

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro

(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
20. Februar 2020 (20.02.2020)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2020/035214 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:
G05B 19/042 (2006.01) *G05B 19/05* (2006.01)
H04L 29/08 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2019/068016

(22) Internationales Anmeldedatum:
04. Juli 2019 (04.07.2019)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
18188724.1 13. August 2018 (13.08.2018) EP

(71) Anmelder: **SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT**
[DE/DE]; Werner-von-Siemens-Straße 1, 80333 München (DE).

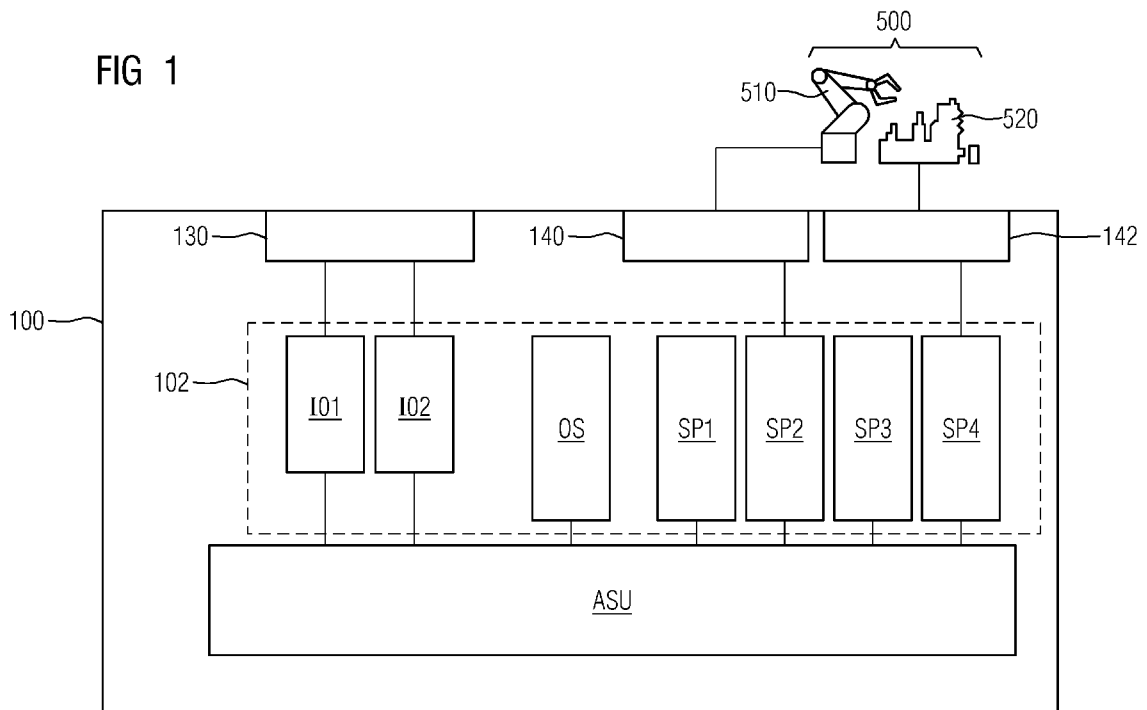
(72) Erfinder: **REICHMANN, Jürgen**; Gratspitzstraße 40, 81825 München (DE). **GÖTZ, Jan**; Tennenloher Str. 10, 91054 Buckenhof (DE). **PELZER, Alexander**; Gerhart-Hauptmann-Str. 87, 90763 Fürth (DE).

(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(54) Title: PROCESS CONTROL UNIT AND METHOD FOR INTERPROCESS EXCHANGE OF PROCESS VARIABLES

(54) Bezeichnung: PROZESSSTEUERUNGSEINHEIT UND VERFAHREN ZUM INTERPROZESSUALEN AUSTAUSCH VON PROZESSVARIABLEN

FIG 1



(57) Abstract: The process control unit according to the invention – for example a programmable logic controller or PLC – is configured to execute a plurality of control processes, wherein at least one first control process executed on the process control unit is configured, according to the invention, such that for the execution thereof there is no provision for direct exchange of process variables with a second control process, but rather this exchange takes place via an interposed association module. An association specification is used to ascertain the control process or control processes to which the process variable needs to be handed over. A particular advantage of the invention can be seen in the increased flexibility in the exchange of process variables, which now takes place in the individual control processes by means of an association module as a departure from "logical wiring" frozen by programming. Restarts of the process



WO 2020/035214 A1

(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

— mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)

control unit and associated production losses advantageously become unnecessary. Additional resources in the process control unit or in an engineering system can be reduced or avoided. The decreased complexity means that the control systems and engineering systems are developed more easily and hence also more quickly.

(57) Zusammenfassung: Die erfindungsgemäße Prozesssteuerungseinheit – beispielsweise eine speicherprogrammierbare Steuerung oder SPS bzw. PLC (Programmable Logic Controller) - ist zur Ausführung einer Mehrzahl von Steuerungsprozessen eingerichtet, wobei mindestens ein auf der Prozesssteuerungseinheit zur Abarbeitung gebrachter erster Steuerungsprozess erfindungsgemäß so eingerichtet ist, dass zu seiner Abarbeitung ein Austausch von Prozessvariablen nicht direkt mit einem zweiten Steuerungsprozess vorgesehen ist, sondern dass dieser Austausch über ein zwischengeschaltetes Zuordnungsmodul erfolgt. Anhand einer Zuordnungsvorschrift wird ermittelt, an welchen Steuerungsprozess oder an welche Steuerungsprozesse die Prozessvariablen zu übergeben ist. Ein besonderer Vorteil der Erfindung ist in der erhöhten Flexibilität im Austausch von Prozessvariablen zu sehen, welche in Abkehr von einer programmtechnisch eingefrorenen »logischen Verdrahtung« in den einzelnen Steuerungsprozessen nunmehr mittels eines Zuordnungsmodul erfolgt. Neustarts der Prozesssteuerungseinheit und damit verbundene Produktionsausfälle werden in vorteilhafter Weise unnötig. Zusätzliche Ressourcen in der Prozesssteuerungseinheit oder in einem Engineeringssystem können reduziert oder vermieden werden. Durch die verringerte Komplexität können die Steuerungssysteme und Engineeringssysteme einfacher und dadurch auch schneller entwickelt werden.

Beschreibung

Prozesssteuerungseinheit und Verfahren zum interprozessualen Austausch von Prozessvariablen

5

Die Erfindung betrifft eine Prozesssteuerungseinheit, welche insbesondere zur Steuerung oder Regelung einer Maschine oder Anlage eingesetzt wird. Die Erfindung betrifft im Weiteren ein Verfahren zum interprozessualen Austausch von Prozessvariablen.

10

In der Prozess- und Fertigungsautomatisierungstechnik werden Feldgeräte als Geräte aller Art verstanden, welche, prozessnah eingesetzt, prozessrelevante Informationen erfassen oder verarbeiten. Zur Erfassung von Prozessgrößen dienen Messgeräte bzw. Sensoren, beispielsweise zur Druckmessung, Temperaturmessung, Leitfähigkeitsmessung, Durchflussmessung, pH-Messung, Füllstandmessung. Zur Beeinflussung von Prozessgrößen werden Aktoren verwendet, beispielsweise Pumpen oder Ventile. Neben den zuvor genannten Sensoren und Aktoren werden unter Feldgeräten auch Geräte aller Art verstanden, die auf einer Feldebene angeordnet sind.

15

20

25

Die von Sensoren erfassten Messwerte werden üblicherweise über einen Feldbus an eine oder mehrere Prozesssteuerungseinheiten übermittelt, welche die Messwerte gegebenenfalls weiterverarbeiten. Auch in Rückrichtung erfolgt eine Datenübertragung von Prozesssteuerungseinheiten an Feldgeräte, insbesondere zur Ansteuerung von Aktoren sowie zur Konfiguration und Parametrierung der Feldgeräte.

30

Wenngleich moderne Prozesssteuerungseinheiten in Ihrem rechen-technischen Kern - üblicherweise einem Mikroprozessor oder Microcontroller mit einem zugeordneten flüchtigen Ar-

beitsspeicher zur Ausführung eines Steuerungsprogramms sowie
mehrerer I/O-Schnittstellen - sich nur noch wenig von breit
durchgesetzten Kleinrechnerarchitekturen zu unterscheiden
scheinen, bedingt die Sensibilität der Steuerungsaufgabe und
5 Ihrer möglichen Auswirkungen auf einen industriellen Prozess
einige Besonderheiten. Diese gründen vor allem in einer star-
ken Kopplung zwischen der physikalischen Außenwelt, also dem
zu steuernden System, mit der Hardware und der Software der
Prozesssteuerungseinheit. Eine Prozesssteuerungseinheit ist
10 für einen bestimmten vorab zu konfigurierenden Bereich einer
Automatisierungsaufgabe zuständig und hält die dafür nötigen
Daten und Software lokal vor.

Erweiterungen in dieser Automatisierungsaufgabe - bei-
15 spielsweise eine Erweiterung der Prozesssteuerungseinheit um
zusätzliche Eingänge oder Ausgänge oder auch ein Software-
Update des Steuerungsprogramms - erfordern derzeit einen kom-
pletten Wechsel des auf der Prozesssteuerungseinheit ablau-
fenden Steuerungsprogramms, welcher mit einem Systemstopp,
20 einer Neu-Kompilierung des Steuerungsprogramms und einem Sys-
temneustart verbunden ist. Ein Update oder ein Wechsel des
Steuerungsprogramms hat also einen vorübergehenden Produkti-
onsausfall des von der Prozesssteuerungseinheit zu steuernden
Systems zur Folge. Ein solcher Produktionsausfall ist in der
25 Prozess- und Fertigungsautomatisierungstechnik generell zu
vermeiden.

Im Stand der Technik wurde daher bereits die Notwendigkeit
einer modularen Gestaltung der Software auf einer Prozess-
30 steuerungseinheit erkannt, also einer Umgestaltung des der-
zeit weitgehend monolithischen Steuerungsprogramms hin zu ei-
ner Mehrzahl modular zusammenarbeitender Steuerungsprozesse.

