Pro-

zessor **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.

[0140] 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 Speichersteuereinheit **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.

[0141] Der Systemspeicher **1624** kann einen gewünschten Typ von flüchtigem und/oder nichtflüchtigem Speicher wie beispielsweise SRAM (Static Random Access Memory), DRAM (Dynamic Random Access Memory), Flash-Speicher, schreibgeschützten 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.

[0142] Die periphere E/A-Steuereinheit **1622** führt Funktionen aus, mit denen der Prozessor **1612** über einen peripheren E/A-Bus **1632** mit peripheren Ein-

gabe-/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 802.11-Gerät, ein DSL-Modem, ein Kabelmodem, ein Mobilfunkmodem usw. sein, anhand dessen das Prozessorsystem **1610** mit einem anderen Prozessorsystem kommunizieren kann.

[0143] 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 Halbleiterschaltung integriert oder mithilfe von zwei oder mehr getrennten integrierten Schaltungen implementiert werden.

[0144] Obwohl hier bestimmte Vorrichtungen und Herstellungsprodukte beschrieben wurden, ist der Abdeckungsumfang dieses Gebrauchsmusters nicht auf diese beschränkt. Dieses Gebrauchsmuster deckt im Gegenteil alle Vorrichtungen und Herstellungsartikel ab, die fairerweise in den Umfang der beigefügten Ansprüche entweder wörtlich oder unter der Äquivalenzlehre fallen. Es folgen relevante Ausführungsbeispiele:

AUSFÜHRINGSBEISPIEL 1:

[0145] Vorrichtung, die Folgendes umfasst: eine Basiseinheit, die Folgendes umfasst: eine erste physikalische Schnittstelle, die mit entweder einem ersten Feldgerät in einem Prozessleitsystem oder einem zweiten Feldgerät in dem 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 mithilfe eines ersten Kommunikationsprotokolls kommuniziert, wenn die erste physikalische Schnittstelle mit dem ersten Feldgerät kommunikativ verbunden ist, das Modul mit dem zweiten Feldgerät mithilfe eines zweiten Kommunikationsprotokolls kommuniziert, 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.

AUSFÜHRINGSBEISPIEL 2:

[0146] Vorrichtung nach Ausführungsbeispiel 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.

AUSFÜHRINGSBEISPIEL 3:

[0147] Vorrichtung nach Ausführungsbeispiel 1 oder 2, wobei das erste Kommunikationsprotokoll und/oder das zweite Kommunikationsprotokoll Wireless-HART 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.

AUSFÜHRINGSBEISPIEL 4:

[0148] Vorrichtung nach einem der Ausführungsbeispiele 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.

AUSFÜHRINGSBEISPIEL 5:

[0149] Vorrichtung nach einem der Ausführungsbeispiele 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.

AUSFÜHRINGSBEISPIEL 6:

[0150] Vorrichtung nach einem der Ausführungsbeispiele 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; insbesondere

wobei die erste physikalische Schnittstelle der Basiseinheit mit einer dritten physikalischen Schnittstelle einer zweiten Basiseinheit kommunikativ verbunden ist, die entfernt 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.

AUSFÜHRINGSBEISPIEL 7:

[0151] Verfahren, das Folgendes umfasst:
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;

an einem entfernt 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 die erste physikalische Schnittstelle mit dem ersten Feldgerät verbunden ist, die ersten Informationen vom zweiten Feldgerät mithilfe eines dritten Kommunikationsprotokolls an das Modul kommuniziert werden, wenn die erste physikalische Schnittstelle mit dem zweiten Feldgerät verbunden ist, wobei sich das erste Kommunikationsprotokoll vom ersten und zweiten 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.

AUSFÜHRINGSBEISPIEL 8:

[0152] Verfahren nach Ausführungsbeispiel 7, wobei das zweite Kommunikationsprotokoll Profibus PA und das dritte Kommunikationsprotokoll FOUNDATION Fieldbus H1 ist; insbesondere wobei 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.

AUSFÜHRINGSBEISPIEL 9:

[0153] Verfahren nach Ausführungsbeispiel 7 oder 8, das 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, Signalniveau, Leitungsrauschen oder Jitter umfasst.

AUSFÜHRINGSBEISPIEL 10:

[0154] 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 die erste Schnittstelle mithilfe eines ersten Fieldbus-Kommunikationsprotokolls kommuniziert, wenn sie mit dem ersten Feldgerät verbunden ist, und mithilfe eines zweiten Fieldbus-Kommunikationsprotokolls kommuniziert, wenn sie mit dem zweiten Feldgerät verbunden 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 Feldbus-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.

AUSFÜHRINGSBEISPIEL 11:

[0155] Vorrichtung nach Ausführungsbeispiel 10, wobei das erste Feldbus-Kommunikationsprotokoll Profibus PA ist; insbesondere wobei das zweite Feldbus-Kommunikationsprotokoll FOUNDATION Fieldbus H1 ist, und/oder 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.

AUSFÜHRINGSBEISPIEL 12:

[0156] Vorrichtung nach Ausführungsbeispiel 10 oder 11, wobei 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 sendet, 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.

AUSFÜHRINGSBEISPIEL 13:

[0157] Vorrichtung nach einem der Ausführungsbeispiele 10 bis 12, die 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 umfasst.

ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG

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

Zitierte Nicht-Patentliteratur

- IEEE 1394 [0044]
- IEEE-802.11 [0044]

Schutzansprüche

1. Vorrichtung, die Folgendes umfasst:
 eine Basiseinheit, die Folgendes umfasst:
 eine erste physikalische Schnittstelle, die mit entweder einem ersten Feldgerät in einem Prozesseleitsystem oder einem zweiten Feldgerät in dem Prozesseleitsystem kommunikativ verbunden wird; 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 die erste physikalische Schnittstelle mit dem ersten Feldgerät kommunikativ verbunden ist, das Modul mit dem zweiten Feldgerät mithilfe eines zweiten Kommunikationsprotokolls kommuniziert, 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 zweite Kommunikationsprotokoll vom ersten Kommunikationsprotokoll unterscheidet und 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.

3. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, wobei das erste Kommunikationsprotokoll FOUNDATION Fieldbus H1 ist.

4. Vorrichtung nach Anspruch 3, wobei das zweite Kommunikationsprotokoll Profibus PA ist.

5. Vorrichtung nach Anspruch 3, 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.

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

7. Vorrichtung nach Anspruch 1, wobei das erste Kommunikationsprotokoll und/oder das zweite Kommunikationsprotokoll auf einem Internetprotokoll basiert ist.

8. Vorrichtung nach Anspruch 1, wobei das erste Kommunikationsprotokoll und/oder das zweite Kommunikationsprotokoll Message Queue Telemetry Transport ist.

9. Vorrichtung nach Anspruch 1, wobei das erste Kommunikationsprotokoll und/oder das zweite Kommunikationsprotokoll ein Tunnelprotokoll implementiert, wobei das entsprechende erste Feldgerät und/oder zweite Feldgerät eine Sicherheitsvorrichtung ist.

10. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 9, 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.

11. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 10, 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.

12. Vorrichtung nach Anspruch 11, wobei die Diagnoseinformationen die Messwerte von mindestens einer der Größen Versorgungsspannung, Laststrom, Signalpegel, Leitungsrauschen oder Jitter umfasst.

13. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 12, 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.

14. Vorrichtung, die Folgendes umfasst:
 eine Basiseinheit, die Folgendes umfasst:
 eine erste physikalische Schnittstelle, die mit entweder einem ersten Feldgerät in einem Prozesseleitsystem oder einem zweiten Feldgerät in dem Prozesseleitsystem kommunikativ verbunden wird; 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 die erste physikalische Schnittstelle mit dem ersten Feldgerät kommunikativ verbunden ist, das Modul mit dem zweiten Feldgerät mithilfe eines zweiten Kommunikationsprotokolls kommuniziert, wenn die erste physikalische Schnittstelle mit dem zweiten Feldgerät kommunikativ verbunden ist, das Modul über den Bus mithilfe eines dritten Kommunikationsprotokolls mit der Steuereinheit kommu-

nisiert, wobei sich das dritte Kommunikationsprotokoll vom ersten und zweiten Kommunikationsprotokoll unterscheidet,

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, und

wobei 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.

15. Computerlesbares Medium mit Instruktionen zur Ausführung auf einem an einer Basiseinheit entfernbar befestigten Modul, zur Weiterleitung erster Informationen an eine Steuereinheit, wobei die ersten Informationen an der Basiseinheit über eine erste physikalische Schnittstelle empfangen werden, die mit entweder einem ersten Feldgerät oder einem zweiten Feldgerät in einem Prozessleitsystem kommunikativ verbunden ist wobei, die ersten Informationen vom ersten Feldgerät mithilfe eines zweiten Kommunikationsprotokolls an das Modul kommuniziert werden, 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 die erste physikalische Schnittstelle mit dem zweiten Feldgerät verbunden ist, wobei sich das dritte Kommunikationsprotokoll vom zweiten Kommunikationsprotokoll unterscheidet, wobei die Instruktionen die nachfolgenden Schritte implementieren, wenn diese ausgeführt werden:

Codieren der ersten Informationen zur Kommunikation mithilfe eines ersten Kommunikationsprotokolls, wobei sich das erste Kommunikationsprotokoll vom zweiten und dritten Kommunikationsprotokoll unterscheidet; und

Kommunizieren der codierten ersten Informationen vom Modul über eine zweite physikalische Schnittstelle der Basiseinheit an die Steuereinheit unter Verwendung eines Busses mithilfe des ersten Kommunikationsprotokolls.

