

(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
26. September 2002 (26.09.2002)

PCT

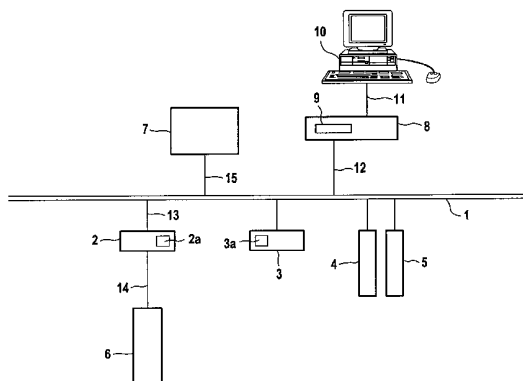
(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 02/076033 A2

- (51) Internationale Patentklassifikation⁷: H04L 12/413, H04J 3/06
- (71) Anmelder: SIEMENS AKTIENGESellschaft [DE/DE]; Wittelbacherplatz 2, 80333 München (DE).
- (21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE02/00858
- (72) Erfinder: FRANKE, Michael; Naturbadstrasse 2a, 91056 Erlangen (DE). HELLMICH, Steffen; Einsteinstrasse 1, 09116 Chemnitz (DE). KIESEL, Martin; Jahnstrasse 36, 91099 Poxdorf (DE). SEEGER, Guido; Ringstrasse 16, 91083 Baiersdorf (DE). WEIBACH, Bernhard; Humboldtstrasse 20, 09669 Frankenberg (DE).
- (22) Internationales Anmeldedatum:
11. März 2002 (11.03.2002)
- (25) Einreichungssprache: Deutsch
- (26) Veröffentlichungssprache: Deutsch
- (30) Angaben zur Priorität:
101 13 261.1 16. März 2001 (16.03.2001) DE
- (81) Bestimmungsstaat (national): JP.
- (84) Bestimmungsstaaten (regional): europäisches Patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, TR).

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: SYNCHRONOUS, CLOCKED COMMUNICATION SYSTEM WITH LOCAL INPUT/OUTPUT COMPONENTS AND METHOD FOR INTEGRATING LOCAL INPUT/OUTPUT COMPONENTS INTO SUCH A SYSTEM

(54) Bezeichnung: SYNCHRONES, GETAKTETES KOMMUNIKATIONSSYSTEM MIT DEZENTRALEN EIN-/AUSGABE-BAUGRUPPEN UND VERFAHREN ZUR EINBINDUNG DEZENTRALER EIN-/AUSGABE-BAUGRUPPEN IN EIN SOLCHES SYSTEM



(57) Abstract: The invention relates to a synchronous, clocked communication system, for example a distributed automation system, whose users can be any automation components and that are interconnected via a data network (1). The method for integrating local input/output components (2, 3) allows integration of the local input/output components (2, 3) into the synchronous, clocked communication system in such a manner that they can use its properties without reservation, thereby allowing the detection of input signals and the output of output signals in a deterministic and synchronous manner in the local input/output components (2, 3). The inventive method further allows for the detection of input signals with an exactness smaller than the length of a communication cycle of the communication system and for the support of switching the output signals in smaller time segments than the length of a communication cycle, which is especially useful for control cams. The invention further allows for the synchronization of the detection of actual values and the output of desired values of various automation components such as, for example, input/output components (2, 3) and digital drives (4, 5, 6). Any bus system such as, for example, field bus, profibus, Ethernet, Industrial Ethernet, FireWire or for example PC-internal bus systems (PCI) etc. can be used as the data network (1) of the communication system.

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein synchrones, getaktetes Kommunikationssystem, beispielsweise ein verteiltes Automatisierungssystem, dessen Teilnehmer beliebige Automatisierungskomponenten sein können und die über ein Datennetz (1) miteinander gekoppelt sind. Mittels

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 02/076033 A2

**Erklärung gemäß Regel 4.17:**

- hinsichtlich der Berechtigung des Anmelders, ein Patent zu beantragen und zu erhalten (Regel 4.17 Ziffer ii) für alle Bestimmungsstaaten

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

Veröffentlicht:

- ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu veröffentlichen nach Erhalt des Berichts

des offenbarten Verfahrens zur Integration dezentraler Ein-/Ausgabe-Baugruppen (2, 3) können diese dezentralen Ein-/Ausgabe-Baugruppen (2, 3) so in das synchrone, getaktete Kommunikationssystem eingebunden werden, dass sie dessen Eigenschaften uneingeschränkt nutzen können. Damit ist insbesondere die Erfassung von Eingangssignalen und die Ausgabe von Ausgangssignalen in einer deterministischen und synchronen Art und Weise in den dezentralen Ein-/Ausgabe-Baugruppen (2, 3) möglich. Darüber hinaus ermöglicht das offenbarte Verfahren Eingangssignale mit einer Genauigkeit kleiner als die Länge eines Kommunikationszyklus des Kommunikationssystems zu erfassen und das Schalten von Ausgangssignalen in kleineren Zeitgranularitäten als die Länge eines Kommunikationszyklus unterstützen, welches insbesondere Anwendung z.B. für Schaltnocken findet. Zusätzlich wird durch die Erfindung eine Synchronisierung für Istwerterfassungen und Sollwertausgaben von verschiedenartigsten Automatisierungskomponenten wie z.B. dezentrale Ein-/Ausgabe-Baugruppen (2, 3) und digitale Antriebe (4, 5, 6) ermöglicht. Als Datennetz (1) des Kommunikationssystems sind dabei alle möglichen Bussysteme wie z.B. Feldbus, Profibus, Ethernet, Industrial Ethernet, FireWire oder auch z.B. PC-interne Bussysteme (PCI), etc. denkbar.