Bei bislang bekannten Prozesssteuerungseinheiten stellt sich bei einer Änderung, einem Tausch oder Update modularer Steuerungsprozesse im laufenden Betrieb allerdings das Problem, dass ein interprozessualer Datenaustausch zwischen den Steuerungsprozessen derzeit im jeweiligen Steuerungsprozess definiert wird. Zusätzliche oder geänderte Steuerungsprozesse können daher nicht dynamisch eingebracht werden, da ein geänderter interprozessualer Datenaustausch zwischen einem geänderten Steuerungsprozess und einem bestehenden Steuerungsprozess nicht für alle Prozessvariablen funktioniert, beispielsweise wenn für einen geänderten Steuerungsprozess mehr oder andere Prozessvariablen kommuniziert werden sollen als für den ursprünglichen Steuerungsprozess. Weiterhin besteht derzeit keine Möglichkeit, einen interprozessualen Datenaustausch eines bestehenden, laufenden Steuerungsprozess, dynamisch umzuleiten, während dessen Kommunikationspartner - ein zu ändernder Steuerungsprozess - einem Update unterliegt.

Vor diesem Hintergrund ist die vorliegende Erfindung vor die Aufgabe gestellt, eine Prozesssteuerungseinheit zu schaffen, welche einen flexiblere interprozessualen Austausch von Prozessvariablen für eine Mehrzahl von Steuerungsprozessen gewährleistet.

Die Aufgabe wird durch eine Prozesssteuerungseinheit mit den Merkmalen des Patentanspruchs 1 gelöst. Die erfindungsgemäße Prozesssteuerungseinheit ist zur Ausführung einer Mehrzahl von Steuerungsprozessen eingerichtet, wobei mindestens ein Steuerungsprozess die eigentliche Steuerungsaufgabe, also eine Steuerung eines industriellen Prozesses übernimmt. Weitere Steuerungsprozesse unterstützen diese Steuerungsaufgabe oder bieten zusätzliche Funktionalitäten.

Mindestens ein auf der Prozesssteuerungseinheit zur Abarbeitung gebrachter erster Steuerungsprozess ist dabei erfindungsgemäß so eingerichtet, dass zu seiner Abarbeitung ein Austausch von Prozessvariablen nicht direkt mit einem zweiten Steuerungsprozess vorgesehen ist, sondern dass dieser Austausch über ein zwischengeschaltetes Zuordnungsmodul erfolgt.

Die Prozessvariable umfasst eine Prozessvariablenidentifikation - etwa eine Adresse, einen Prozessvariablennamen etc. - sowie einen Prozessvariablenwert, insbesondere den zahlenmäßigen Wert einer Messgröße in einem vorgegebenen, ansonsten beliebigen, Datenformat oder auch eine binären Wert bzw. Flag, welcher das Eintreten oder Nicht-Eintreten einer Bedingung anzeigt.

15

Erfindungsgemäß ist zum Austausch der Prozessvariablen ein Zuordnungsmodul eingerichtet, durch welches eine vom ersten Steuerungsprozess übergebene Prozessvariable empfangen wird, deren Prozessvariablenidentifikation ausgelesen und an eine Zuordnungsvorschrift übergeben wird. Anhand der Zuordnungsvorschrift wird ermittelt, an welchen Steuerungsprozess oder an welche Steuerungsprozesse die Prozessvariablen zu übergeben ist. Anschließend wird die mindestens eine Prozessvariable anhand der aus der Zuordnungsvorschrift ermittelten Steuerungsprozesse an diese übergeben.

20

Ein besonderer Vorteil der Erfindung ist in der erhöhten Flexibilität im Austausch von Prozessvariablen zu sehen, welche in Abkehr von einer programmtechnisch eingefrorenen »logischen Verdrahtung« in den einzelnen Steuerungsprozessen nunmehr mittels eines Zuordnungsmodul erfolgt. Die Steuerungsprozesse sind hierzu so eingerichtet, dass eine Übergabe von Prozessvariablen generell an das Zuordnungsmodul erfolgt, von wo aus eine Weitervermittlung der Prozessvariablen aufgrund

30

einer Zuordnungsvorschrift erfolgt. Diese Maßnahme gestattet, durch Änderung der Zuordnungsvorschrift einen Empfänger der Prozessvariablen durch einen anderen Empfänger zu ersetzen. Alternativ kann auch ein weiterer Empfänger für eine Prozessvariable durch eine entsprechende Änderung der Zuordnungsvorschrift hinzugefügt werden. Eine solche Maßnahme wäre vormals nur durch eine aufwändigere Änderung und Neukompilierung des die Prozessvariable sendenden Steuerungsprozesses möglich.

10 Die Aufgabe wird weiterhin durch ein Verfahren zum interprozessualen Austausch von Prozessvariablen innerhalb einer Prozesssteuerungseinheit sowie durch ein Computerprogramm zur Abarbeitung des erfindungsgemäßen Verfahrens gelöst. Das Computerprogramm wird als Steuerungsprozess in mindestens einem
15 Prozessor einer Prozesssteuerungseinheit abgearbeitet, welcher mit der Abarbeitung das Verfahren ausführt.

Weitere Ausgestaltungen der Erfindung sind Gegenstand der abhängigen Patentansprüche.

20

Gemäß einer vorteilhaften Ausgestaltung ist vorgesehen, dass für eine oder mehrere an einen oder mehrere Steuerungsprozesse übergebene Prozessvariablen die im Zuordnungsmodul ausgelesene Prozessvariablenidentifikation durch eine von der Zuordnungsvorschrift vorgegebenen Prozessvariablenidentifikation vor der Übergabe ersetzt wird. Eine solche Ersetzung der Prozessvariablenidentifikation ist beispielsweise sinnvoll, wenn eine Prozessvariablenidentifikation in einem Empfänger-Steuerungsprozesse durch eine andere ersetzt wurde oder wenn
25 die Prozessvariable bewusst auf einen Prozessvariablenempfänger umgeleitet werden soll.
30

Gemäß einer vorteilhaften Ausgestaltung ist vorgesehen, dass die Übergabe der Prozessvariablen an einen Steuerungsprozess

zyklusorientiert erfolgt. Prozesssteuerungseinheiten arbeiten üblicherweise zyklusorientiert, wobei mindestens ein Steuerungsprozess oder auch ein Betriebssystem der Prozesssteuerungseinheit den Zyklus kontrolliert. Ein Steuerungsprozess aktualisiert das an den Eingängen der Prozesssteuerungseinheit von Sensoren einer Produktionsanlage ausgelegte Eingangsprozessabbild und übergibt dieses an mindestens einen anderen Steuerungsprozess. Nach Abarbeitung von Steueranweisungen übergibt der Steuerungsprozess dann ein Ausgangsprozessabbild, das dann von diesem oder einen anderen Steuerungsprozess bzw. dem Betriebssystem über die Ausgänge zu den Aktoren der Produktionsanlage weitergeleitet wird. Anschließend beginnt der Steuerungszyklus von vorne. Die Zykluszeit kann dabei fest vorgegeben oder auch asynchron ausgelegt sein. Ferner können Steuerungsprozesse mehrere zyklisch auszuführende Aufgaben bzw. Tasks umfassen, die jeweils unterschiedliche Zykluszeiten aufweisen. Jeder Task wird dann ein entsprechendes Eingangsprozessbild geliefert, das von Anweisungen der Task in ein Ausgangsprozessabbild übersetzt wird. Die einzelnen Prozessabbilder können dabei unterschiedlich groß sein, also unterschiedliche Datenmengen besitzen. Schnelle Tasks des Steuerungsprogramms benötigen dabei oft nur wenige Prozessdaten, während langsamere Tasks meist große Prozessdatenmengen verarbeiten.

Gemäß einer alternativen vorteilhaften Ausgestaltung ist vorgesehen, dass die Übergabe mindestens einer Prozessvariablen an mindestens einen zweiten Steuerungsprozess innerhalb einer vorgebbaren Zeitspanne erfolgt. Gemäß dieser Ausführungsform wird bei Empfang der Prozessvariablen am Zuordnungsmodul beispielsweise ein Zeitgeber gestartet, durch den eine Zeitspanne bis zur Übergabe des Wertes an den Empfänger der Prozessvariablen bestimmt wird. Alternativ wird der Prozessvariablen am Zuordnungsmodul ein Zeitstempel zugeordnet, durch den ein

Zeitpunkt der Übergabe des Wertes an den Empfänger der Prozessvariablen bestimmt wird. Die Zeit oder die Zeitspanne kann in Zeiteinheiten definiert werden, in Zyklen eines Taktgebers oder in Stufen eines Zählers.

5

Gemäß einer alternativen Ausgestaltung ist vorgesehen, dass das Zuordnungsmodul eine Schnittstelle zu einem außerhalb der Prozesssteuerungseinheit ablaufenden Konfigurationsprozess aufweist. Diese vorteilhafte Maßnahme gewährleistet, dass ein Konfigurationsprozess zum Zweck einer Änderung der Zuordnungsvorschrift auf das Zuordnungsmodul zugreifen kann, ohne dass der dem Zuordnungsmodul zugrundeliegende Programmcode insgesamt geändert oder gar neu kompiliert werden muss.

15 Gemäß einer vorteilhaften Ausgestaltung ist vorgesehen, dass mindestens ein Steuerungsprozess zur Abarbeitung einer iterativen Folge von Steueranweisungen zur Steuerung des außerhalb der Prozesssteuerungseinheit ablaufenden industriellen Prozesses eingerichtet ist. Dieser mindestens eine Steuerungsprozess verwirklicht die eigentliche Steuerungsaufgabe der Prozesssteuerungseinheit mit den verbundenen Feldgeräten.

20 Gemäß einer vorteilhaften Ausgestaltung ist vorgesehen, dass das Zuordnungsmodul ein Steuerungsprozess ist, durch den eine Speicherung der Prozessvariablen in einem definierbaren Speicherbereich eines flüchtigen oder nichtflüchtigen Speichers vorgesehen ist.

30 Gemäß einer vorteilhaften Ausgestaltung ist vorgesehen, dass das Zuordnungsmodul einen Datenbus mit einer zugeordneten Bus-Datenbank umfasst. Der Datenbus kann zur Übergabe mindestens eines Prozessvariablenwerts gemäß eines in der Bus-Datenbank zugeordneten Prozessvariablenidentifikation eingerichtet sein.