16. Computerlesbares Medium nach Anspruch 15, wobei das zweite Kommunikationsprotokoll Profibus PA und das dritte Kommunikationsprotokoll FOUNDATION Fieldbus H1 ist.

17. Computerlesbares Medium nach Ansprüche 15 oder 16, wobei die Instruktionen 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.

18. 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 die erste Schnittstelle mithilfe eines ersten Fieldbus-Kommunikationsprotokolls kommuniziert, wenn sie mit dem ersten Feldgerät verbunden ist, und mithilfe eines zweiten Fieldbus-Kommunikationsprotokolls kommuniziert, wenn sie mit dem zweiten Feldgerät verbunden ist, wobei sich das zweiten Fieldbus-Kommunikationsprotokoll vom ersten Fieldbus-Kommunikationsprotokoll unterscheidet;

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.

19. Vorrichtung nach Anspruch 18, 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.

20. Computerlesbares Medium mit Instruktionen zur Ausführung auf einem Modul, wobei die Instruktionen die nachfolgenden Schritte implementieren, wenn diese ausgeführt werden:
Empfangen erster Informationen vom einen ersten Feldgerät mittels eines zweiten Kommunikationsprotokolls oder von einem zweiten Feldgerät mittels eines dritten Kommunikationsprotokolls, wobei sich das dritte Kommunikationsprotokoll vom zweiten Kommunikationsprotokoll unterscheidet; automatisches Erkennen des zweiten Kommunikationsprotokolls oder des dritten Kommunikationsprotokolls;

Codieren der ersten Informationen zur Übertragung mittels eines ersten Kommunikationsprotokolls, wobei das erste Kommunikationsprotokoll vom zweiten und dritten Kommunikationsprotokoll unterscheidet; und

Übertragen der codierten ersten Informationen mithilfe einer zweiten physikalische Schnittstelle an eine

Steuereinheit unter Verwendung des ersten Kommunikationsprotokolls.

21. Computerlesbares Medium nach Anspruch 20, wobei das zweite Kommunikationsprotokoll Profibus PA und das dritte Kommunikationsprotokoll FOUNDATION Fieldbus H1 ist.

Es folgen 18 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

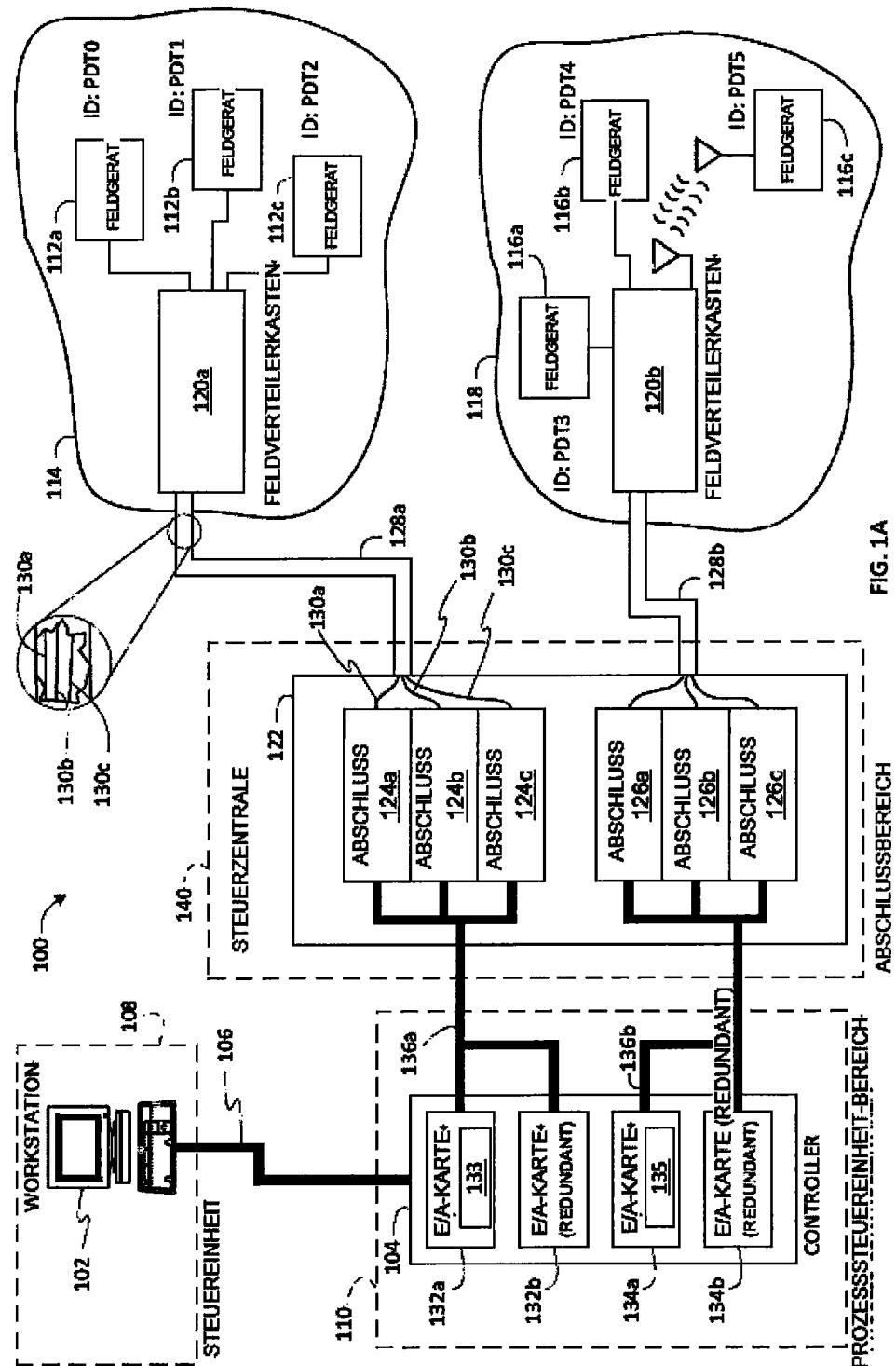
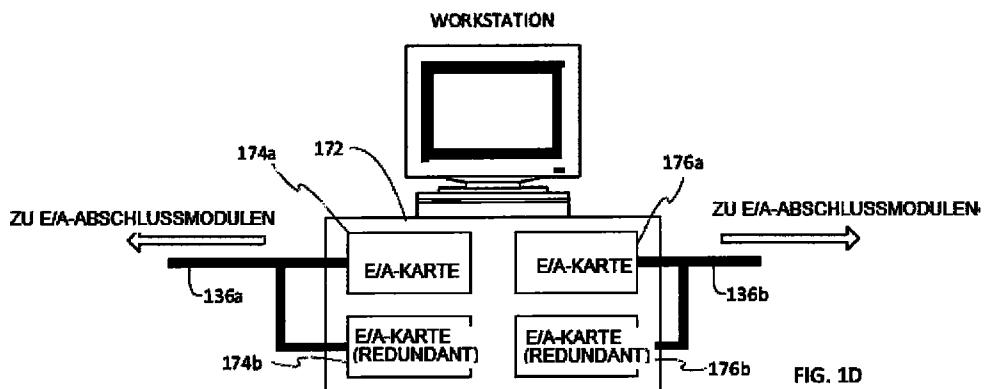
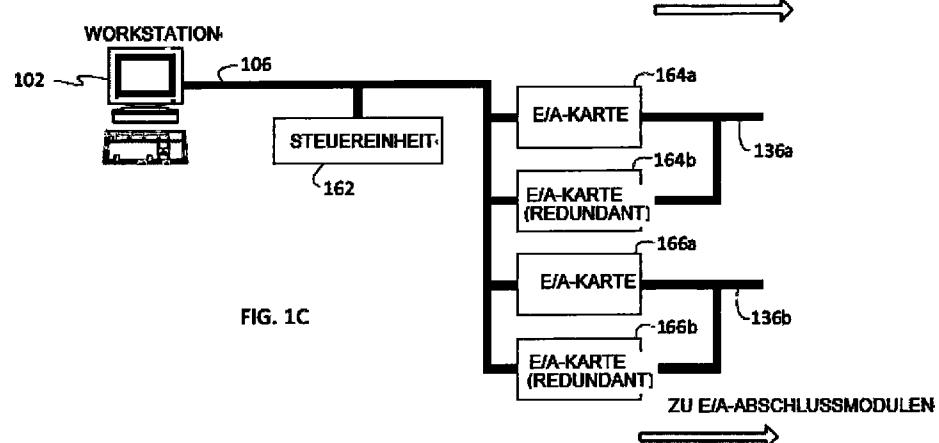
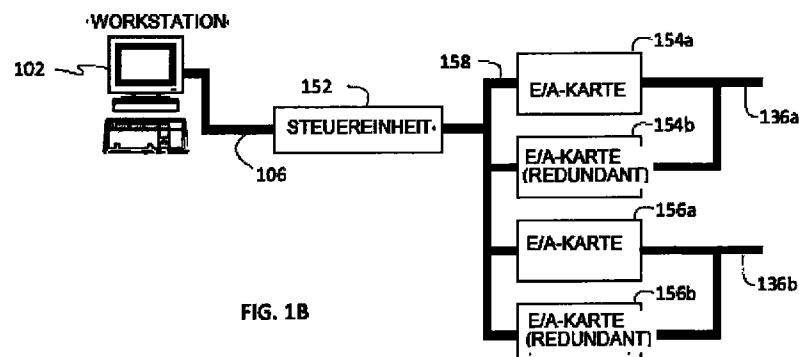