Beschreibung

Synchrones, getaktetes Kommunikationssystem mit dezentralen Ein-/Ausgabe-Baugruppen und Verfahren zur Einbindung dezentraler Ein-/Ausgabe-Baugruppen in ein solches System

Die Erfindung bezieht sich auf ein synchrones, getaktetes Kommunikationssystem mit dezentralen Ein-/Ausgabe-Baugruppen und ein Verfahren zur Einbindung von dezentralen Ein-/Ausgabe-Baugruppen in ein solches System.

Unter einem synchronen, getakteten Kommunikationssystem mit Äquidistanz-Eigenschaften versteht man ein System aus wenigstens zwei Teilnehmern, die über ein Datennetz zum Zweck des gegenseitigen Austausches von Daten bzw. der gegenseitigen Übertragung von Daten miteinander verbunden sind. Dabei erfolgt der Datenaustausch zyklisch in äquidistanten Kommunikationszyklen, die durch den vom System verwendeten Kommunikationstakt vorgegeben werden. Teilnehmer sind beispielsweise zentrale Automatisierungsgeräte, Programmier-, Projektierungs- oder Bediengeräte, Peripheriegeräte wie z.B. Ein-/Ausgabe-Baugruppen, Antriebe, Aktoren, Sensoren, speicherprogrammierbare Steuerungen (SPS) oder andere Kontrolleinheiten, Computer, oder Maschinen, die elektronische Daten mit anderen Maschinen austauschen, insbesondere Daten von anderen Maschinen verarbeiten. Unter Kontrolleinheiten werden im folgenden Regler- oder Steuerungseinheiten jeglicher Art verstanden. Als Datennetze werden beispielsweise Bussysteme wie z.B. Feldbus, Profibus, Ethernet, Industrial Ethernet, FireWire oder auch PC-interne Bussysteme (PCI), etc. verwendet.

In verteilten Automatisierungssystemen, beispielsweise im Bereich Antriebstechnik, werden u.a. taktsynchrone Datennetze bzw. Bussysteme eingesetzt. Dabei werden einige der angeschlossenen Teilnehmer als Master-Geräte, z.B. Kontrolleinheiten wie numerische oder speicherprogrammierbare Steuerungen oder Projektiergeräte, und andere Teilnehmer als Slave-Geräte,

wie z.B. Antriebe oder Peripheriegeräte, verwendet. Automatisierungskomponenten beider Kategorien können taktsynchron arbeiten, d.h., diese Teilnehmer können sich auf einen verwendeten Kommunikationstakt des Datennetzes synchronisieren. Dies bedeutet, dass der Kommunikationstakt von den Teilnehmern über das verwendete Datennetz übernommen und synchron zu diesem Kommunikationstakt bestimmte Vorgänge gesteuert werden. Gemäss IEC 61491, EN61491 SERCOS interface - Technische Kurzbeschreibung (http://www.sercos.de/deutsch/doku_freier_bereich.htm) wird dies gegenwärtig in verteilten Automatisierungssystemen angewendet und durchgeführt. Dagegen können dezentrale Ein-/Ausgabe-Baugruppen wie z.B. I/O-Module, die als Schnittstellen beispielsweise zwischen dem Datennetz und zu steuernden Geräten bzw. einem zu steuernden Prozess bidirektional für den Austausch von Signalen und/oder Daten zwischen den zu steuernden Geräten bzw. Prozessen und anderen Teilnehmern des Kommunikationssystems, wie z.B. Kontrolleinheiten mittels des Datennetzes sorgen, derzeit nicht taktsynchron arbeiten, d.h. sie können sich nicht auf einen Kommunikationstakt des Kommunikationssystems synchronisieren. Dadurch ist einerseits die Schaltung von Ein- und Ausgängen der dezentralen Ein-/Ausgabe-Baugruppen zu einem festen, vorher bestimmten Zeitpunkt nicht möglich und andererseits ist es ebenfalls nicht möglich, das Schalten von Ausgängen mit genügend großer zeitlichen Genauigkeit festzulegen. Dadurch sind die Ereignisse Signalerfassung an einem zu steuernden Gerät, bzw. Prozess und Datenausgabe an das zu steuernde Gerät bzw. einen Prozess nicht deterministisch miteinander verknüpfbar, und die Zeitspanne zwischen Signalerfassung und Datenausgabe hängt von den Totzeiten innerhalb des Kommunikationssystems, insbesondere innerhalb der dezentralen Ein-/Ausgabe-Baugruppen, ab. Im folgenden wird unter dem Begriff zu steuerndes Gerät auch ein zu steuernder Prozess, insbesondere Automatisierungsprozess und/oder Teilprozess eines Automatisierungsprozess verstanden.

Aufgabe der Erfindung ist es, ein synchrones, getaktetes Kommunikationssystem mit Äquidistanz-Eigenschaften und wenig-

tens einer dezentralen Ein-/Ausgabe-Baugruppe und ein Verfahren zur Einbindung einer oder mehrerer dezentralen Ein-/Ausgabe-Baugruppen in ein synchrones, getaktetes Kommunikationssystem anzugeben, bei dem die Eigenschaften eines solchen Kommunikationsnetzes auf die dezentralen Ein-/Ausgabe-Baugruppen ausgeweitet und von diesen genutzt werden können.