Im Folgenden werden weitere Ausführungsbeispiele und Vorteile der Erfindung anhand der Zeichnung näher erläutert. Dabei zeigen:

5

Fig. 1: eine Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Prozesssteuerungseinheit in einer Prinzipdarstellung;

10

Fig. 2: Eine Prinzipdarstellung einer logischen Verknüpfung zum Austausch mindestens einer Prozessvariablen zwischen zwei Steuerungsprozessen gemäß dem Stand der Technik;

15

Fig. 3: Eine Prinzipdarstellung einer logischen Verknüpfung zum Austausch mindestens einer Prozessvariablen zwischen zwei Steuerungsprozessen gemäß einem Ausführungsbeispiel; und;

20

Fig. 4: Eine Prinzipdarstellung einer logischen Verknüpfung zum Austausch mindestens einer Prozessvariablen zwischen internen und externen Steuerungsprozessen gemäß einem Ausführungsbeispiel; und;

25

Fig. 5: Eine Prinzipdarstellung einer logischen Verknüpfung zum Austausch mindestens einer Prozessvariablen zwischen mehreren Steuerungsprozessen gemäß einem Ausführungsbeispiel.

30

Fig. 1 zeigt eine Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Prozesssteuerungseinheit 100 zur Steuerung einer Anlage 500, welche beispielsweise aus einem Roboter 510 und einer Fertigungsmaschine 520 besteht. Die Prozesssteuerungseinheit 100 liegt beispielsweise in Form einer speicherprogrammierbaren

Steuerung oder SPS bzw. PLC (Programmable Logic Controller) vor.

Die Prozesssteuerungseinheit 100 umfasst einen strichliert
5 dargestellten Speicherbereich 102, in dem eine Mehrzahl von Steuerungsprozessen SP1,SP2,SP3,SP4 geladen sind, welche von einem - nicht dargestellten - Mikroprozessor oder Microcontroller nebenläufig abgearbeitet werden.

10 Ein oder mehrere modular zusammenarbeitende Steuerungsprozesse SP1,SP2,SP3,SP4 dienen zur Implementierung spezifischer Funktionen wie z.B. Verknüpfungssteuerung, Ablaufsteuerung, Zeit-, Zähl- und arithmetische Funktionen, um durch digitale oder analoge Eingangs- und Ausgangssignale verschiedene Arten
15 von Maschinen und Prozesse zu steuern. Die Prozesssteuerungseinheit 100 verfügt hierzu über Schnittstellen 140,142 zur Ansteuerung einer Anlage, einer Maschine oder zur Anbindung von Feldgeräten im Allgemeinen. Die Schnittstellen 140,142 sind an die Kommunikationsweise der angebundenen Anlagen, Ma-
20 schinen oder Feldgeräten angepasst, hier dem Roboter 510 und der Fertigungsmaschine 520.

Im Beispiel der FIG. 1 ist die erste Schnittstelle 140 zur Steuerung des Roboters 510 als Feldbus-Schnittstelle 140, die
25 zweite Schnittstelle 142 zur Steuerung der Fertigungsmaschine 520 als digitale Eingabe-Ausgabe-Schnittstelle 142 ausgebildet. Erstbesagte Feldbus-Schnittstellen 140 unterstützen insbesondere industrielle Kommunikationsstandards wie Profibus, Foundation Fieldbus, HART, Wireless HART etc. Letztlich er-
30 folgt die Ansteuerung der Schnittstellen 140,142 anhand der zusammenarbeitenden Steuerungsprozesse SP1,SP2,SP3,SP4 derart, dass die Anlage, die Maschine oder der Prozess in einer vorgesehenen Art und Weise arbeitet.

Die Prozesssteuerungseinheit 100 verfügt weiterhin über mindestens eine Schnittstelle 130 zur paketorientierten Kommunikation mit beliebigen - nicht dargestellten - Kommunikationspartnern, beispielsweise Feldgeräte, übergeordnete Server wie
5 beispielsweise einen Leitstand zur übergeordneten Steuerung eines industriellen Prozesses oder auch Engineering-Systeme zur Übertragung von aktualisierter Programmdatei von einem Engineering-System an die Prozesssteuerungseinheit 100.

10 Neben Feldbussen werden zunehmend auch drahtgebundene oder drahtlose Ethernet-Netzwerkverbindungen zur industriellen Kommunikation eingesetzt, welche aufgrund ihrer mannigfaltigen Vorteile künftig bis zur Ebene der Feldgerätekommunikation vordringen dürfte. Derartige paketorientiert kommunizierende Feldgeräte werden über die Schnittstelle 130 zur paketorientierten Kommunikation an die Prozesssteuerungseinheit
15 100 angebunden. Die besagte paketorientierte Kommunikation ist im industriellen Umfeld häufig IP-basiert (Internet Protocol), also gemäß einem Ethernet-Standard der Protokollfamilie IEEE 802 oder in Anlehnung daran ausgebildet. Die industriellen Anforderungen an einen deterministischen Datenaustausch mit Feldgeräten in einem Sub-Millisekundenbereich - oftmals auch als Echtzeitfähigkeit bezeichnet - erfordern
20 heute nach wie vor Prozesssteuerungseinheiten 100 als direkte übergeordnete Ebene zu Feldgeräten und machen diese auch in
25 Zukunft nicht unnötig.

Nach heutigem Ermessen dürfte eine künftige Ethernet-basierte Feldgerätekommunikation eine Verwendung eines hersteller- und
30 plattformunabhängigen Industriestandards OPC UA (Open Platform Communication Unified Architecture) und eine Erweiterung des IEEE-802.1-Ethernet-Standards um eine Echtzeitfähigkeit umfassen, welche als TSN (Time Sensitive Networks) derzeit Gegenstand von Normungsaktivitäten ist. Neben determi-

nistischen Datenübertragungen im Sub-Millisekundenbereich werden mit TSN auch Anforderungen in Hinblick auf eine einfache Konfigurierbarkeit und herstellerübergreifende Interoperabilität adressiert.

5

Im Speicherbereich 102 werden neben den Steuerungsprozessen SP1, SP2, SP3, SP4 weitere Ein-Ausgabe-Prozesse IO1, IO2 zum Ablauf gebracht, welche die Schnittstelle 130 zur paketorientierten Kommunikation ansteuern. Diese Ein-Ausgabe-Prozesse IO1, IO2 können ihrerseits als Steuerungsprozess analog zu den Steuerungsprozessen SP1, SP2, SP3, SP4 ausgestaltet sein. Alternativ können diese Ein-Ausgabe-Prozesse IO1, IO2 auch eine gegenüber den Steuerungsprozessen SP1, SP2, SP3, SP4 gesonderte Stellung einnehmen, beispielsweise weil diese Bestandteil eines - nicht dargestellten - Betriebssystems der Prozesssteuerungseinheit 100 sind. Die Ein-Ausgabe-Prozesse IO1, IO2 beinhalten beispielsweise eine Webserver-Applikation oder eine OPC-UA-Applikation.

20 Aus der Mehrzahl von Steuerungsprozessen SP1, SP2, SP3, SP4 in der Prozesssteuerungseinheit 100 sind beispielsweise zwei Steuerungsprozesse SP2, SP4 zur Steuerung eines industriellen Prozesses auf der Anlage 500 eingerichtet, während weitere Steuerungsprozesse SP1, SP3 diese Steuerung unterstützen oder
25 zusätzliche Funktionalitäten bieten.

Aufgrund der modularen Natur der Steuerungsprozesse SP1, SP2, SP3, SP4 ist ein interprozessualer Datenaustausch zwischen den Steuerungsprozessen SP1, SP2, SP3, SP4 erforderlich.
30 Auf diesen Datenaustausch wird im Folgenden allgemein als ein Austausch von Prozessvariablen eingegangen. Diese Prozessvariablen umfassen alle interprozessual ausgetauschten Daten wie z.B. binäre Werte, beispielsweise Flags, welcher das Eintreten oder Nicht-Eintreten einer Bedingung anzeigen, Adres-

sen auszulesender oder zu beschreibender Speicherzellen oder deren Werte, weiterhin auch numerische Werte, Zeichenketten usw. Insbesondere ist der Inhalt dieser Prozessvariablen nicht eingeschränkt auf Inhalte zur Unterstützung der eigent-
5 lichen industriellen Steuerungsaufgabe der Prozesssteuerungs-
einheit 100.

Ein interprozessualer Datenaustausch zwischen modularen Steuerungsprozessen wird im Stand der Technik gegenwärtig im je-
10 weiligen Steuerungsprozess selbst definiert, beispielsweise unter Verwendung einer gemeinsam benutzten Speicherzelle in einem Register oder Cache, auf die beide Steuerungsprozesse lesend oder schreibend zugreifen. Hierzu ist derzeit vorgese-
hen, dass die Verknüpfung im Programmcode des jeweiligen
15 Steuerungsprozesses selbst angelegt ist. Eine derartige derzeit praktizierte programmtechnische Verknüpfung erfolgt beispielsweise durch eine Adresse oder einen Zeiger bzw. Pointer auf eine Adresse einer gemeinsam benutzten Speicherzelle.

20 In FIG 2 ist der Austausch einer Prozessvariablen zwischen zwei Steuerungsprozessen SP1, SP2 gemäß dem Stand der Technik detaillierter dargestellt. Der erste Steuerungsprozess SP1 verfüge hier ausschnittsweise über drei Prozessvariablen v1.1, v1.2, v1.3. Der zweite Steuerungsprozess SP2 verfügt
25 - ebenfalls ausschnittsweise - über drei Prozessvariablen v2.1, v2.2, v2.3.

Die Prozessvariable v1.1 des ersten Steuerungsprozesses SP1 ist mit der Prozessvariable v2.3 des zweiten Steuerungsprozesses SP2 logisch verbunden. Unter dieser logischen
30 - zeichnerisch durch eine die besagten Prozessvariablen verbindende Linie dargestellten - Verbindung ist zu verstehen, dass im Programmcode des ersten Steuerungsprozess SP1 ein le-
sender oder schreibender Zugriff auf die Prozessvariable v2.3

des zweiten Steuerungsprozesses SP2 realisiert ist. Umgekehrt ist im Programmcode des zweiten Steuerungsprozess SP2 ein le-
sender oder schreibender Zugriff auf die Prozessvariable v1.1
des ersten Steuerungsprozesses SP1 realisiert. Die Bezugnahme
5 auf die jeweils andere prozessexterne Variable kann dabei im
Programm selbst - oder alternativ durch das Betriebssystem
aufgelöst oder umgewertet - durch Bezugnahme auf eine Adresse
oder einen Zeiger auf eine Adresse einer gemeinsam benutzten
Speicherzelle erfolgen. In jedem Fall ist die Bezugnahme auf
10 die prozessexterne Variable im Programmcode des jeweiligen
Steuerprogramms selbst implementiert.