FIG. 1A



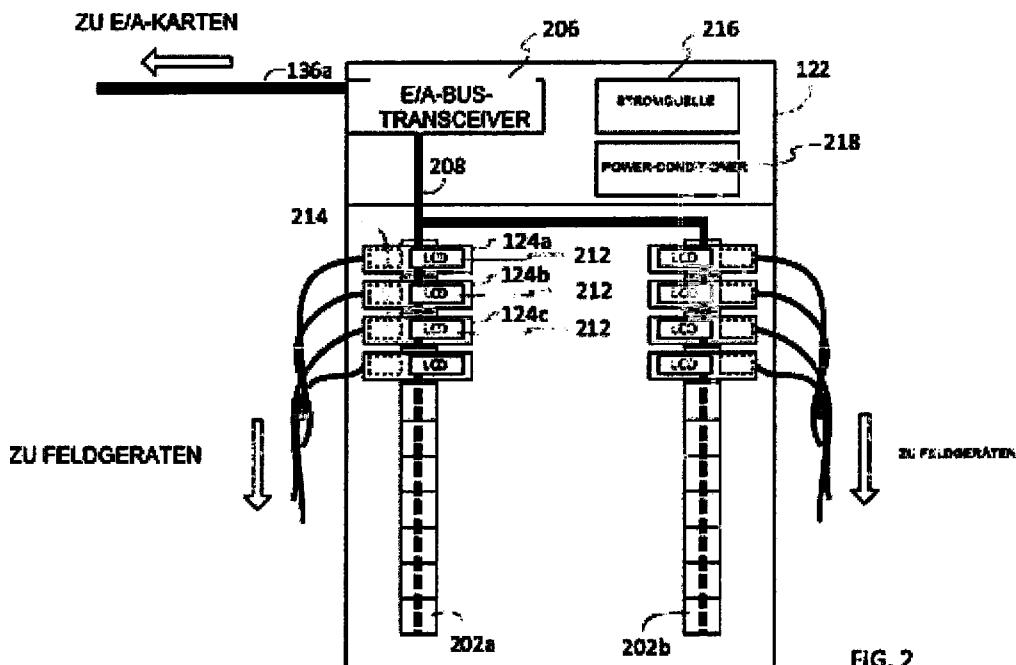


FIG. 2

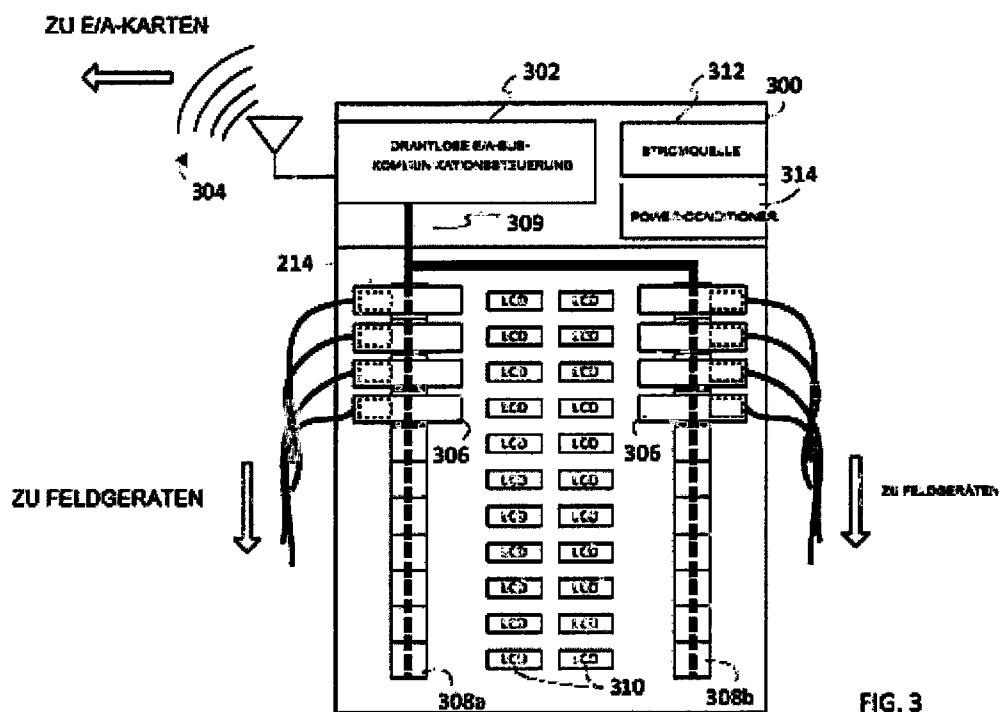


FIG. 3

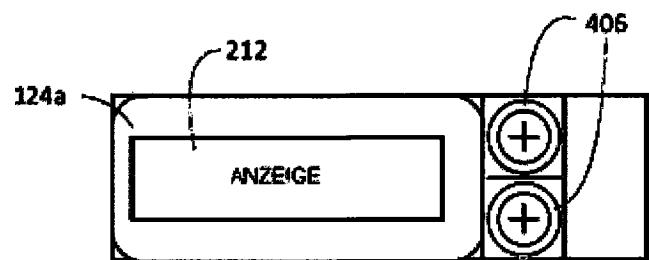


FIG. 4

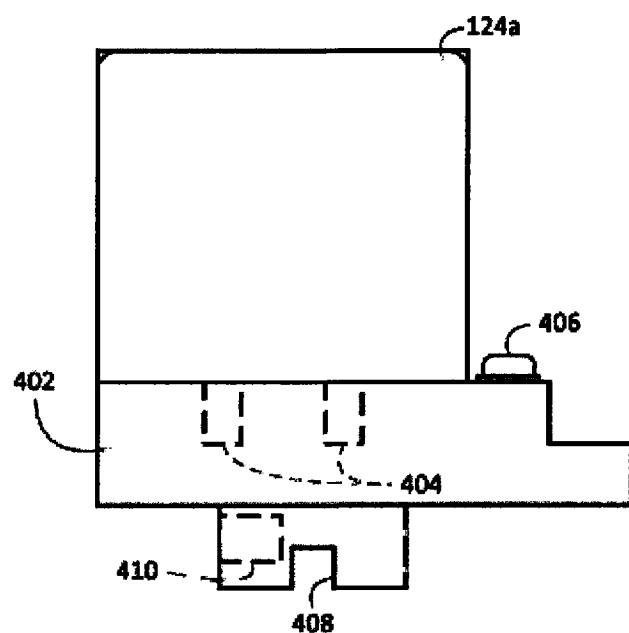