Diese Aufgabe wird durch ein Verfahren zur Einbindung einer oder mehrerer dezentraler Ein-/Ausgabe-Baugruppen in ein synchrones, getaktetes Kommunikationssystem mit Äquidistanzeigenschaften im Bereich industrieller Anlagen zwischen wenigstens zwei Teilnehmern, insbesondere einer Kontrolleinheit und einem zu steuernden Gerät, und wenigstens einem Datennetz dadurch gelöst, dass sich mindestens eine dezentrale Ein-/Ausgabe-Baugruppe auf den Kommunikationstakt des Kommunikationssystems synchronisiert.

Diese Aufgabe wird durch ein synchrones, getaktetes Kommunikationssystem mit Äquidistanzeigenschaften im Bereich industrieller Anlagen zwischen wenigstens zwei Teilnehmern, insbesondere einer Kontrolleinheit und einem zu steuernden Gerät, wenigstens einem Datennetz und wenigstens einer dezentralen Ein-/Ausgabe-Baugruppe dadurch gelöst, dass das Kommunikationssystem wenigstens ein Mittel zur Einbindung der dezentralen Ein-/Ausgabe-Baugruppen aufweist, welches dafür sorgt, dass wenigstens eine Ein-/Ausgabe-Baugruppe auf den Kommunikationstakt des Kommunikationssystems synchronisiert wird.

Der Erfindung liegt die Erkenntnis zugrunde, dass bei Verwendung eines taktsynchronen Bussystems bzw. Datennetzes in verteilten Automatisierungssystemen allen Teilnehmern des Kommunikationssystems der Beginn jedes neuen Kommunikationszyklus beispielsweise durch die Übertragung eines speziellen Datenpakets, z.B. einem sogenannten global control-Datenpaket, angezeigt wird. Neben diesem Verfahren gibt es noch andere Verfahren, die eine Taktsynchronisation zwischen den Teilnehmern ermöglichen, die in Verbindung mit der offenbarten Erfindung

natürlich ebenfalls anwendbar sind. Zusammen mit der Information über die Länge eines Kommunikationstakts, die wenigstens beim Hochfahren des Systems festgelegt und an alle Teilnehmer verteilt wird, können sich alle Teilnehmer auf den verwendeten Takt synchronisieren. Diese Informationen werden dabei von einem ausgezeichneten Master-Teilnehmer, dem so genannten Taktschläger an alle Teilnehmer des Kommunikationssystems übermittelt. Durch die Auswertung genau dieser Informationen können sich auch die dezentralen Ein-/Ausgabe-Baugruppen auf den verwendeten Kommunikationstakt des Datennetzes synchronisieren und damit die Eigenschaften des synchronen, getakteten Kommunikationssystems einsetzen und nutzen.

Eine besonders vorteilhafte Ausgestaltung der Erfindung ist dadurch gekennzeichnet, dass Signale eines zu steuernden Geräts, die am Eingang einer dezentralen Ein-/Ausgabe-Baugruppe zum Gerät anliegen, bezogen auf den Kommunikationstakt des Kommunikationssystems von der dezentralen Ein-/Ausgabe-Baugruppe synchron erfasst, in ein für das Datennetz kompatibles Datenformat umgewandelt und synchron über das Datennetz zur Verarbeitung an eine Kontrolleinheit weitergeleitet werden. Damit kann sichergestellt werden, dass beim Eintritt eines Ereignisses beim zu steuernden Gerät, beispielsweise Istwerterfassung, die entstehenden Signale bzw. Daten von der dezentralen Ein-/Ausgabe-Baugruppe synchron zum Takt des Kommunikationssystems erfasst, in ein kompatibles Datenformat umgewandelt und im Takt des Kommunikationssystems über das Datennetz an die Kontrolleinheit zur dortigen Verarbeitung weitergeleitet werden.

Eine weitere vorteilhafte Ausgestaltung der Erfindung ist dadurch gekennzeichnet, dass Daten, die von der Kontrolleinheit über das Datennetz synchron an die dezentrale Ein-/Ausgabe-Baugruppe übertragen in der Ein-/Ausgabe-Baugruppe in für das zu steuernde Gerät interpretierbare Signale umgewandelt und bezogen auf den Kommunikationstakt des Kommunikationssystems synchron am Ausgang der dezentralen Ein-/Ausgabe-Baugruppe

geschaltet und zum Gerät weitergeleitet werden. So können Daten, beispielsweise Sollwerte, die auf Basis von vorher empfangenen Istwerten eines zu steuernden Geräts von der Kontrolleinheit entsprechend berechnet wurden im Takt des Kommunikationssystems über das Datennetz an die dezentrale Ein-/Ausgabe-Baugruppe gesendet, von dieser in für das zu steuernde Gerät interpretierbare Signale, beispielsweise Lagesollwerte umgewandelt und synchron zum Takt des Kommunikationssystems am Ausgang der dezentralen Ein-/Ausgabe-Baugruppe geschaltet und an das zu steuernde Gerät übermittelt werden, wodurch die Vorhersagbarkeit und die zeitliche Genauigkeit des Schaltvorgangs selbst sowie der Signalermittlung herausragend verbessert wird.