Ein im jeweiligen Steuerungsprozess selbst definierter inter-
prozessualer Datenaustausch zwischen modularen Steuerungspro-
zessen hat mehrere Nachteile:

15 - Zusätzliche oder - beispielsweise im Zuge eines Updates -
geänderte Steuerungsprozesse können nicht dynamisch einge-
bracht werden, da ein interprozessualer Datenaustausch
zwischen einem geänderten Steuerungsprozess und einem be-
stehenden Steuerungsprozess nicht für alle Prozessvariab-
20 len funktioniert, beispielsweise wenn für einen geänderten
Steuerungsprozess mehr oder andere Prozessvariablen kommu-
niziert werden sollen als für den ursprünglichen Steue-
rungsprozess.

25 - Weiterhin besteht derzeit keine Möglichkeit, einen inter-
prozessualen Datenaustausch eines bestehenden, laufenden
Steuerungsprozess dynamisch umzuleiten, während dessen
Kommunikationspartner - ein zu ändernder Steuerungspro-
30 zess - einem Update unterliegt.

Wird im Laufe des Betriebs eine Änderung der Konfiguration
erforderlich, bei der die Prozessvariable v1.1 nicht mehr mit
der Prozessvariable v2.2 des zweiten Steuerungsprozesses SP2

logisch verknüpft sein soll, sondern beispielsweise mit der Prozessvariablen v2.3, ist mit der derzeitigen programmtechnischen Verknüpfung folgendes Vorgehen unausweichlich:

5 - der Betrieb der Prozesssteuerungseinheit 100 wird gestoppt;

10 - der Quellcode des ersten Steuerungsprozess SP1 wird hinsichtlich der beschriebenen logischen Verknüpfung der Prozessvariablen v1.1 mit der prozessexternen Prozessvariablen v2.3 überarbeitet;

15 - der Quellcode des überarbeiteten ersten Steuerungsprozess SP1 wird kompiliert und der kompilierte Programmcode in der Prozesssteuerungseinheit 100 geladen; und;

- die Prozesssteuerungseinheit 100 wird neu gestartet.

Derzeitige Prozesssteuerungseinheiten sind also durch eine mangelnde Flexibilität aufgrund ihres monolithischen Aufbaus sowie ihrer starken Kopplung von Hardware und Software geprägt. Eine Skalierbarkeit bezüglich der Funktionalität von Prozesssteuerungseinheiten kann derzeit lediglich durch Hinzufügen weiterer Prozesssteuerungseinheiten erfolgen. Veränderungen in der physischen oder datentechnischen Welt erfordern häufig eine Neukonfiguration, eine Neukompilierung und üblicherweise auch einen Neustart der beteiligten Prozesssteuerungseinheiten. Dabei müssen die neu kompilierten Komponenten zusätzlich zu den laufenden Komponenten auf der Prozesssteuerungseinheit abgelegt werden, was einen erhöhten Speicherbedarf bedeutet.

20
25
30

Die Erfindung löst diese derzeitig bestehenden Probleme durch Abkehr von einem im jeweiligen Steuerungsprozess selbst definierten interprozessualen Datenaustausch zwischen modularen

Steuerungsprozessen. Erfindungsgemäß ist vorgesehen, den Datenaustausch von Prozessvariablen nicht direkt zwischen Steuerungsprozessen, sondern über ein zwischengeschaltetes Zuordnungsmodul vorzusehen.

5

Die Prozessvariable umfasst eine Prozessvariablenidentifikation - etwa eine Adresse, einen Prozessvariablennamen etc. - sowie einen Prozessvariablenwert, insbesondere den zahlenmäßigen Wert einer Messgröße in einem vorgegebenen, ansonsten beliebigen, Datenformat oder auch einen binären Wert bzw. Flag, welcher das Eintreten oder Nicht-Eintreten einer Bedingung anzeigt.

Unter erneuter Bezugnahme auf FIG. 1 ist erfindungsgemäß zum Austausch von Prozessvariablen ein Zuordnungsmodul ASU eingerichtet, durch welches eine von einem ersten Steuerungsprozess SP1 übergebene Prozessvariable empfangen wird und anschließend eine Zuordnung der Prozessvariable - d.h. an welchen Steuerungsprozess oder an welche Steuerungsprozesse die Prozessvariable zu übergeben ist - ermittelt wird.

In einer ersten, einfachen, Ausführungsform ist dieses Zuordnungsmodul ASU als gemeinsamer Datenbus zwischen mehreren Steuerungsprozessen ausgestaltet. Die Zuordnung erfolgt erfindungsgemäß nunmehr dynamisch, d.h. zur Laufzeit der Prozesssteuerungseinheit. Eine solche dynamische Zuordnung erfolgt anhand einer Zuordnungsvorschrift, welche in dieser Ausführungsform beispielsweise in einer dem Datenbus zugeordneten Verknüpfungstabelle abgelegt ist. Die Verknüpfungstabelle ist beispielsweise als eine von einer Software verwaltbare Datenstruktur bzw. Datenbank implementiert.

Gemäß dieser erfindungsgemäßen Ausgestaltung kann eine Änderung der Zuordnung während eines laufenden Betriebs der Pro-

zesssteuerungseinheit 100 durch das Zuordnungsmodul ASU
- hier ausgestaltet als Datenbus mit einer dem Datenbus zuge-
ordneten Verknüpfungstabelle - bewirkt werden, ohne dass
hierzu ein Betriebsstop der Prozesssteuerungseinheit 100, ei-
5 ne Änderung im Quellcode der Steuerungsprozesse, ein erneutes
kompilieren und laden der Steuerungsprozesse oder ein Neu-
start der Prozesssteuerungseinheit 100 erforderlich sind.

Die - nicht dargestellte - Zuordnungstabelle des Zuordnungs-
10 moduls ASU kann in vorteilhafter Weise einfach erstellt und
verwaltet werden, da durch die Zuordnungstabelle lediglich
die jeweiligen Prozessvariablen der beteiligten Steuerungs-
prozesse miteinander verknüpft werden. Die in den Steuerungs-
prozessen angewandten Prozessvariablenidentifikationen, z.B.
15 Variablennamen, Datentypen und weitere Informationen der ein-
zelnen Softwarekomponenten können z.B. durch einen außerhalb
der Prozesssteuerungseinheit ablaufenden Konfigurationspro-
zess - beispielsweise einem Engineeringsystem - gesammelt und
für die Verknüpfung verwendet werden. Das Engineering kann
20 dadurch die Konsistenz der Verbindung überprüfen. Eine Zuord-
nung kann sowohl textuell - also in Form strukturiert formu-
lierter Zuordnungsvorschriften - als auch graphisch - also in
Form eines maschinenlesbaren Verschaltungsplans - vorgenommen
werden.

25

Beim Hochfahren der Prozesssteuerungseinheit 100 kann die
Konfiguration der verknüpften Prozessvariablen in der Zuord-
nungstabelle hinterlegt werden, d.h. beispielsweise die in
FIG. 3 gezeigte Zuordnung einer Prozessvariable, welche im
30 ersten Steuerungsprozess SP1 die Prozessvariablenidentifika-
tion v1.1 und im zweiten Steuerungsprozess SP2 die Prozessva-
riablenidentifikation v2.2 umfasst. Die Datenstruktur der Zu-
ordnungstabelle, in der beim Hochfahren der Prozesssteue-
rungseinheit die Zuordnung der Prozessvariablenidentifikation

v1.1 und v2.2 beschrieben wurde, kann im laufenden Betrieb -
d.h. dynamisch - jederzeit angepasst werden. Dies wird in
FIG. 3 durch gestrichelte Linien verdeutlicht, welche den Da-
tenbus des Zuordnungsmoduls ASU alternativ oder zusätzlich
5 mit weiteren Prozessvariablenidentifikationen v1.2, v1.3,
v2.1, v2.3 verbinden.

Im laufenden Betrieb ist der erste Steuerungsprozess SP1 so
eingrichtet, dass ein Austausch der besagten Prozessvariable
10 - welcher im ersten Steuerungsprozess SP1 die Prozessvariab-
lenidentifikation v1.1 zugeordnet ist - über das Zuordnungs-
modul ASU mit dem zweiten Steuerungsprozess SP2 derart vorge-
sehen ist, dass die vom ersten Steuerungsprozess SP1 überge-
bene Prozessvariable vom Zuordnungsmodul ASU empfangen wird.
15 Im Zuordnungsmodul ASU wird dann die Prozessvariablenidenti-
fikation v1.1 der Prozessvariable ausgelesen. Die Prozessva-
riable wird dann an die Zuordnungsvorschrift im Zuordnungsmo-
dul ASU übergeben. Gemäß dieser Zuordnungsvorschrift wird die
im Zuordnungsmodul ausgelesene Prozessvariablenidentifikation
20 v1.1 ersetzt durch die von der Zuordnungsvorschrift vorgege-
benen Prozessvariablenidentifikation v2.3. Das Zuordnungsmo-
dul ASU übergibt die besagte Prozessvariable mit der nunmehr
Prozessvariablenidentifikation v2.3 an den zweiten Steue-
rungsprozess SP2. Der Prozessvariablenwert verbleibt vorzugs-
25 weise unverändert.

In einer zweiten Ausführungsform ist dieses Zuordnungsmodul
ASU als Steuerungsprozess ausgestaltet. In Hinblick auf die
FIG. 1 hätte dies zur Folge, dass sich das Zuordnungsmodul
30 ASU nunmehr darstellerisch innerhalb des strichlierten Be-
reichs des Speicherbereichs 102 befindet, in dem die Mehrzahl
von Steuerungsprozessen SP1, SP2, SP3, SP4 geladen ist.

Im Zuordnungsmodul ASU erfolgt eine Speicherung der Prozessvariablen in einem definierbaren Speicherbereich, also beispielsweise eines vom Zuordnungsmodul ASU verwalteten Registers eines prozessornahen Registerspeichers.