FIG. 5

124a

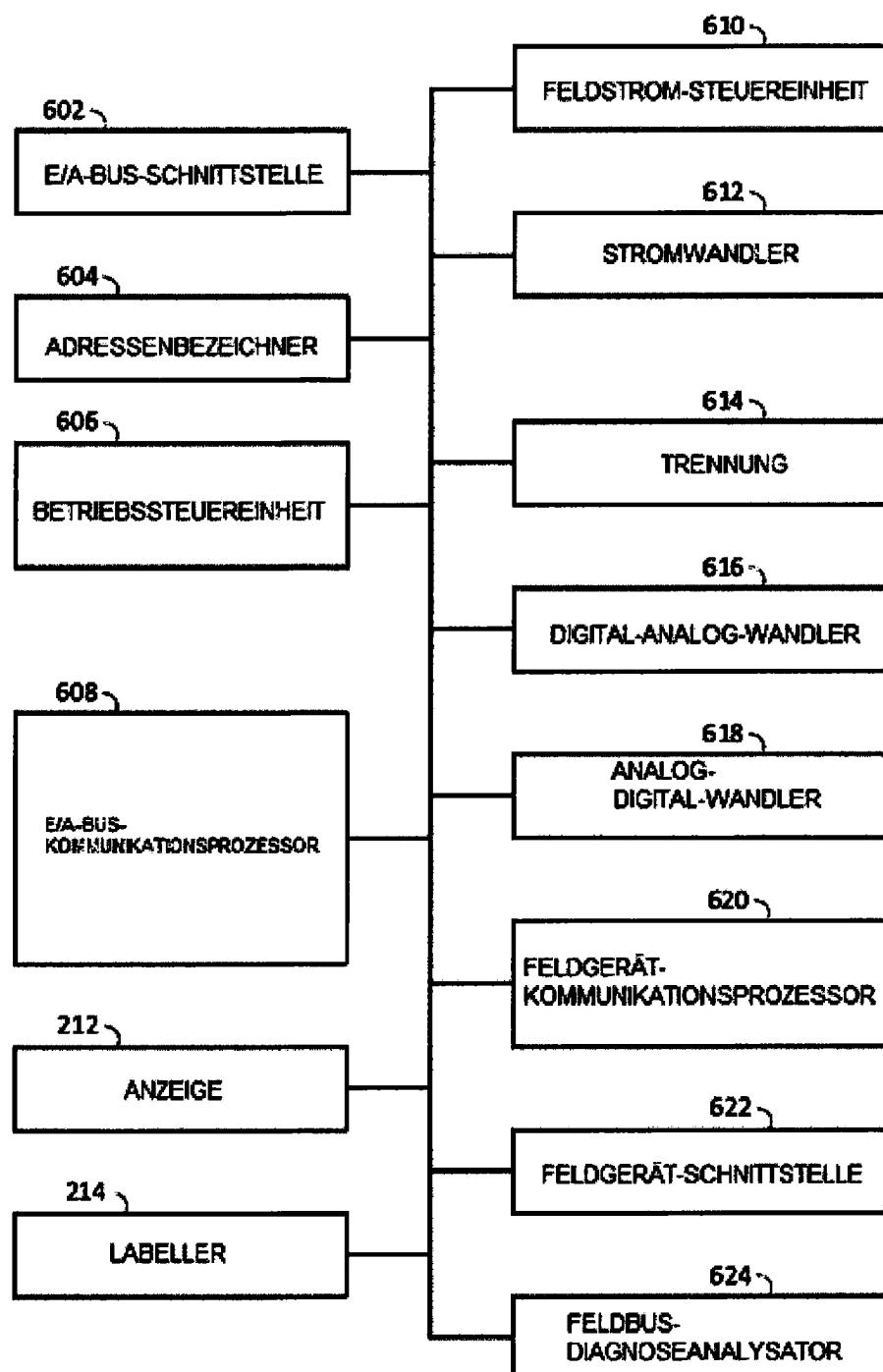


FIG. 6

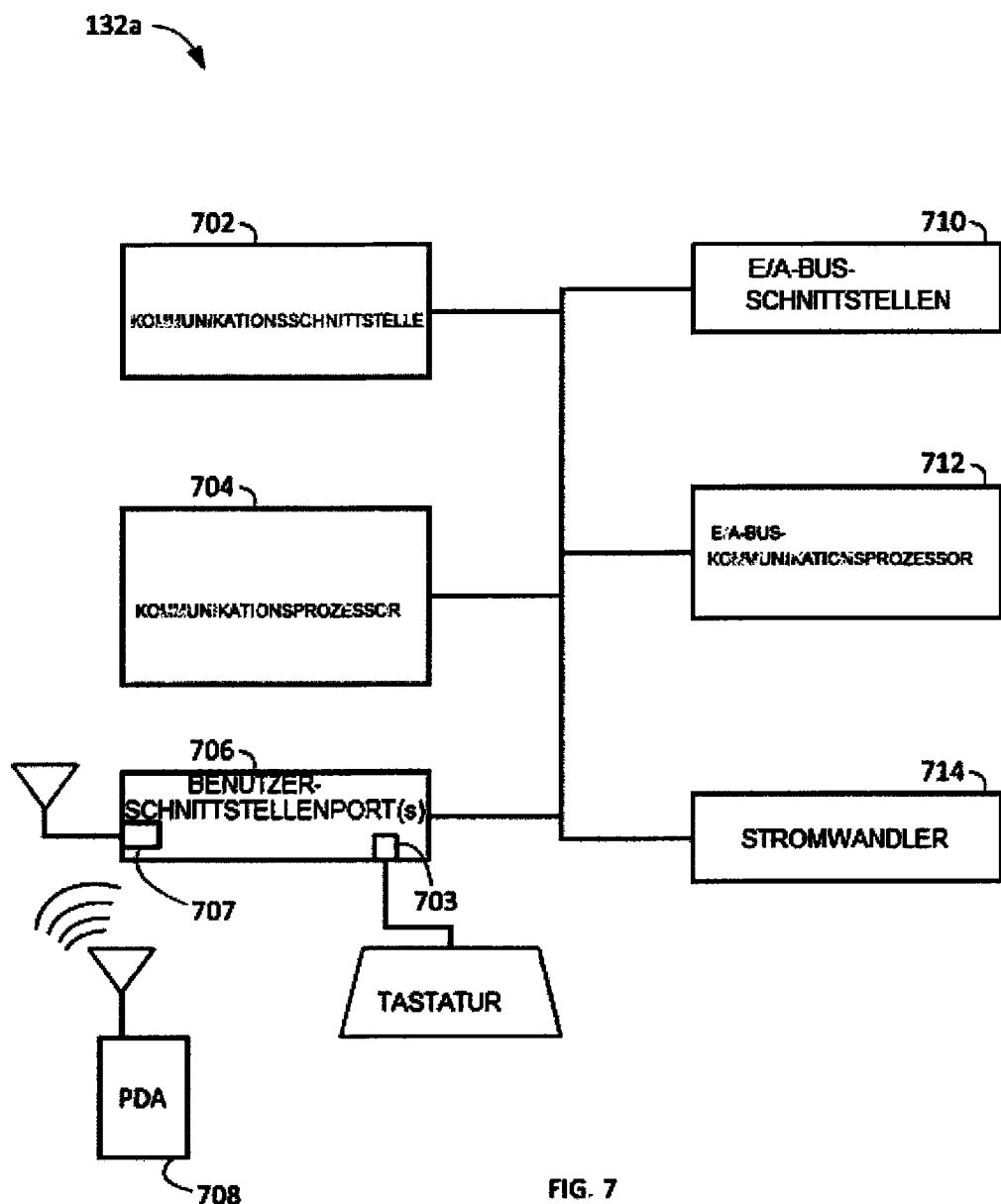


FIG. 7

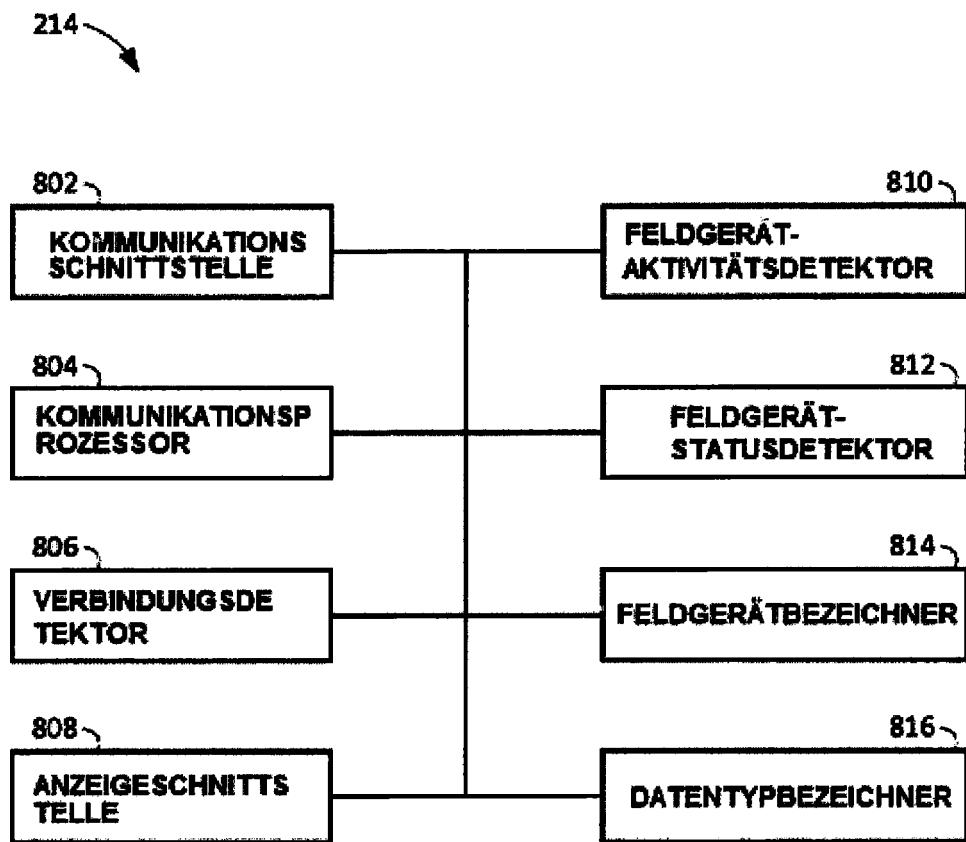
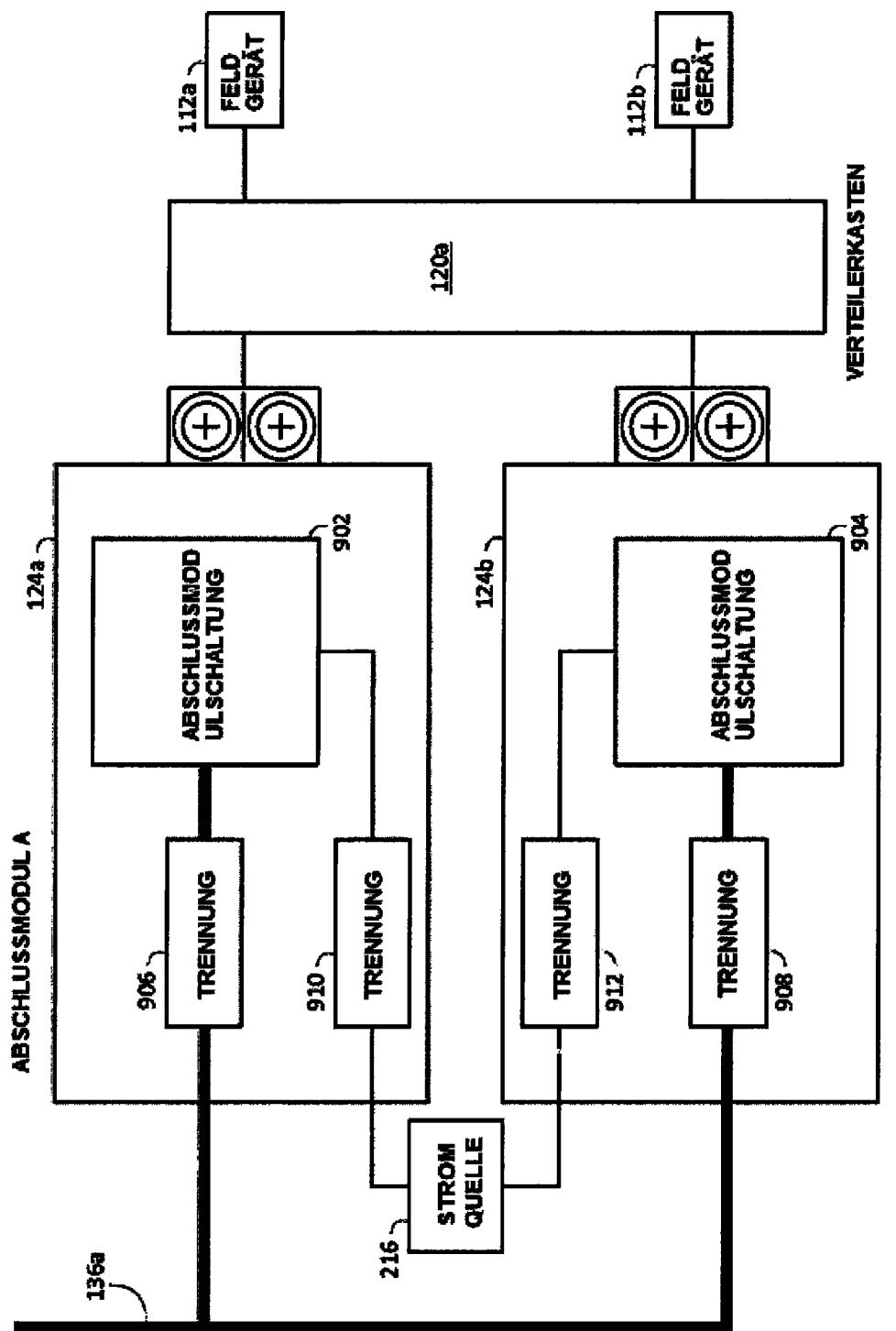