15 Eine weitere besonders vorteilhafte Ausgestaltung der Erfindung ist dadurch gekennzeichnet, dass der Zeitpunkt für die Registrierung und Erfassung von Signalen eines zu steuernden Geräts am Eingang der dezentralen Ein-/Ausgabe-Baugruppe bezogen auf den Kommunikationstakt des Kommunikationssystems oder eines daraus abgeleiteten Takts einstellbar ist. Eine ebenso vorteilhafte Ausgestaltung der Erfindung ist dadurch gekennzeichnet, dass der Zeitpunkt für die Schaltung und Weiterleitung von Signalen am Ausgang der dezentralen Ein-/Ausgabe-Baugruppe an das zu steuernde Gerät, bezogen auf den Kommunikationstakt des Kommunikationssystems oder eines daraus abgeleiteten Takts einstellbar ist. Vorteil dieser Ausgestaltung ist, dass die Erfassung und Registrierung eines Ereignisses am zu steuernden Gerät, beispielsweise eine Istwerterfassung, nicht nur im Takt des Kommunikationssystems durchgeführt werden kann, sondern dass auch der Zeitpunkt innerhalb eines Kommunikationstakts festgelegt werden kann, zu dem die Registrierung bzw. Erfassung erfolgen soll, beispielsweise unmittelbar vor Ende des aktuellen Kommunikationstakts oder zu einem anderen gewünschten Zeitpunkt innerhalb eines Kommunikationstakts. Analoges gilt für die Schaltung und Weiterleitung von Signalen, beispielsweise von Sollwerten am Ausgang der dezentralen Ein-/Ausgabe-Baugruppe an

das zu steuernde Gerät, bei denen ebenfalls der Zeitpunkt für die Ausgabe innerhalb eines Kommunikationstakts, beispielsweise unmittelbar nach Beginn eines Kommunikationstakts, festgelegt werden kann. Die Erfassung von Eingangs- und
5 Schaltung von Ausgangsereignissen mittels dezentraler Ein-/Ausgabe-Baugruppe wird dadurch einerseits plan- und vorher-sagbar, weil beide Ereignisse in einen deterministischen Zusammenhang gestellt werden und gleichzeitig wird die zeitliche Genauigkeit bei der Erfassung von Signalen und beim
10 Schalten von Ausgängen einer dezentralen Ein-/Ausgabe-Baugruppe zusätzlich erhöht. Außerdem kann dadurch insbesondere erreicht werden, dass eine Erfassung in jedem Kommunikationszyklus wenigstens einmal und immer exakt zum gleichen Zeitpunkt relativ zum Anfang bzw. Ende des jeweiligen Kommunikationszyklus durchgeführt wird.
15

Eine weitere vorteilhafte Ausgestaltung der Erfindung ist dadurch gekennzeichnet, dass die Registrierung und Erfassung von Signalen am Eingang der dezentralen Ein-/Ausgabe-
20 Baugruppe von wenigstens zwei zu steuernden Geräten, die jeweils mit einer unterschiedlichen dezentralen Ein-/Ausgabe-Baugruppe verbunden sind, so synchronisiert wird, dass die Registrierung und Erfassung, bezogen auf den Kommunikationstakt des Kommunikationssystems, bei den jeweiligen Ein-/
25 Ausgabe-Baugruppen zum selben Zeitpunkt erfolgt. Eine ebenso vorteilhafte Ausgestaltung der Erfindung ist dadurch gekennzeichnet, dass die Ausgabe von Signalen am Ausgang der dezentralen Ein-/Ausgabe-Baugruppe an wenigstens zwei zu steuernde Geräte, die jeweils mit einer unterschiedlichen dezentralen
30 Ein-/Ausgabe-Baugruppe verbunden sind, so synchronisiert wird, dass die Ausgabe, bezogen auf den Kommunikationstakt des Kommunikationssystems bei den jeweiligen dezentralen Ein-/Ausgabe-Baugruppen zum selben Zeitpunkt erfolgt. Vorteil dieser Ausgestaltung ist, dass man die Registrierung und Erfassung von Signalen eines zu steuernden Geräts und die Ausgabe von Signalen an das zu steuernde Gerät, jeweils bezogen
35 auf eine einzige Ein-/Ausgabe-Baugruppe, in einen determinis-

tischen Zusammenhang bringen kann. Dies bedeutet, dass sowohl Registrierung und Erfassung von Signalen immer zum selben Zeitpunkt innerhalb eines Kommunikationstakts, als auch die Ausgabe von zugehörigen Antwortsignalen immer zum selben

5 Zeitpunkt innerhalb eines folgenden, insbesondere im sich unmittelbar anschließenden Kommunikationstakts stattfinden kann, so dass der Abstand zwischen Registrierung und Erfassung und Ausgabe einen vorher bestimmbaren zeitlichen Abstand aufweist. Darüber hinaus kann dieses Verhalten auf wenigstens

10 zwei oder mehr dezentrale Ein-/Ausgabe-Baugruppen ausgeweitet werden. Dies bedeutet, dass man wenigstens zwei oder mehr dezentrale Ein-/Ausgabe-Baugruppen und/oder auch Antriebe innerhalb eines Kommunikationstakts des Kommunikationssystems synchron, d.h. gleichzeitig zum selben Zeitpunkt innerhalb

15 des betrachteten Kommunikationstakts zu einer Registrierung und Erfassung von Signalen bzw. zur Ausgabe von Signalen an unterschiedliche zu steuernde Geräte veranlassen kann. Dies ist insbesondere dann von Vorteil, wenn es sich bei den zu steuernden Geräten, beispielsweise Antriebe, um Geräte handelt, die im interpolatorischen Verbund zusammenarbeiten und

20 deshalb dasselbe Verständnis von beispielsweise Lageinformationen bei Maschinen haben müssen, insbesondere, wenn dies die Steuerung von Achsen betrifft. Analoges gilt für die Ausgabe von Signalen, beispielsweise Sollwerte, an die zu steuernden Geräte.