5

Die Zuordnung gemäß dieser zweiten Ausführungsform erfolgt im Wesentlichen wie oben anhand des ersten Ausführungsbeispiels beschrieben. Im laufenden Betrieb ist der erste Steuerungsprozess SP1 so eingerichtet, dass ein Austausch der besagten Prozessvariable - welcher im ersten Steuerungsprozess SP1 die Prozessvariablenidentifikation v1.1 zugeordnet ist - über das Zuordnungsmodul ASU mit dem zweiten Steuerungsprozess SP2 derart vorgesehen ist, dass die vom ersten Steuerungsprozess SP1 übergebene Prozessvariable vom Zuordnungsmodul ASU zunächst empfangen wird. Im Zuordnungsmodul ASU wird dann die Prozessvariablenidentifikation v1.1 der Prozessvariable ausgelesen. Die Prozessvariable wird dann an die Zuordnungsvorschrift im Zuordnungsmodul ASU übergeben. Die Zuordnungsvorschrift ist beispielsweise als Zuordnungstabelle oder als Datenbank ausgeführt, auf welche durch den Steuerungsprozess des Zuordnungsmoduls ASU zugegriffen wird. Gemäß dieser Zuordnungsvorschrift wird die im Zuordnungsmodul ASU ausgelesene Prozessvariablenidentifikation v1.1 ersetzt durch die von der Zuordnungsvorschrift vorgegebenen Prozessvariablenidentifikation v2.3. Das Zuordnungsmodul ASU übergibt die besagte Prozessvariable mit der nunmehr Prozessvariablenidentifikation v2.3 an den zweiten Steuerungsprozess SP2. Der Prozessvariablenwert verbleibt vorzugsweise unverändert.

30 Die oben genannte Zuordnungsvorschrift, bei der die im Zuordnungsmodul ausgelesene Prozessvariablenidentifikation v1.1 durch eine von der Zuordnungsvorschrift vorgegebenen Prozessvariablenidentifikation v2.3 ersetzt wird, ist ein optionaler Schritt, wenn die Prozessvariablenidentifikationen v1.1, v2.3

nicht identisch sind. Bei gleichen Prozessvariablenidentifikationen, also beispielsweise einer systemweit gültigen und lesbaren Prozessvariablenidentifikation »Temperature_Sensor_34«, kann diese Maßnahme entfallen.

5

Im Folgenden wird eine dynamische Änderung der Zuordnungsvorschrift näher erläutert. Wird eine Änderung der Konfiguration erforderlich, dass die Prozessvariable mit der Prozessvariablenidentifikation v1.1 nicht mehr mit der Prozessvariable mit der Prozessvariablenidentifikation v2.2 des zweiten Steuerungsprozesses SP2 logisch verknüpft sein soll, sondern beispielsweise mit der Prozessvariablen mit der Prozessvariablenidentifikation v2.3, ist dies im Stand der Technik bekannten programmtechnischen Verknüpfung unweigerlich mit einer Änderung der beteiligten Steuerungsprozesse SP1,SP2 einschließlich eines Neustarts des Systems verbunden.

Bislang bekannte Prozesssteuerungseinheiten erreichen die Möglichkeit, Änderung der Steuerungsprozesse SP1,SP2,SP3,SP4 im laufenden System durchzuführen, nur durch hohe Aufwände im Engineering und im Laufzeitsystem der Hardware. Um eine Änderung zu erreichen, muss beispielsweise im Speicherbereich 102 der Prozesssteuerungseinheit 100 für diese möglichen Änderungen Speicherplatz vorgehalten werden, in welchem die Änderungen temporär hinterlegt werden können. Für die Änderungen muss das Programm kompiliert werden und es sind nur bestimmte Änderungen im laufenden Betrieb möglich.

Mit Einsatz der erfindungsgemäßen Mittel unter Beteiligung der Zuordnungseinheit ASU ist eine solche Änderung der beteiligten Steuerungsprozesse SP1,SP2 in vorteilhafter Weise unnötig. Stattdessen wird die Zuordnungsvorschrift in der Zuordnungseinheit ASU mit einem auch während des Betriebs der Prozesssteuerungseinheit 100 möglichen Zugriff durch einen

Konfigurationsprozess, etwa in einem einfachen Engineering-system, geändert.

Gemäß einer Ausgestaltung ist vorgesehen, dass das Zuord-
5 nungsmodul ASU eine Schnittstelle zu einem außerhalb der Pro-
zesssteuerungseinheit ablaufenden Konfigurationsprozess auf-
weist. Mit Bezugnahme auf FIG. 1 ist beispielsweise eine pro-
grammtechnische Schnittstelle durch einen Zugriff des Zuord-
nungsmodul ASU über einen der Ein-Ausgabe-Prozesse IO1, IO2
10 auf die Schnittstelle 130 zur paketorientierten Kommunikation
ausgebildet. Alternativ verfügt das Zuordnungsmodul ASU über
eine separate - nicht dargestellte - externe Schnittstelle.
Über die Schnittstelle wird beispielsweise eine Webserver-
Applikation zur Ausführung gebracht, welche einen Zugriff auf
15 die Zuordnungsvorschrift erlaubt. Beide Ausführungsformen des
Zuordnungsmoduls ASU bilden eine Schnittstelle zu einem au-
ßerhalb der Prozesssteuerungseinheit 100 ablaufenden - nicht
dargestellten -Konfigurationsprozess.

20 Diese vorteilhafte Maßnahme gewährleistet, dass ein Konfigu-
rationsprozess zum Zweck einer Änderung der Zuordnungsvor-
schrift auf das Zuordnungsmodul ASU zugreifen kann, ohne dass
der dem Zuordnungsmodul 100 zugrundeliegende Programmcode
insgesamt geändert oder gar neu kompiliert werden muss.

25

Im Folgenden wird eine weitere vorteilhafte Ausgestaltung be-
schrieben, welche ebenfalls die oben beschriebene Schnitt-
stelle des Zuordnungsmoduls ASU zu einem außerhalb der Pro-
zesssteuerungseinheit ablaufenden Prozess verwendet. Für
30 Testzwecke ist es oftmals sinnvoll, das Verhalten von Steuer-
programmen oder auch das Verhalten einzelner physischer Bau-
elemente in ihrem Wirkzusammenhang innerhalb der Prozesssteu-
erungseinheit 100 gezielt zu kontrollieren oder zu testen.

In einem beispielhaften Fall soll nunmehr mit Bezug auf FIG. 4 angenommen werden, dass das Verhalten der Prozessvariable mit der innerhalb des ersten Steuerungsprozess SP1 geltenden Prozessvariablenidentifikation v1.1 überprüft werden soll. Über die oben besagte Schnittstelle wird hierzu ein auf
5 einem externen - nicht dargestellten - Prüfgerät ablaufender externer Prozess SPE zum Ablauf gebracht, welcher über die Schnittstelle Zugriff auf das Zuordnungsmodul ASU und damit auf dessen Zuordnungsvorschrift hat.

10

Der externe Prozess SPE veranlasst zunächst durch Eintrag in der Zuordnungsvorschrift der Zuordnungseinheit ASU eine Zuordnung zur Prozessvariablen mit der Prozessvariablenidentifikation v_ext. Anschließend wird die existierende Zuordnung
15 der Prozessvariable mit der im ersten Steuerungsprozess SP1 geltenden Prozessvariablenidentifikation v1.1 nicht mehr - oder auch: nicht mehr ausschließlich - mit der der Prozessvariablenidentifikation v2.2 des zweiten Steuerungsprozesses SP2 logisch verknüpft, sondern mit der Prozessvariablen mit
20 der Prozessvariablenidentifikation v_ext. Dynamisch, d.h. zur Laufzeit der Prozessteuerungseinheit 100, wird also eine Verknüpfung der Prozessvariablenidentifikation v1.1 mit der Prozessvariablenidentifikation v_ext erstellt. Die vormals geltende Verknüpfung der Prozessvariablenidentifikation v1.1 mit
25 der Prozessvariablenidentifikation v2.2 bleibt entweder - wie in der Zeichnung durch eine durchgezogene Linie symbolisiert - zusätzlich bestehen oder wird, durch Löschen des Verknüpfungseintrags zwischen der Prozessvariablenidentifikation v1.1 mit der Prozessvariablenidentifikation v2.2 in der Zuordnungstabelle, getrennt.
30

Die erstgenannte Vorsehung einer zusätzlichen Verknüpfung eignet sich insbesondere für Diagnose- oder Überwachungszwecke, bei der der Austausch der Prozessvariable mit der im

ersten Steuerungsprozess SP1 geltenden Prozessvariablenidentifikation v1.1 und der im zweiten Steuerungsprozess SP2 geltenden Prozessvariablenidentifikation v2.2 zum Zweck der Überwachung oder Diagnose unangetastet bleiben soll. Die

5 zweitgenannte Vorsehung einer alternativen Verknüpfung eignet sich insbesondere für Simulationszwecke, bei der der Austausch der Prozessvariable mit der im ersten Steuerungsprozess SP1 geltenden Prozessvariablenidentifikation v1.1 zu Simulations- oder Testzwecken durch einen Austausch mit der im

10 externen Prozess SPE geltenden Prozessvariablenidentifikation v_ext ersetzt werden soll. Der externe Prozess SPE liefert hierbei simulierte Prozessvariablen, genauer gesagt Prozessvariablen, welche zum Zweck einer Simulation erzeugte Prozessvariablenwerte aufweisen. Ein Betrieb mit Hilfe von simu-

15 lierten Werten kann ähnlich dem genannten Testbetrieb erfolgen, d.h. es ist ein Betrieb möglich, in dem reale Messgrößen mit simulierten Werten temporär, ohne Unterbrechung des Gesamtsystems, gemeinsam genutzt werden.

20 Im Folgenden wird eine weitere vorteilhafte Ausgestaltung beschrieben, welche einen ausfallsicheren und/oder hochverfügbaren Betrieb der Prozesssteuerungseinheit 100 ermöglicht. In einem beispielhaften Fall soll nunmehr mit Bezug auf FIG. 5 angenommen werden, dass ein erster Temperatursensor T1 eine

25 Prozessvariable liefert, welcher innerhalb eines den ersten Temperatursensor T1 ansteuernden Steuerungsprozesses SP2 die Prozessvariablenidentifikation v2.2 zugeordnet ist. Ein zweiter Temperatursensor T2 liefert eine Prozessvariable, welcher innerhalb eines den zweiten Temperatursensor T2 ansteuernden

30 Steuerungsprozesses SP3 eine Prozessvariablenidentifikation v3.1 zugeordnet ist.

Die beiden Temperatursensoren T1, T2 seien dabei benachbart, aber physikalisch unabhängig voneinander am gleichen Messort

angeordnet, so dass beide Temperatursensoren T1, T2 idealerweise einen identischen Temperaturwert messen. Dieser Temperaturwert wird in wiederkehrenden Abständen vom ersten Steuerungsprozesses SP1 benötigt.