FIG. 8



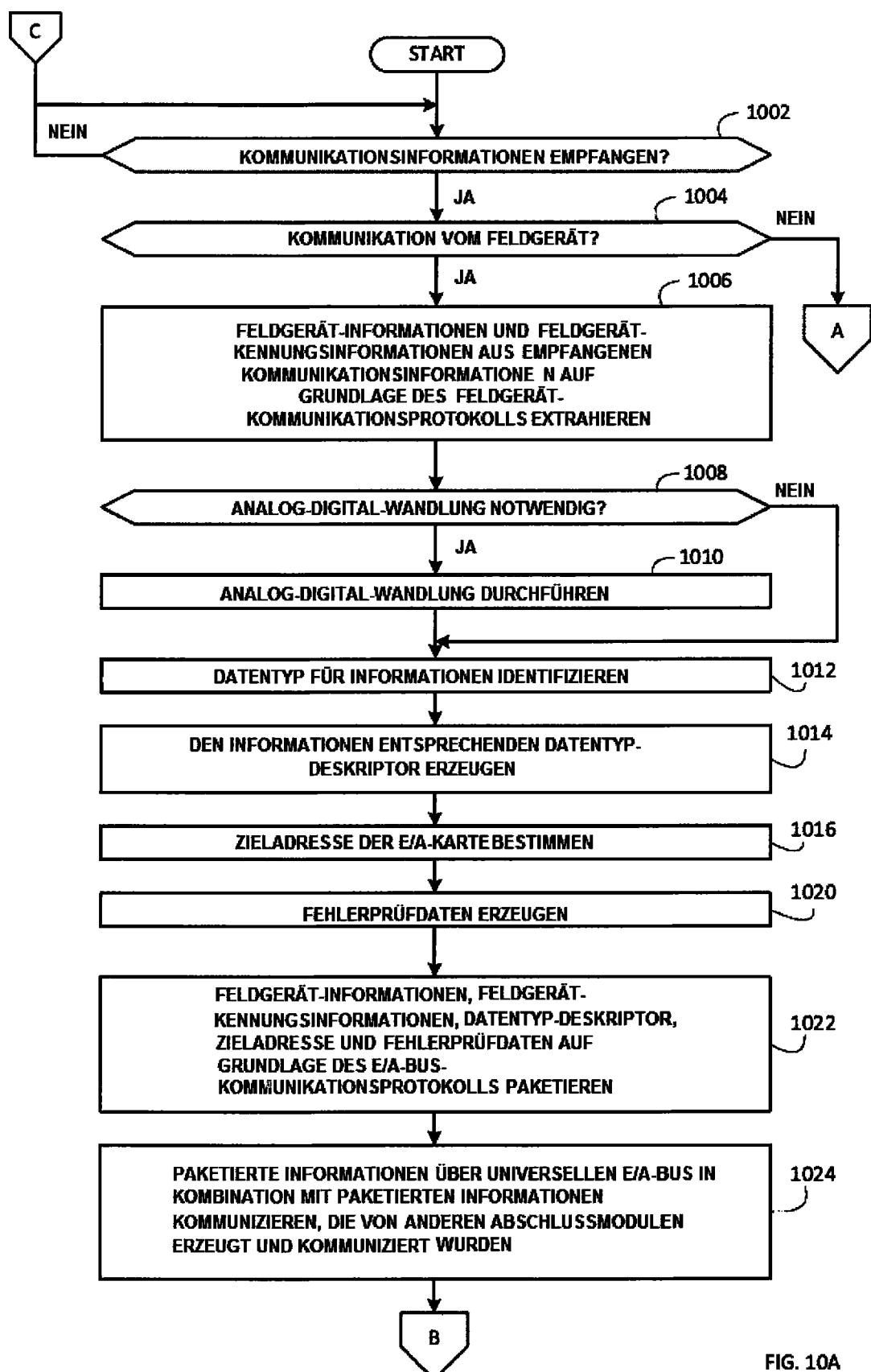


FIG. 10A

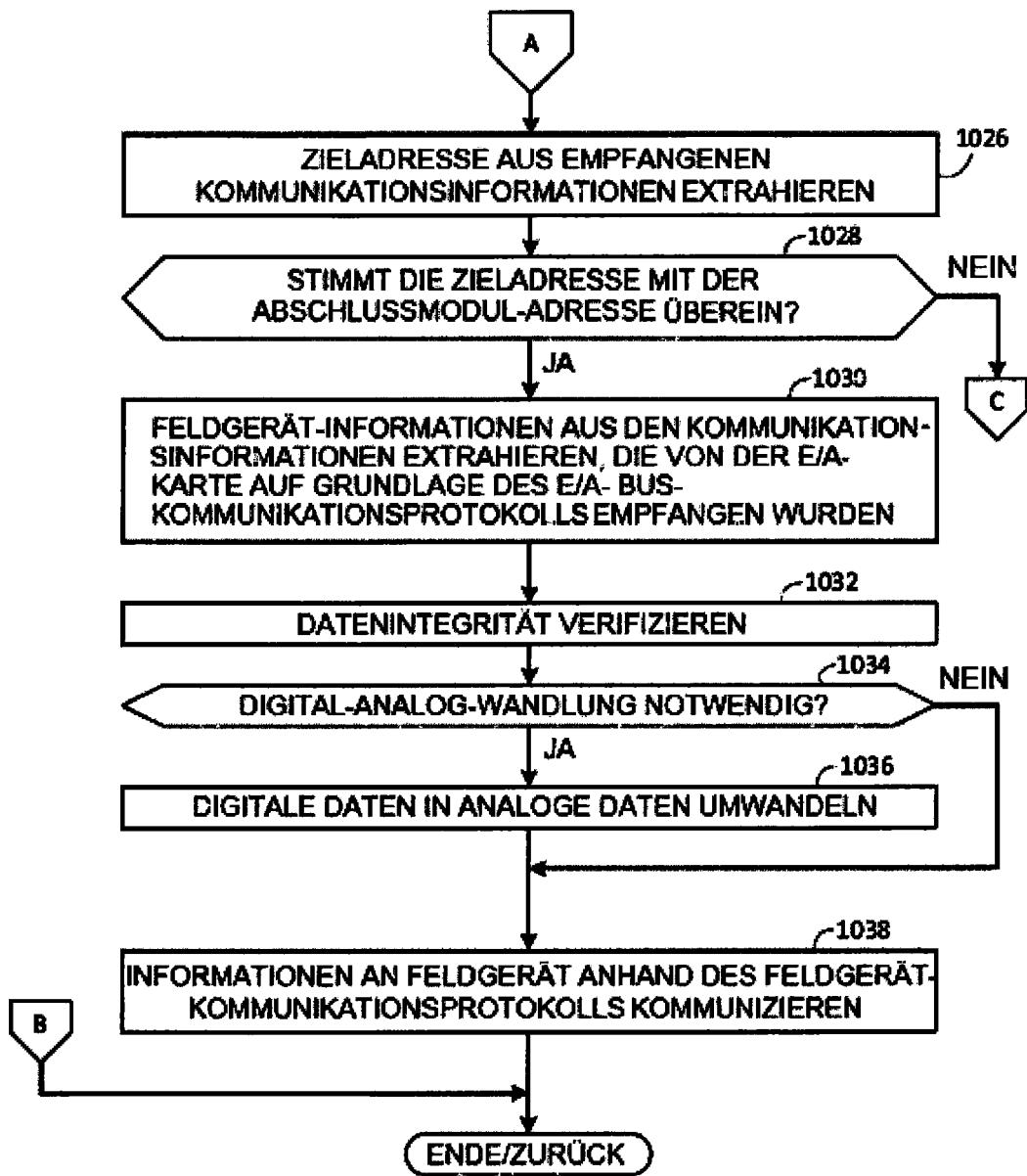


FIG. 10B

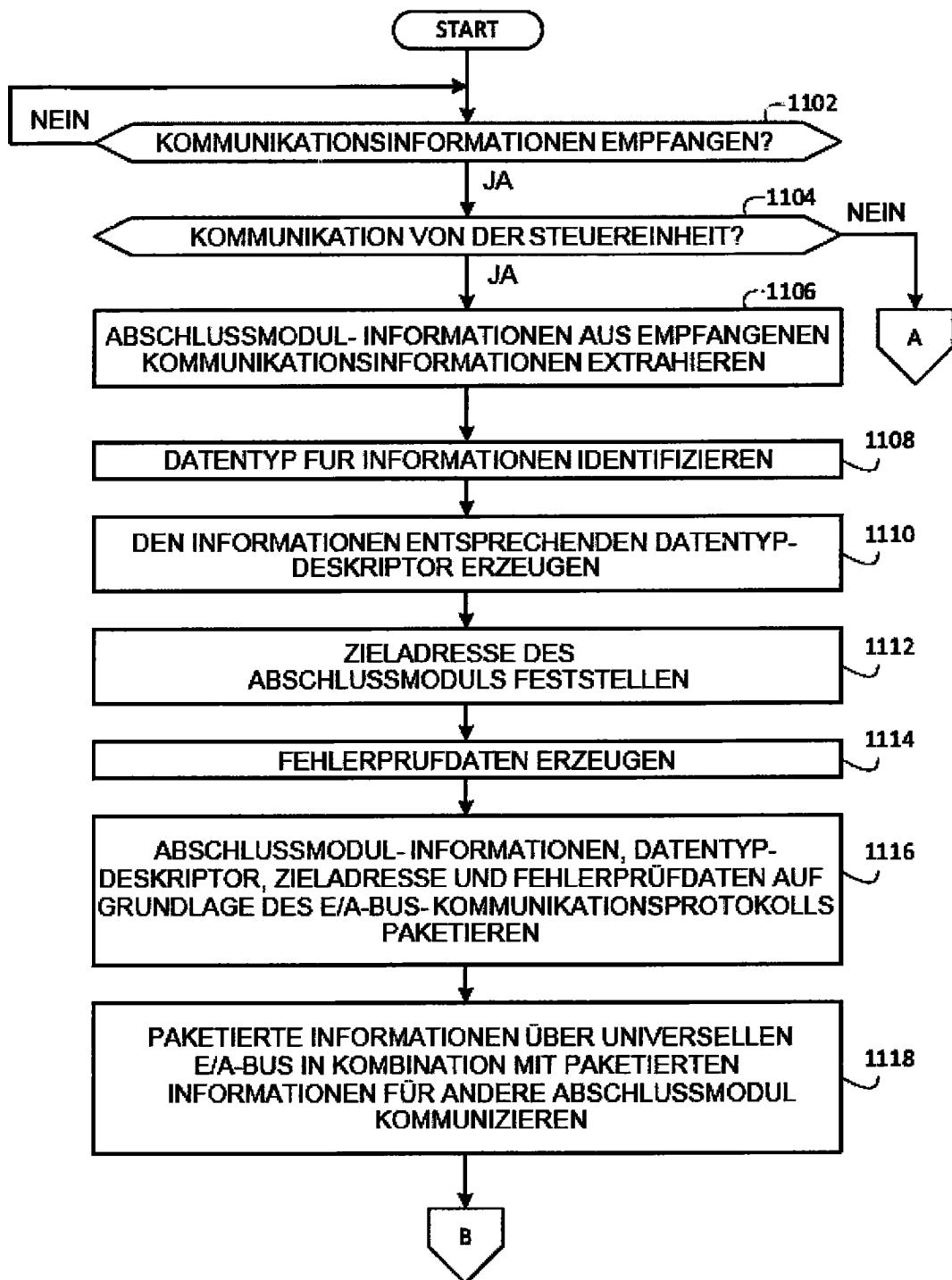