25

Eine weitere, besonders vorteilhafte Ausgestaltung der Erfindung ist dadurch gekennzeichnet, dass die Registrierung und Erfassung von Signalen am Eingang wenigstens einer dezentralen Ein-/Ausgabe-Baugruppe und wenigstens einer anderen Automatisierungskomponente, insbesondere einem Antrieb so synchronisiert wird, dass die Registrierung und Erfassung, bezogen auf den Kommunikationstakt des Kommunikationssystems bei der dezentralen Ein-/Ausgabe-Baugruppe und der Automatisierungskomponente zum selben Zeitpunkt erfolgt.

30

35

Eine ebenso vorteilhafte Ausgestaltung der Erfindung ist dadurch gekennzeichnet, dass die Ausgabe von Signalen am Aus-

gang wenigstens einer dezentralen Ein-/Ausgabe-Baugruppe und wenigstens einer anderen Automatisierungskomponente, insbesondere einem Antrieb so synchronisiert wird, dass die Signalausgabe, bezogen auf den Kommunikationstakt des Kommunikationssystems bei der dezentralen Ein-/Ausgabe-Baugruppe und der Automatisierungskomponente zum selben Zeitpunkt erfolgt. Vorteil dieser Ausgestaltung ist, dass man eine oder mehrere dezentrale Ein-/Ausgabe-Baugruppen und/oder eine oder mehrere andere Automatisierungskomponenten, insbesondere Antriebe, innerhalb eines Kommunikationstakts des Kommunikationssystems synchron, d.h. gleichzeitig zum selben Zeitpunkt innerhalb des betrachteten Kommunikationstakts zu einer Registrierung und Erfassung von Signalen bzw. zur Ausgabe von Signalen an unterschiedliche zu steuernde Geräte veranlassen kann. Dies ist insbesondere dann von Vorteil, wenn es sich bei den zu steuernden Geräten um Geräte handelt, die im interpolatorischen Verbund zusammenarbeiten und deshalb dasselbe Verständnis von beispielsweise Lageinformationen bei Maschinen haben müssen, insbesondere, wenn dies die Steuerung von Achsen betrifft. Analoges gilt für die Ausgabe von Signalen, beispielsweise Sollwerte, an die zu steuernden Geräte.

Eine weitere vorteilhafte Ausgestaltung der Erfindung ist dadurch gekennzeichnet, dass innerhalb eines Kommunikationszyklus des Kommunikationssystems für jedes zu steuernde Gerät von den zugehörigen dezentralen Ein-/Ausgabe-Baugruppen wenigstens einmal Signale erfasst, in ein für das Datennetz kompatibles Datenformat umgewandelt und synchron, bezogen auf den Kommunikationstakt des Kommunikationssystems über das Datennetz zur Verarbeitung an die Kontrolleinheit weitergeleitet werden. Vorteil dieser Ausgestaltung ist, dass die Kontrolleinheit in jedem Kommunikationszyklus mindestens einmal die Möglichkeit besitzt, Istwerte mit bestimmten Sollwerten zu vergleichen und notfalls korrigierend einzugreifen.

35

Eine weitere überaus vorteilhafte Ausgestaltung der Erfindung ist dadurch gekennzeichnet, dass die jeweilige Erfassung von

Signalen bei einem zu steuernden Gerät zu einem solchen Zeitpunkt innerhalb eines Kommunikationszyklus des Kommunikationssystems erfolgt, so dass von der dezentralen Ein-/Ausgabe-Baugruppe eine Umwandlung der Signale in ein für das Daten-

5 netz kompatibles Datenformat und eine Weiterleitung der Daten über das Datennetz zur Verarbeitung an die Kontrolleinheit im unmittelbar anschließenden Kommunikationszyklus und eine Umwandlung der Antwortdaten der Kontrolleinheit in der dezentralen Ein-/Ausgabe-Baugruppe in für das zu steuernde Ge-

10 rät interpretierbare Signale und deren Ausgabe an das zu steuernde Gerät im übernächsten Kommunikationszyklus erfolgt, so dass der Abstand zwischen Signalerfassung am zu steuernden Gerät und Ausgabe der Antwortsignale an das zu steuernde Gerät höchstens zwei Kommunikationszyklen des Kommunikations-

15 systems beträgt. Vorteil dieser Ausgestaltung ist die Möglichkeit sehr schnell, möglichst zeitoptimal schalten zu können, d.h. die Reaktionsgeschwindigkeit zwischen Erfassung eines Ereignisses durch eine dezentrale Ein-/Ausgabe-Baugruppe, beispielsweise Istwerterfassung am zu steuernden Gerät, Ver-

20 arbeitungslogik in der Kontrolleinheit, und Schalten der Ausgänge der entsprechenden dezentralen Ein-/Ausgabe-Baugruppe einschließlich der Übertragung der entsprechenden Antwortsignale an das zu steuernde Gerät, beispielsweise Sollwerte, zu optimieren.