5

Um den Temperaturwert auszulesen, ist der erste Steuerungsprozess SP1 so eingerichtet, dass ein Auslesen der den Temperaturwert als Prozessvariablenwert enthaltenden Prozessvariable - welcher im Steuerungsprozess SP1 die Prozessvariablenidentifikation v1.1 zugeordnet ist - über das Zuordnungsmodul ASU erfolgt. Im Zuordnungsmodul ASU wird die Prozessvariablenidentifikation v2.2 der Prozessvariable ausgelesen, mit der der den ersten Temperatursensor T1 steuernde Steuerungsprozess SP2 den Temperaturwert als Prozessvariablenwert enthaltende Prozessvariable an das Zuordnungsmodul ASU übergibt. Die Prozessvariable wird an die Zuordnungsvorschrift im Zuordnungsmodul ASU übergeben. Gemäß dieser Zuordnungsvorschrift wird die im Zuordnungsmodul ausgelesene Prozessvariablenidentifikation v2.2 ersetzt durch die von der Zuordnungsvorschrift vorgegebenen Prozessvariablenidentifikation v1.1. Das Zuordnungsmodul ASU übergibt die besagte Prozessvariable mit der nunmehr geänderten Prozessvariablenidentifikation v1.1 an den ersten Steuerungsprozess SP1. Der Prozessvariablenwert verbleibt vorzugsweise unverändert. Die Zuordnungsvorschrift ist also für eine Verknüpfung der Prozessvariablenidentifikation v2.2 mit der Prozessvariablenidentifikation v1.1 eingerichtet.

Fällt nun der erste Temperatursensor T1 aus, kann der erste Steuerungsprozess SP1 oder ein anderer Steuerungsprozess der Prozesssteuerungseinheit 100 einen dynamischen Wechsel auf den bezüglich des gemessenen Temperaturmesswerts gleichwertigen Temperatursensor T2 veranlassen. Dieser Wechsel erfolgt durch einen geänderten Eintrag in der Zuordnungsvorschrift,

in der nunmehr eine Verknüpfung der Prozessvariablenidentifikation v3.1 mit der Prozessvariablenidentifikation v1.1 eingerichtet wird. Im Zuge dessen erhält der erster Steuerungsprozesses SP1 nunmehr den Temperaturmesswert vom zweiten Temperatursensor T2.

In Weiterbildung der oben beschriebenen Ausgestaltung ist das Zuordnungsmodul ASU - welches seinerseits als Steuerungsprozess ausgestaltet ist - so ausgebildet, dass der Prozessvariablenwert - hier der Temperaturmesswert - der Prozessvariable vom Zuordnungsmodul ASU selbst überwacht wird. Wird ein definierter Toleranzbereich bezüglich eines überwachten Prozessvariablenwerts überschritten, kann das Zuordnungsmodul ASU eine Fehler- oder Alarmbedingung auslösen, welche gegebenenfalls weitere Aktionen nach sich zieht, durch die etwa die Prozesssteuerungseinheit 100 in einen sicheren Zustand versetzt wird.

In Weiterbildung der oben beschriebenen Ausgestaltung ist für einige Anwendungsfälle auch eine Verknüpfung zwischen mehr als zwei Prozessvariablenidentifikationen vorteilhaft. Ein solcher Anwendungsfall betrifft beispielsweise eine Implementierung sicherheitsrelevanter Systeme, bei denen mehrere Steuerungsprozesse gleichzeitig und redundant mit einem per Prozessvariable gelieferten Wert eines anderen Steuerungsprozesses arbeiten.

In Kombination mit der oben beschriebenen Ausgestaltung einer dynamischen Variablenumschaltung sind damit auch ausfallsichere und hochverfügbare Prozesssteuerungseinheit realisierbar, bei denen nicht nur im laufenden Betrieb zwischen vom restlichen System unabhängigen Prozessvariablen, z.B. Sensorwerten, sondern auch zwischen Komponenten - insbesondere

Steuerungsprozessen - umgeschaltet werden kann, die Abhängigkeiten zu anderen Prozessvariablen des Systems aufweisen.

Das Zuordnungsmodul ASU muss in einer einfachen Ausgestaltung
5 nicht notwendigerweise zyklusorientiert arbeiten. Mit anderen Worten verhält sich ein solches einfach gestaltetes Zuordnungsmodul ASU gegenüber zeitlichen Anforderungen der zu übertragenden Prozessvariablen agnostisch. In dieser einfachen Ausgestaltung des Zuordnungsmoduls ASU steht eine geänderte Prozessvariable dann ohne besondere zeitliche Randbedingungen zur Verfügung, sobald deren Prozessvariablenidentifikation und/oder deren Prozessvariablenwert eine Änderung
10 erfahren hat.

15 In einer alternativen Ausgestaltung des Zuordnungsmoduls ASU wirkt dieses an Synchronisierungsereignissen der Prozesssteuerungseinheit 100 aktiv mit, wobei die Übergabe der mindestens einen Prozessvariablen an mindestens einen Steuerungsprozess zyklusorientiert erfolgt. Weiterhin kann das Zuordnungsmodul ASU in einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung
20 flexibel ausgelegt sein, um Szenarien mit unterschiedlichen Anforderungen an einen deterministischen Datenaustausch - oftmals auch als Echtzeit-Kritikalität bezeichnet - zu bedienen. Zusammen mit einer Synchronisierung zwischen den Komponenten bzw. Steuerungsprozessen der Prozesssteuerungseinheit 100 lassen sich dadurch beliebige Echtzeit-Szenarien abdecken. Dazu gehören zeitbeschränkte, zyklungebundene Verarbeitungsweisen wie in herkömmlichen SPS (speicherprogrammierbaren Steuerungen) bekannt, alternativ oder zusätzlich auch
25 eine frei ereignisgetriebene Verarbeitung oder eine zeitlich vollständig ungebundene Variablenverarbeitung.
30

Die Unabhängigkeit der über das Zuordnungsmodul ASU miteinander verknüpften Prozessvariablen lässt dabei nicht nur einen

Mischbetrieb bei unterschiedlichen Prozessvariablen zu, sondern durch die freie Mehrfachverknüpfung auch einen Mischbetrieb - zyklisch oder frei - zwischen ereignisbasierter und zeitlich uneingeschränkter Verarbeitung. Das kann zum Beispiel bedeuten, dass dieselbe Prozessvariable, die für eine streng zyklische Verarbeitung genutzt wird, auch etwa von einer langsamen, zeitlich unkritischen Überwachungskomponente genutzt werden kann.

10 Zusammenfassend ist die erfindungsgemäße Prozesssteuerungseinheit zur Ausführung einer Mehrzahl von Steuerungsprozessen eingerichtet, wobei mindestens ein auf der Prozesssteuerungseinheit zur Abarbeitung gebrachter erster Steuerungsprozess erfindungsgemäß so eingerichtet ist, dass zu seiner Abarbeitung ein Austausch von Prozessvariablen nicht direkt mit einem zweiten Steuerungsprozess vorgesehen ist, sondern dass dieser Austausch über ein zwischengeschaltetes Zuordnungsmodul erfolgt. Anhand einer Zuordnungsvorschrift wird ermittelt, an welchen Steuerungsprozess oder an welche Steuerungsprozesse die Prozessvariablen zu übergeben ist. Ein besonderer Vorteil der Erfindung ist in der erhöhten Flexibilität im Austausch von Prozessvariablen zu sehen, welche in Abkehr von einer programmtechnisch eingefrorenen »logischen Verdrahtung« in den einzelnen Steuerungsprozessen nunmehr mittels eines Zuordnungsmodul erfolgt. Neustarts der Prozesssteuerungseinheit und damit verbundene Produktionsausfälle werden in vorteilhafter Weise unnötig. Zusätzliche Ressourcen in der Prozesssteuerungseinheit oder in einem Engineeringssystem können reduziert oder vermieden werden. Durch die verringerte Komplexität können die Steuerungssysteme und Engineeringssysteme einfacher und dadurch auch schneller entwickelt werden.

Patentansprüche

1. Prozesssteuerungseinheit, eingerichtet zur Ausführung einer Mehrzahl von Steuerungsprozessen (SP1, SP2, ... SP4), wobei
5 mindestens ein Steuerungsprozess (SP2, SP4) zur Steuerung eines außerhalb der Prozesssteuerungseinheit (100) ablaufenden industriellen Prozesses (500) eingerichtet ist,
- wobei mindestens ein erster Steuerungsprozess (SP1) so eingerichtet ist, dass zu seiner Abarbeitung ein Austausch
10 von Prozessvariablen über ein Zuordnungsmodul (ASU) mit mindestens einem zweiten Steuerungsprozess (SP2) vorgesehen ist;
 - wobei die Prozessvariable eine Prozessvariablenidentifikation und einen Prozessvariablenwert umfasst; und;
 - 15 - wobei das Zuordnungsmodul (ASU) zum Austausch der Prozessvariablen dergestalt eingerichtet ist, dass eine vom ersten Steuerungsprozess (SP1) übergebene Prozessvariable empfangen wird, deren Prozessvariablenidentifikation ausgelesen und an eine Zuordnungsvorschrift übergeben wird
20 und dass mindestens eine Prozessvariable anhand der Zuordnungsvorschrift an mindestens einen zweiten Steuerungsprozess (SP2) übergeben wird.
2. Prozesssteuerungseinheit gemäß dem vorgenannten Patentanspruch 1, wobei das Zuordnungsmodul (ASU) so eingerichtet
25 ist, dass für mindestens eine der an den mindestens einen zweiten Steuerungsprozess (SP2) übergebene Prozessvariable die im Zuordnungsmodul (ASU) ausgelesene Prozessvariablenidentifikation durch eine von der Zuordnungsvorschrift
30 vorgegebenen Prozessvariablenidentifikation ersetzt wird.
3. Prozesssteuerungseinheit gemäß einem der vorgenannten Patentansprüche, wobei die Übergabe der mindestens einen Pro-

zessvariablen an den mindestens einen zweiten Steuerungsprozess (SP2) zyklusorientiert erfolgt.