FIG. 11A

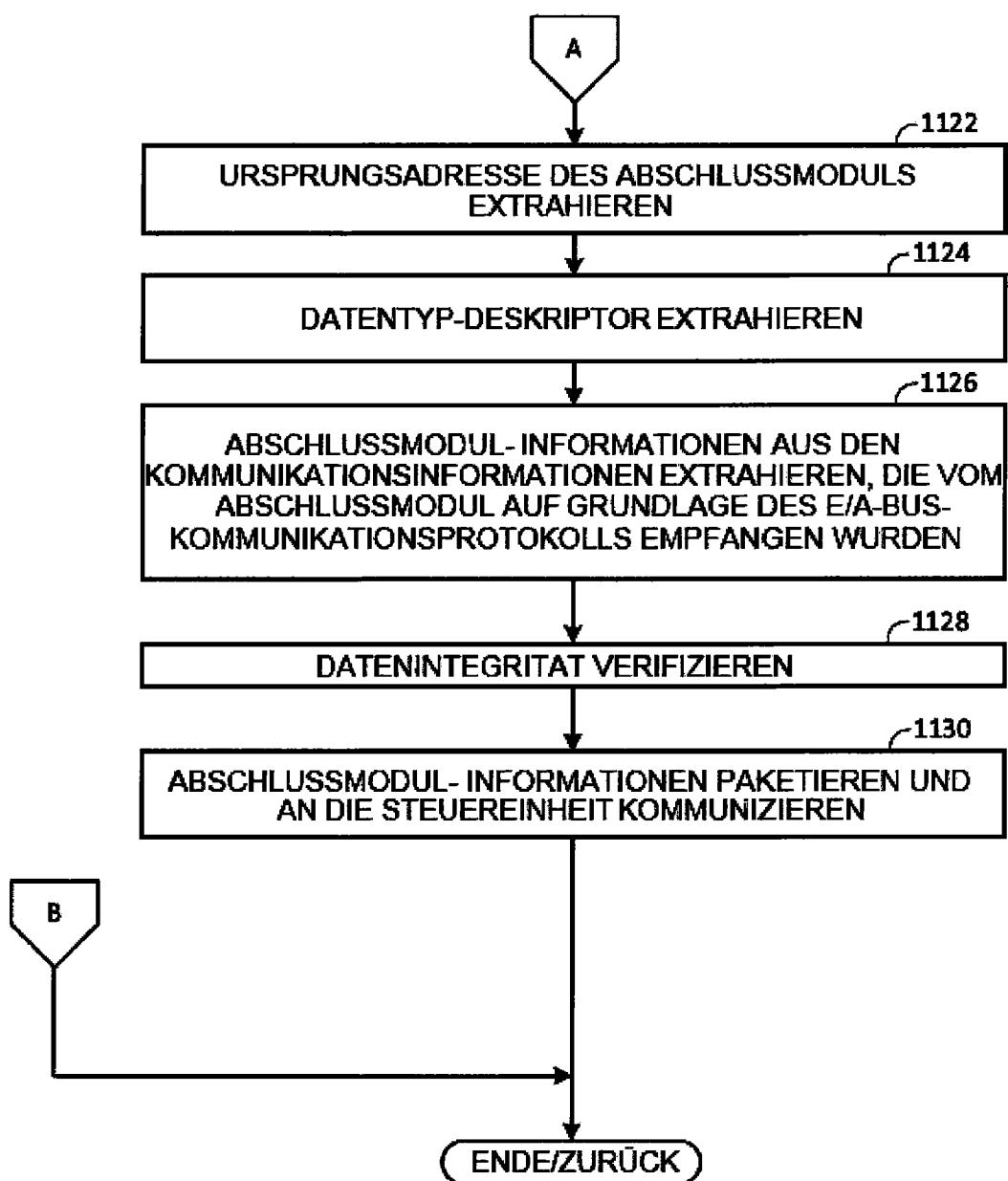


FIG. 11B

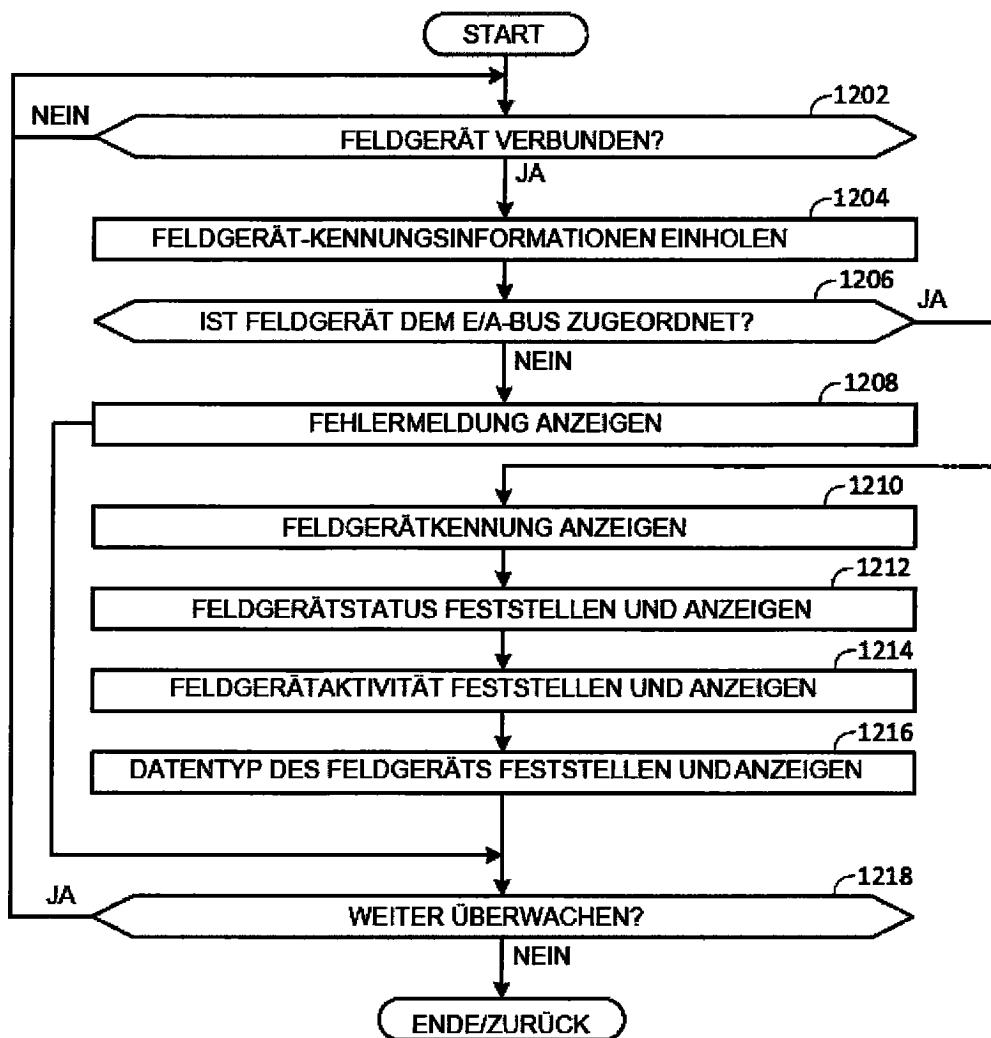


FIG. 12