25 Eine weitere vorteilhafte Ausgestaltung der Erfindung ist dadurch gekennzeichnet, dass von der dezentralen Ein-/Ausgabe-Baugruppe Kenndaten zur Verfügung gestellt werden, die von wenigstens einer Kontrolleinheit über das Datennetz abgerufen

30 und ausgewertet werden können, wobei die Kenndaten die maximal mögliche Genauigkeit und den minimal möglichen Zeitpunkt bei der zeitlichen Erfassung von Signalen von einem zu steuernden Gerät erfassen. Eine weiterhin vorteilhafte Ausgestaltung der Erfindung ist dadurch gekennzeichnet, dass von der

35 dezentralen Ein-/Ausgabe-Baugruppe Kenndaten zur Verfügung gestellt werden, die von wenigstens einer Kontrolleinheit über das Datennetz abgerufen und ausgewertet werden können, wobei

die Kenndaten die maximal mögliche Genauigkeit und den minimal möglichen Zeitpunkt bei der zeitlichen Ausgabe von Signalen an ein zu steuerndes Gerät umfassen. Vorteil dieser Ausgestaltungen ist dadurch gegeben, dass die dezentrale Ein-
5 /Ausgabe-Baugruppe z.B. einer Kontrolleinheit mitteilen kann, mit welcher maximalen Genauigkeit eine Signalerfassung, beispielsweise Istwerterfassung, am zu steuernden Gerät von dieser dezentralen Ein-/Ausgabe-Baugruppe möglich ist, und zu welchem minimal möglichen Zeitpunkt dies möglich ist, damit
10 diese Signale bzw. Daten beispielsweise im nächsten Kommunikationszyklus an die Kontrolleinheit noch weitergeleitet werden können. Dadurch ist die Kontrolleinheit in der Lage dieses Wissen der Kenndaten der dezentralen Ein-/Ausgabe-Baugruppen in die Regelung bzw. Steuerung des Automatisierungssystems mit einzubeziehen und entsprechend zu optimieren. Analoges gilt für die Ausgabe von Signalen, beispielsweise Sollwerte an die zu steuernde Geräte mittels der dezentralen Ein-/Ausgabe-Baugruppen. Darüber hinaus können diese
15 Kenndaten beispielsweise als Gerätebeschreibungen selbstverständlich sowohl während des laufenden Betriebs online aus dem oder den entsprechenden Teilnehmern, insbesondere der oder den Automatisierungskomponenten, ausgelesen, als auch offline als Beschreibungsinformationen der jeweiligen Automatisierungskomponenten bereitgestellt werden, wodurch der Umfang der zur Verfügung gestellten Eigenschaften und dadurch
20 der mögliche Einsatzbereich exakt dokumentiert ist.

Eine weitere überaus vorteilhafte Ausgestaltung der Erfindung ist dadurch gekennzeichnet, dass wenigstens ein Teilnehmer
30 des Kommunikationssystems einen Zähler aufweist und vom Teilnehmer mit dem Zähler mittels des Zählers die Anzahl der Kommunikationszyklen vom Hochfahren des Systems an von Null oder einem beliebigen Offset beginnend im laufenden Betrieb permanent mitgezählt wird, sowie dass jeweils mit Beginn eines
35 neuen Kommunikationszyklus der Zähler um eins inkrementiert wird. Dabei charakterisiert der jeweils aktuelle Stand des Zählers den jeweils aktuellen Kommunikationszyklus. Ein be-

liebiger Kommunikationszyklus kann dabei aus einer Zahl, insbesondere einem Zählerstand, abgeleitet und/oder berechnet werden. Der Kommunikationszyklus selbst wird durch eine digitalisierte Zahl oder eine absolute Zeiteinheit, die sich aus der Dauer eines Kommunikationszyklus ableitet, dargestellt.

5 Dadurch kann ein Zeitstempel aus einem Kommunikationszyklus, der als digitalisierte Zahl oder in einer absoluten Zeiteinheit, die sich aus der Dauer eines Kommunikationszyklus ableitet, dargestellt wird, und/oder einem Zeitwert innerhalb
10 eines Kommunikationszyklus generiert werden. Vorteil dieser Ausgestaltung ist dadurch gegeben, dass ein Teilnehmer während des Betriebs des Systems permanent die Möglichkeit hat, den aktuellen Kommunikationszyklus zu ermitteln, wodurch die Voraussetzung geschaffen ist, dass alle Teilnehmer diese Information erhalten können, wenn der entsprechende Teilnehmer diese Information über das verwendete Datennetz verteilt. Da-
15 durch ist die Voraussetzung geschaffen, dass Ereignisse innerhalb des Kommunikationssystems so gesteuert werden können, dass diese isochron durchgeführt werden können. Dies gilt
20 selbstverständlich für alle Teilnehmer des Kommunikationssystems. Ein weiterer Vorteil ist dadurch gegeben, dass aus einem Zählerstand der jeweils zugehörige Kommunikationszyklus abgeleitet werden kann. Damit ist es möglich, einen Kommunikationszyklus sowohl als digitalisierte Zahl, beispielsweise
25 unmittelbare Verwendung des Zählerstands, oder aber auch als absolute Zeiteinheit, die sich aus der Dauer eines Kommunikationszyklus berechnen lässt, darzustellen, wodurch eine für die jeweilige Situation optimale Form der Darstellung wählbar ist.