4. Prozesssteuerungseinheit gemäß einem der vorgenannten
5 Patentansprüche 1 bis 2, wobei die Übergabe der mindestens einen Prozessvariablen an den mindestens einen zweiten Steuerungsprozess (SP2) innerhalb einer vorgebbaren Zeitspanne erfolgt.
- 10 5. Prozesssteuerungseinheit gemäß einem der vorgenannten Patentansprüche, wobei das Zuordnungsmodul (ASU) eine Schnittstelle zu einem außerhalb der Prozesssteuerungseinheit (100) ablaufenden Konfigurationsprozess (SPE) aufweist.
- 15 6. Prozesssteuerungseinheit gemäß einem der vorgenannten Patentansprüche, wobei mindestens ein Steuerungsprozess (SP2, SP4) zur Abarbeitung einer iterativen Folge von Steueranweisungen zur Steuerung des außerhalb der Prozesssteuerungseinheit (100) ablaufenden industriellen Prozesses (500)
20 eingerichtet ist.
7. Prozesssteuerungseinheit gemäß einem der vorgenannten Patentansprüche, wobei das Zuordnungsmodul (ASU) ein Steuerungsprozess ist, durch den eine Speicherung der Prozessvariablen in einem definierbaren Speicherbereich eines flüchtigen
25 oder nichtflüchtigen Speichers vorgesehen ist.
8. Prozesssteuerungseinheit gemäß einem der vorgenannten Patentansprüche 1 bis 7, wobei das Zuordnungsmodul (ASU) einen Datenbus mit einer zugeordneten Bus-Datenbank umfasst.
30
9. Prozesssteuerungseinheit gemäß Patentanspruch 8, wobei der Datenbus zur Übergabe mindestens eines Prozessvariablen-

werts gemäß eines in der Bus-Datenbank zugeordneten Prozessvariablenidentifikation eingerichtet ist.

10. Verfahren zum interprozessualen Austausch von Prozessvariablen innerhalb einer Prozesssteuerungseinheit (100), in der eine Ausführung einer Mehrzahl von Steuerungsprozessen (SP1, SP2, ... SP4) vorgesehen ist, wobei mindestens ein Steuerungsprozess (SP2, SP4) zur Steuerung eines außerhalb der Prozesssteuerungseinheit (100) ablaufenden industriellen Prozesses eingerichtet ist und wobei ein Austausch von Prozessvariablen eines ersten Steuerungsprozess (SP1) über ein Zuordnungsmodul (ASU) mit mindestens einem zweiten Steuerungsprozess (SP2) erfolgt, wobei die Prozessvariable eine Prozessvariablenidentifikation und einen Prozessvariablenwert umfasst, das Verfahren umfassend:

- Empfang mindestens einer vom ersten Steuerungsprozess (SP1) übergebenen Prozessvariable durch das Zuordnungsmodul (ASU);
- Auslesen der Prozessvariablenidentifikation aus der Prozessvariable und übergeben der Prozessvariablenidentifikation an die Zuordnungsvorschrift; und;
- Übergeben mindestens einer Prozessvariable an mindestens einen zweiten Steuerungsprozess anhand der Zuordnungsvorschrift.

25

11. Verfahren gemäß dem vorgenannten Patentanspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass für mindestens eine der an den mindestens einen zweiten Steuerungsprozess übergebene Prozessvariable die im Zuordnungsmodul (ASU) ausgelesene Prozessvariablenidentifikation durch eine von der Zuordnungsvorschrift vorgegebenen Prozessvariablenidentifikation ersetzt wird.

30

12. Verfahren gemäß einem der vorgenannten Patentansprüche 10 und 11, wobei die Übergabe der mindestens einen Prozessvariablen an den mindestens einen zweiten Steuerungsprozess (SP2) zyklusorientiert erfolgt.

5

13. Verfahren gemäß einem der vorgenannten Patentansprüche 10 bis 12, wobei die Übergabe der mindestens einen Prozessvariablen an den mindestens einen zweiten Steuerungsprozess (SP2) innerhalb einer vorgebbaren Zeitspanne erfolgt.

10

14. Computerprogrammprodukt mit einem Programmcode zur Durchführung eines Verfahrens nach einem der Ansprüche 10 bis 13, wenn der Programmcode als Steuerungsprozess in mindestens einem Prozessor einer Prozesssteuerungseinheit (100) ausge-

15 führt wird.