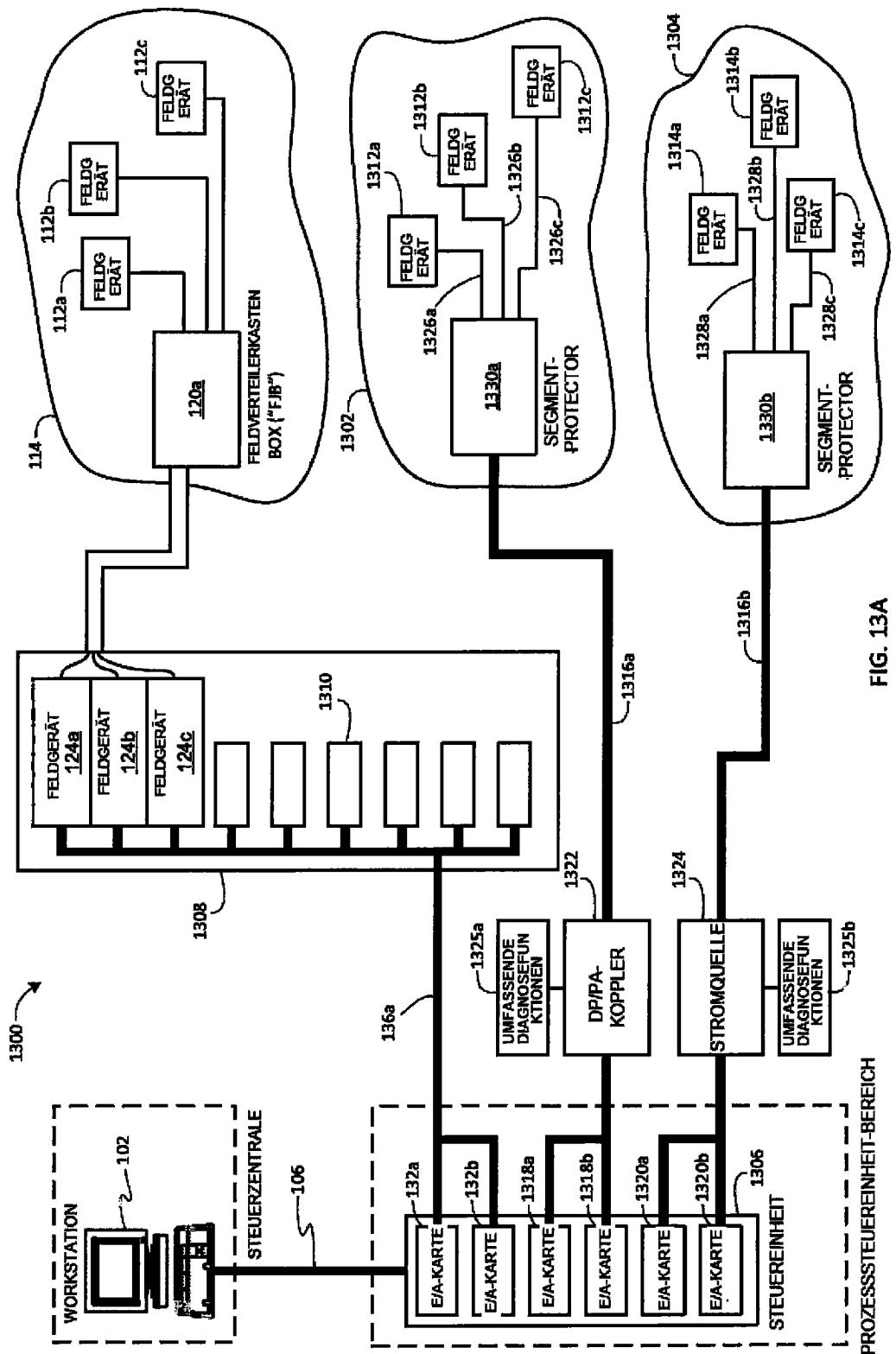


FIG. 13A

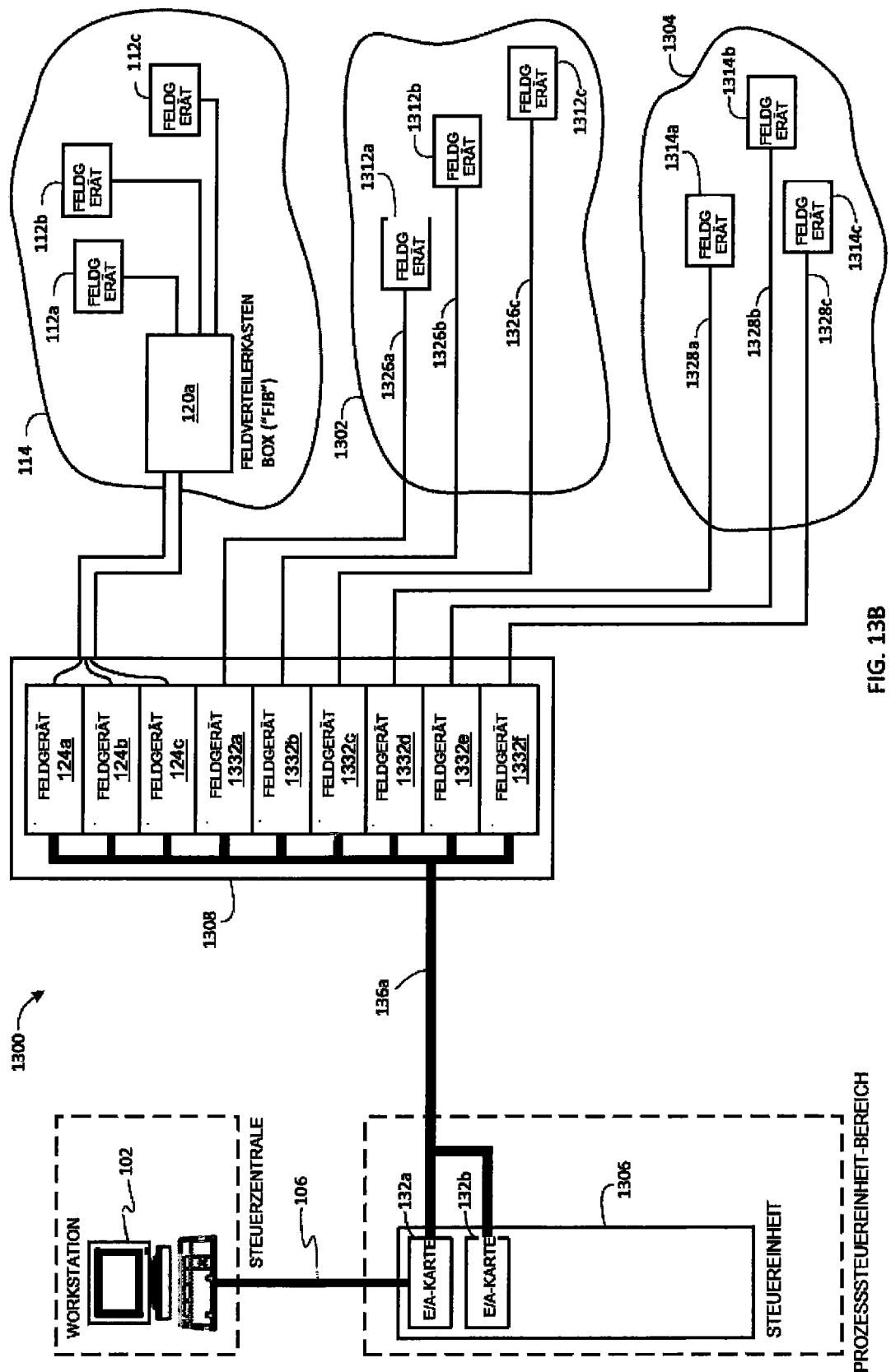


FIG. 13B

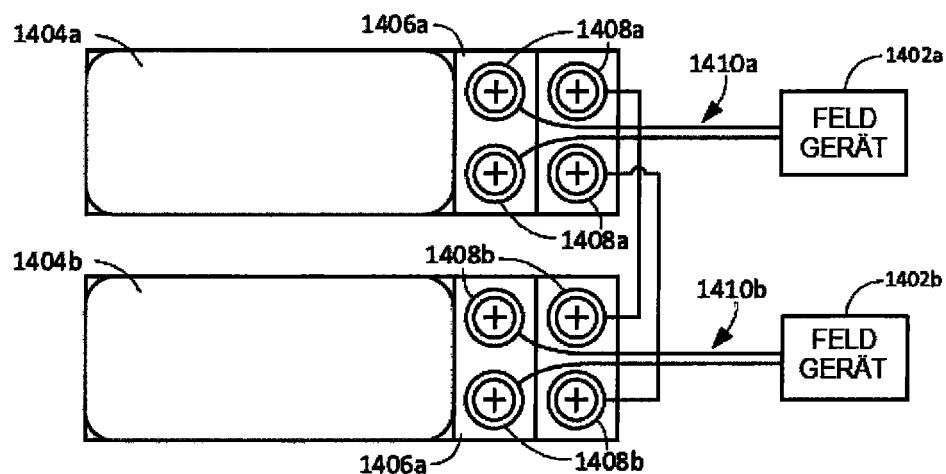


FIG. 14A