30 Eine überaus vorteilhafte Ausgestaltung der Erfindung ist darüber hinaus dadurch gekennzeichnet, dass der Zeitstempel aus zwei Teilen besteht, wobei der eine Teil den Kommunikationszyklus des Kommunikationssystems bestimmt, in welchem Signale eines zu steuernden Geräts am Eingang einer dezentralen
35 Ein-/Ausgabe-Baugruppe registriert und erfasst werden oder Signale am Ausgang einer dezentralen Ein-/Ausgabe-Baugruppe

geschaltet und an das zu steuernde Gerät ausgegeben werden sollen und der andere Teil den Zeitpunkt relativ zum Anfang oder zum Ende des jeweils relevanten Kommunikationszyklus des Kommunikationssystems bestimmt. Vorteil dieser Ausgestaltung ist eine weitere Verfeinerung der Skalierung für die Genauigkeit beim Erfassen und Registrieren von Signalen eines zu steuernden Geräts bzw. bei der Ausgabe von Signalen an das zu steuernde Gerät. Dadurch ist es nicht nur möglich, Signale im Raster einer Anzahl von Kommunikationszyklen bzw. daraus abgeleiteten absoluten Zeiteinheit zu bestimmen, bzw. einzuordnen, sondern es ist auch möglich, den Zeitpunkt innerhalb des jeweils relevanten Kommunikationszyklus genauestens zu bestimmen und die Ereignissteuerung entsprechend zu optimieren.

Eine weitere außerordentlich vorteilhafte Ausgestaltung der Erfindung ist dadurch gekennzeichnet, dass der jeweils aktuelle Zählerstand und/oder aktuelle Kommunikationszyklus und/oder aktuelle Zeitstempel vom Teilnehmer mit dem Zähler an wenigstens einen weiteren Teilnehmer des Kommunikationssystems mittels des Datennetzes verteilt wird. Eine ebenso vorteilhafte Ausgestaltung der Erfindung ist dadurch gekennzeichnet, dass der jeweils aktuelle Zählerstand vom Teilnehmer mit dem Zähler an wenigstens einen weiteren Teilnehmer des Kommunikationssystems mittels Datennetzes verteilt und von den jeweiligen Teilnehmern selbst der aktuelle Kommunikationszyklus und/oder aktuelle Zeitstempel aus dem übermittelten aktuellen Zählerstand übermittelt wird. Dadurch ist es möglich, bestimmten, beispielsweise dezentralen Ein-/Ausgabe-Baugruppen, oder auch allen Teilnehmern eines Kommunikationssystems mit den beschriebenen Eigenschaften die entsprechenden Informationen mitzuteilen, auf deren Basis isochroner Datenaustausch bzw. die Steuerung von Ereignissen, bzw. Ereignisabfolgen innerhalb des Kommunikationssystems zwischen den Teilnehmern erheblich verbessert, bzw. erst ermöglicht werden kann.

Eine überaus vorteilhafte Ausgestaltung der Erfindung ist dadurch gekennzeichnet, dass Signale eines zu steuernden Geräts bei deren Registrierung und Erfassung am Eingang einer dezentralen Ein-/Ausgabe-Baugruppe von der Ein-/Ausgabe-Baugruppe mit dem zu diesem Zeitpunkt aktuellen Zeitstempel und dem Erfassungs-Schaltereignis versehen in ein für das Datennetz kompatibles Datenformat umgewandelt, mit dem Zeitstempel versehen in ein für das Datennetz kompatibles Datenformat umgewandelt, mit dem Zeitstempel und dem Schaltereignis über das Datennetz an die Kontrolleinheit weitergeleitet, dort ausgewertet und verarbeitet werden. Dadurch kann der Erfassungszeitpunkt von Signalen eines zu steuernden Geräts mit außerordentlicher Präzision bestimmt und gespeichert werden und steht damit zur Berechnung von abhängigen Ereignissen jederzeit zur Verfügung.

Eine weitere vorteilhafte Ausgestaltung der Erfindung ist dadurch gekennzeichnet, dass Daten, die für das zu steuernde Gerät bestimmt sind, vor der Übertragung an die dezentrale Ein-/Ausgabe-Baugruppe von der Kontrolleinheit mit einem Zeitstempel, bezogen auf den Zeitpunkt der geplanten Signalausgabe und einem Ausgabe-Schaltereignis versehen und mit diesem Zeitstempel und dem Schaltereignis über das Datennetz an die dezentrale Ein-/Ausgabe-Baugruppe übertragen werden, und dass Daten, die mit einem solchen Zeitstempel, der sich auf die geplante Signalausgabe bezieht, und einem Ausgabeschaltereignis versehen und für das zu steuernde Gerät bestimmt sind, von der dezentralen Ein-/Ausgabe-Baugruppe in ein für das zu steuernde Gerät interpretierbares Signal umgewandelt und zu dem Zeitpunkt, der durch den übertragenen Zeitstempel vorgegeben ist, am Ausgang der dezentralen Ein-/Ausgabe-Baugruppe gemäss des Schaltereignisses geschaltet und an das zu steuernde Gerät ausgegeben werden. Von besonderem Vorteil ist diese Ausgestaltung dadurch, dass abhängig vom Zeitpunkt der Registrierung eines Eintrittsereignisses am Eingang einer dezentralen Ein-/Ausgabe-Baugruppe das Schalten eines Ausgabeereignisses am Ausgang der dezentralen Ein-/Ausgabe-Baugruppe

exakt geplant und mit einer außerordentlichen zeitlichen Präzision durchgeführt werden kann, was im Bereich Antriebstechnik in verteilten Automatisierungssystemen, beispielsweise bei holzverarbeitenden Maschinen oder für das Schalten von Nocken, etc. außerordentlich vorteilhaft ist. Der zeitliche Abstand zwischen Eingangereignis und Ausgabeereignis ist also für jede beliebige Situation im geschilderten Anwendungsbereich individuell mit jeweils der selben hohen zeitlichen Genauigkeit einstellbar und erreichbar, wodurch die Abhängigkeit von Totzeiten von betroffenen Teilnehmern des Kommunikationssystems sehr stark reduziert wird.