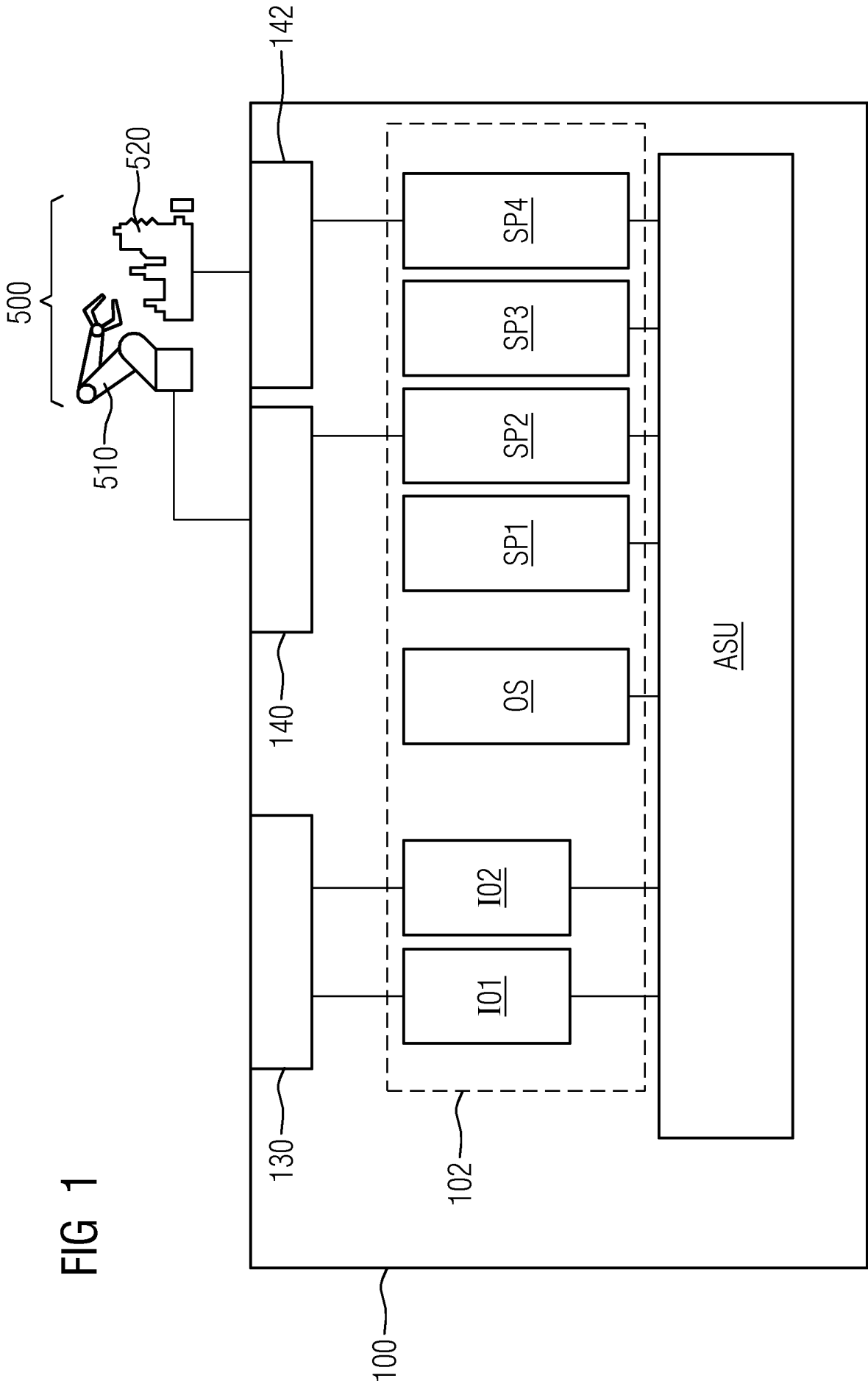


FIG 1

FIG 2

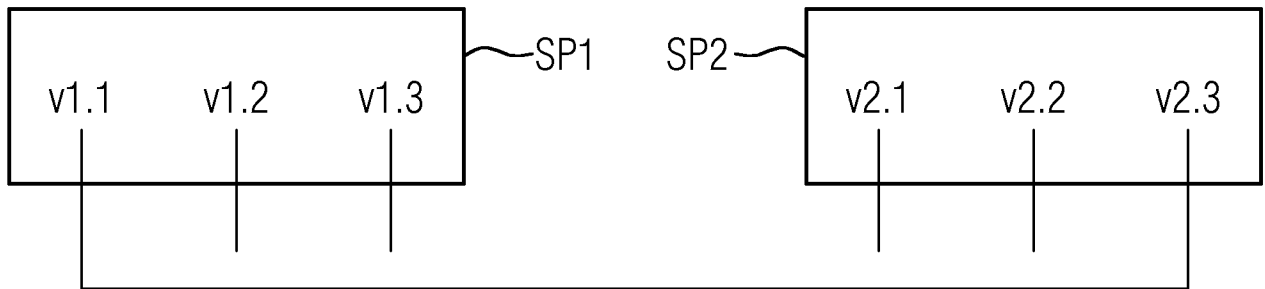


FIG 3

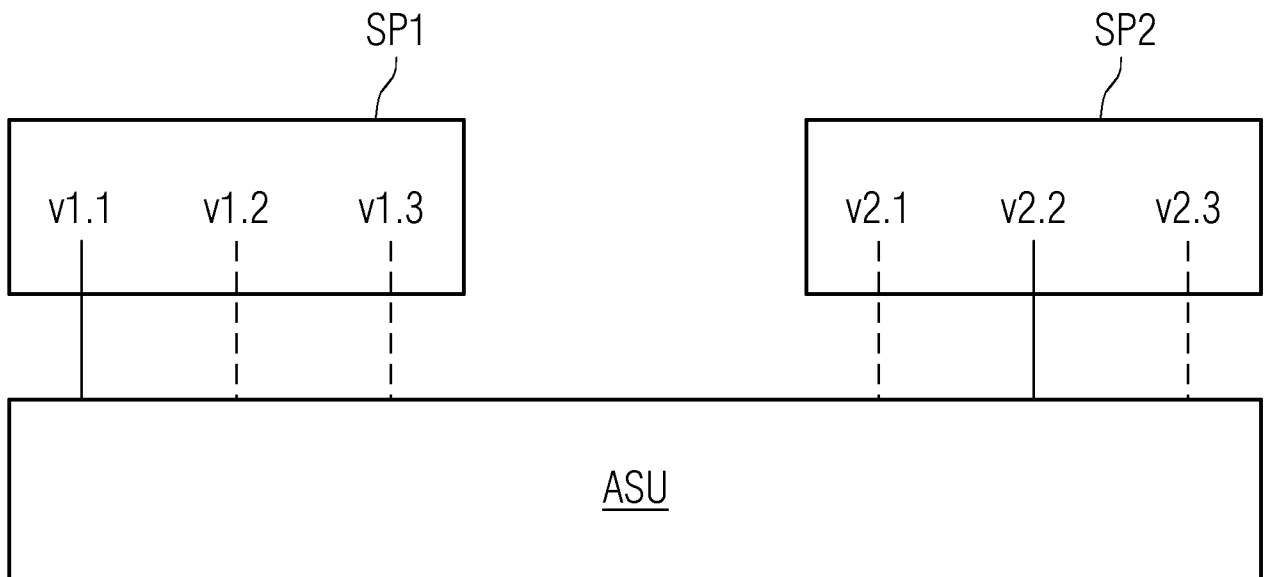


FIG 4

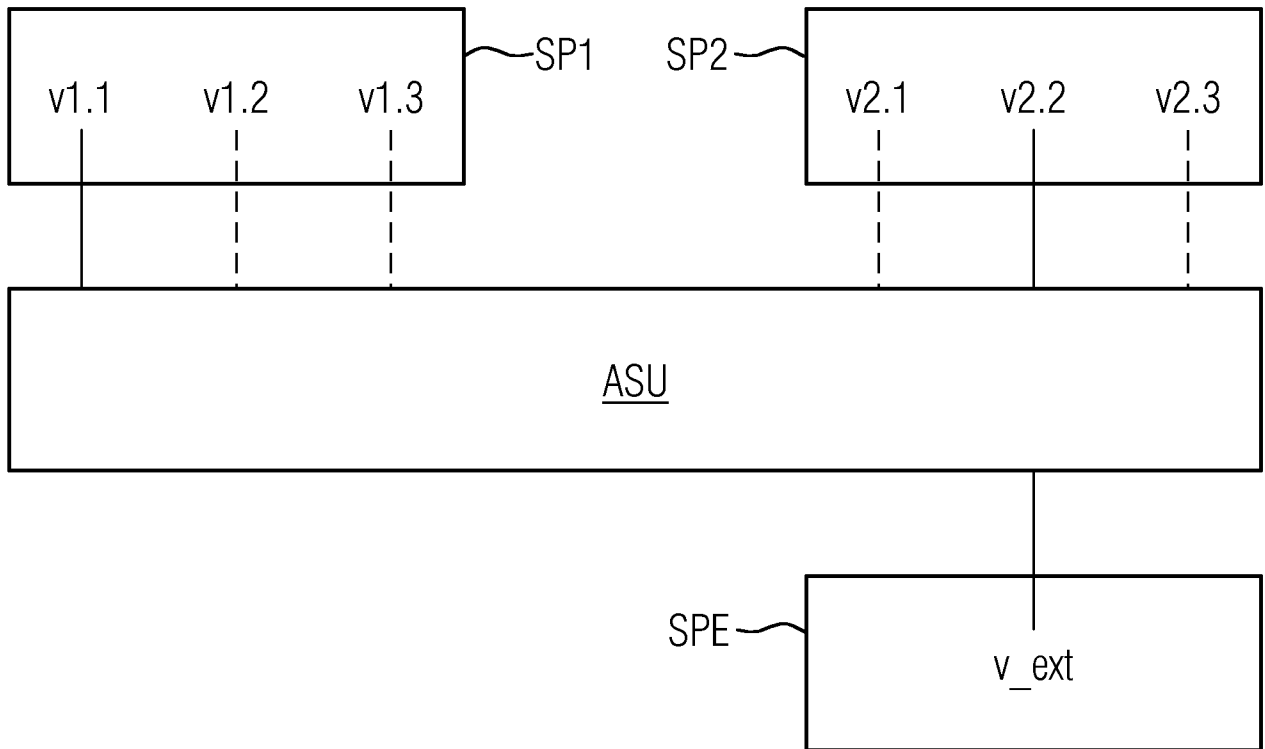
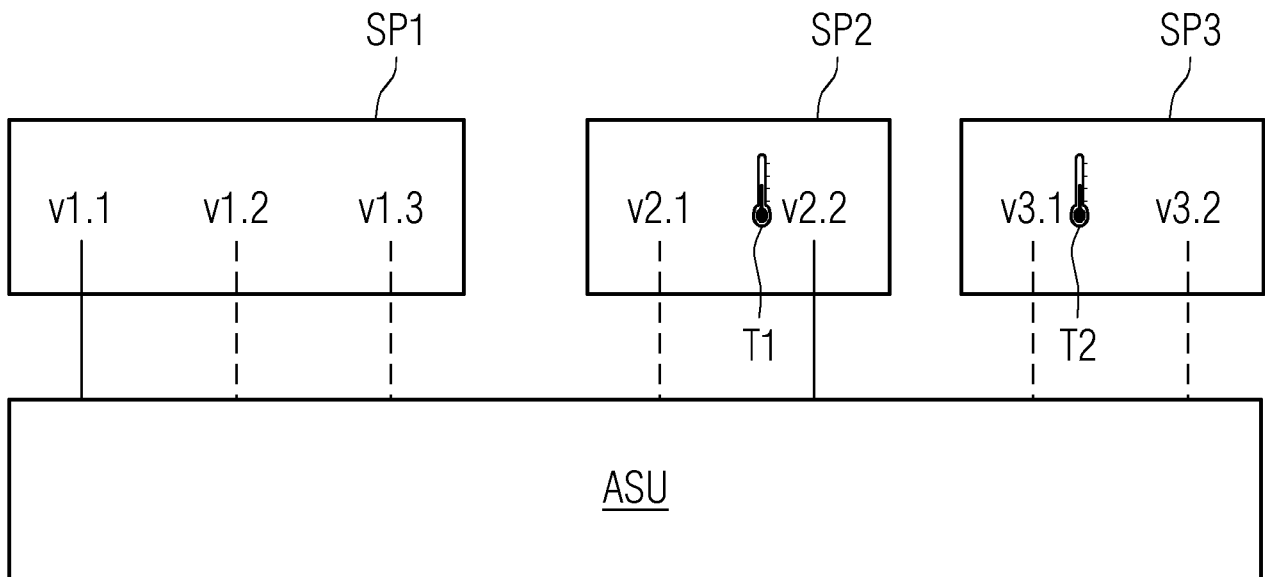


FIG 5



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/EP2019/068016

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER <i>G05B 19/042</i> (2006.01)i; <i>H04L 29/08</i> (2006.01)i; <i>G05B 19/05</i> (2006.01)i According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
B. FIELDS SEARCHED Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) G05B; H04L Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used) EPO-Internal, WPI Data		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	EP 3208974 A1 (HUAWEI TECH CO LTD [CN]) 23 August 2017 (2017-08-23) paragraphs [0007] - [0102]; figures 1-6	1-14
X,P	Anonymous. "Manual TC3 IoT Communication (MQTT)" 13 December 2018 (2018-12-13), pages 1-128, Retrieved from the Internet: https://download.beckhoff.com/download/document/automation/twincat3/TF6701_TC3_IoT_Communication_MQT_T_EN.pdf [retrieved on 2019-10-08] XP055629989 page 14 - page 22	1-14
<input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" type="checkbox"/> See patent family annex.		
<p>* Special categories of cited documents:</p> <p>“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance</p> <p>“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date</p> <p>“L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)</p> <p>“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means</p> <p>“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed</p> <p>“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention</p> <p>“X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone</p> <p>“Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art</p> <p>“&” document member of the same patent family</p>		
Date of the actual completion of the international search 09 October 2019		Date of mailing of the international search report 17 October 2019
Name and mailing address of the ISA/EP European Patent Office p.b. 5818, Patentlaan 2, 2280 HV Rijswijk Netherlands Telephone No. (+31-70)340-2040 Facsimile No. (+31-70)340-3016		Authorized officer Barriuso Poy, Alex Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/EP2019/068016

Patent document cited in search report	Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
EP 3208974 A1	23 August 2017	CN 105577736 A	11 May 2016
		EP 3208974 A1	23 August 2017
		US 2017244792 A1	24 August 2017
		WO 2016070628 A1	12 May 2016
.....			

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES INV. G05B19/042 H04L29/08 G05B19/05 ADD.		
Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC		
B. RECHERCHIERTE GEBIETE		
Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole) G05B H04L		
Recherchierte, aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen		
Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe) EPO-Internal, WPI Data		
C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	EP 3 208 974 A1 (HUAWEI TECH CO LTD [CN]) 23. August 2017 (2017-08-23) Absätze [0007] - [0102]; Abbildungen 1-6 -----	1-14
X,P	Anonymous: "Manual TC3 IoT Communication (MQTT)", 13. Dezember 2018 (2018-12-13), Seiten 1-128, XP055629989, Gefunden im Internet: URL:https://download.beckhoff.com/download/document/automation/twincat3/TF6701_TC3_IoT_Communication_MQTT_EN.pdf [gefunden am 2019-10-08] Seite 14 - Seite 22 -----	1-14
<input type="checkbox"/> Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen <input checked="" type="checkbox"/> Siehe Anhang Patentfamilie		
* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen : "A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist "E" frühere Anmeldung oder Patent, die bzw. das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist "L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt) "O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht "P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist "T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist "X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden "Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist "&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist		
Datum des Abschlusses der internationalen Recherche	Absendedatum des internationalen Recherchenberichts	
9. Oktober 2019	17/10/2019	
Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016	Bevollmächtigter Bediensteter Barriuso Poy, Alex	

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2019/068016

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung	
EP 3208974	A1	23-08-2017	CN 105577736 A	11-05-2016
			EP 3208974 A1	23-08-2017
			US 2017244792 A1	24-08-2017
			WO 2016070628 A1	12-05-2016