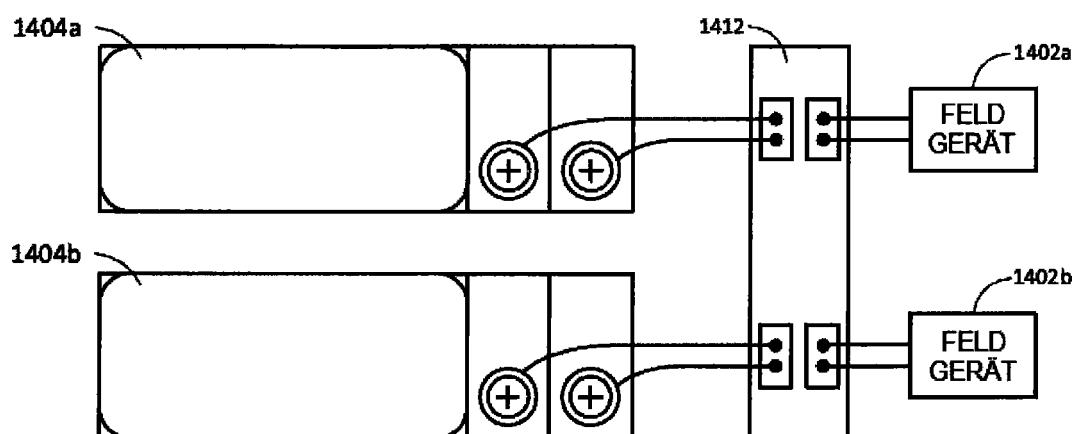


FIG. 14B

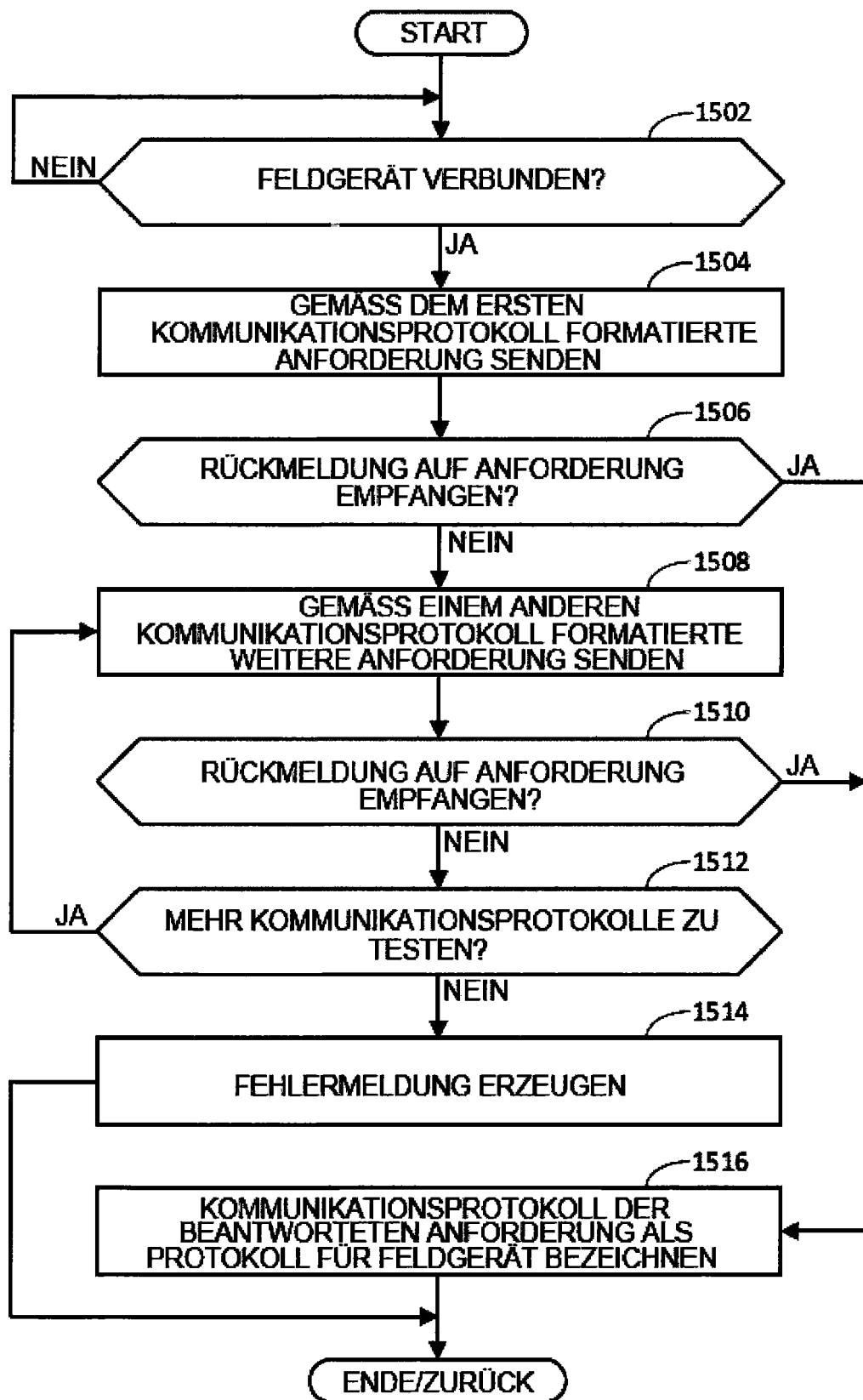


FIG. 15

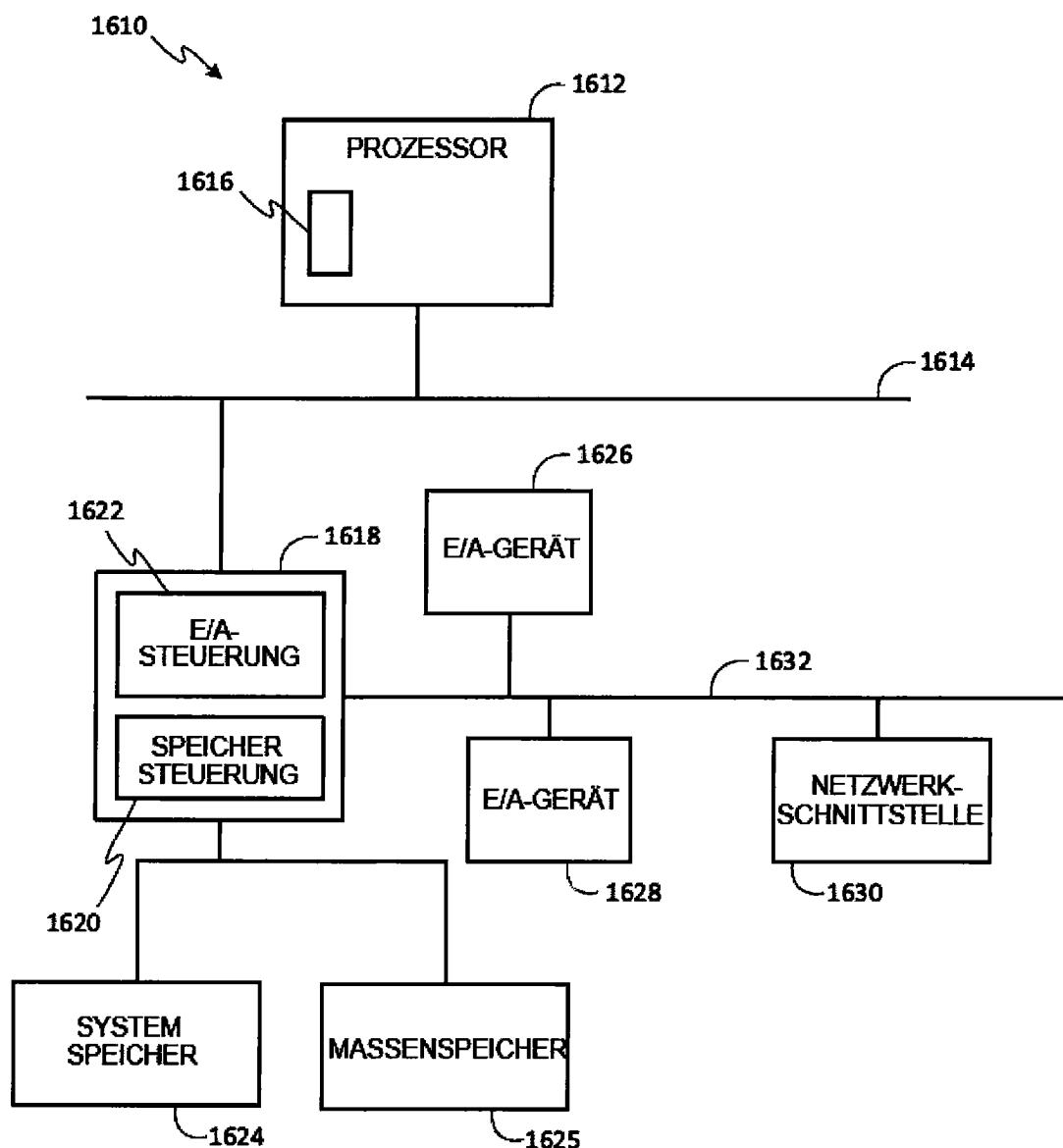


FIG. 16