Von besonderem Vorteil ist es darüber hinaus, dass die offenbarten Verfahren insbesondere bei und in Verpackungsmaschinen, Pressen, Kunststoffspritzmaschinen, Textilmaschinen, Druckmaschinen, Werkzeugmaschinen, Roboter, Handlingssystemen, Holzverarbeitungsanlagen, Glasverarbeitungsanlagen, Keramikverarbeitungsanlagen sowie Hebezeugen eingesetzt bzw. verwendet werden können.

Im folgenden wird die Erfindung anhand der in den Figuren dargestellten Ausführungsbeispielen näher beschrieben und erläutert.

Es zeigen:

- FIG 1 eine schematische Darstellung eines Ausführungsbeispiels für ein synchrones, getaktetes Kommunikationssystem,
- FIG 2 die prinzipielle Arbeitsweise in einem synchronen, getakteten Kommunikationssystem im Bereich verteilter Automatisierungssysteme und
- FIG 3 die prinzipielle Arbeitsweise in einem synchronen, getakteten Kommunikationssystem im Bereich verteil-

ter Automatisierungssysteme unter Verwendung eines Stempels.

FIG 1 zeigt eine schematische Darstellung eines Ausführungs-
5 beispiels für ein synchrones, getaktetes Kommunikationssystem. Bei dem dargestellten Kommunikationssystem handelt es sich dabei gleichzeitig um ein verteiltes Automatisierungssystem. Diese beiden Begriffe werden im folgenden synonym verwendet. Das gezeigte Ausführungsbeispiel besteht aus mehreren Teilnehmern, die gleichzeitig sowohl als Sender als
10 auch als Empfänger ausgeprägt sein können, also sowohl Signale oder Daten senden als auch empfangen können. Alle Teilnehmer sind mittelbar oder unmittelbar an das Datennetz 1, beispielsweise ein Bussystem mit und/oder ohne Echtzeiteigenschaften, wie Taktsynchronisation und Äquidistanz, wie z.B. Ethernet, Industrial Ethernet, Feldbus, Profibus, FireWire oder auch PC-interne Bussysteme (PCI), etc., aber auch getaktete Datennetze, wie beispielsweise Isochrones Realtime
15 Ethernet, über Datenleitungen, von denen aus Gründen der übersichtlichen Darstellung nur die Datenleitungen 11, 12, 13, 14 und 15 dargestellt wurden, angeschlossen. Die Datenleitungen sind dabei je nach Verwendungszweck so ausgeprägt, dass sie sowohl Daten als auch Signale oder andere elektrische Impulse übertragen bzw. leiten können. Insbesondere können auch
20 Datenleitungen verschiedenen Typs in diesem verteilten Automatisierungssystem eingesetzt werden, die jeweils Daten in unterschiedlichem Datenformat übertragen können. So können beispielsweise über die Datenleitung 14 Daten in einem anderen Format gesendet werden als beispielsweise über die Datenleitung 13. Für eine entsprechende Konvertierung sorgt in
25 diesem Fall beispielsweise die dezentrale Ein-/Ausgabe-Baugruppe 2. Selbstverständlich ist es aber auch möglich, dass die Datenleitungen 13 und 14 Daten im selben Format übertragen. In diesem Fall ist eine echte Datenkonvertierung durch die dezentrale Ein-/Ausgabe-Baugruppe 2 nicht notwendig, sondern es erfolgt eine Weiterleitung der Daten in unveränderter Form, was einem sogenannten Durchschalten der Da-

ten entspricht. Davon unbetroffen ist die Möglichkeit, dass die dezentrale Ein-/Ausgabe-Baugruppe 2 die Daten in beliebiger Art und Weise bearbeitet und/oder verarbeitet, insbesondere den Daten einen Zeitstempel oder ähnliches hinzufügt, ohne das Datenformat selbst zu verändern und/oder es in ein anderes Format zu konvertieren, falls dies für einen ordnungsgemässes Funktionieren des Automatisierungssystem notwendig ist. Direkt an das Datennetz 1 angeschlossene Datenleitungen wie beispielsweise die Datenleitungen 12, 13 und 15 übertragen Daten prinzipiell im selben Datenformat wie das Datennetz 1 selbst. Das verwendete Datennetz 1 arbeitet getaktet und der Austausch von Daten über das Datennetz 1 erfolgt synchron im verwendeten Kommunikationstakt. Eine erstmalige Synchronisierung aller angeschlossenen Teilnehmer auf den verwendeten Takt erfolgt beispielsweise beim Hochfahren des Systems. Um den taktsynchronen Datenaustausch zu gewährleisten erfolgt eine permanente Resynchronisation der Teilnehmer während des laufenden Betriebs. Selbstverständlich ist es darüber hinaus auch möglich, dass Teilnehmer, die im laufenden Betrieb an das Datennetz 1 angeschlossen werden, sich auf den verwendeten Kommunikationstakt synchronisieren können. Besonders vorteilhaft ist die Möglichkeit den zu verwendenden Kommunikationstakt je nach Bedarf und/oder Anwendung zumindest beim Hochfahren des Systems einmal einstellen zu können. In diesem Ausführungsbeispiel sind als Teilnehmer zu steuernde Geräte, beispielsweise Antriebe 4, 5 und 6 sowie dezentrale Ein-/Ausgabe-Baugruppen 2 und 3, ein Projektierungsgerät 7, eine Kontrolleinheit 8, die beispielsweise mit einem Zähler 9 ausgestattet ist, und ein Bediengerät 10, das hier beispielsweise als Rechner mit Tastatur und Maus ausgeprägt ist, dargestellt. Selbstverständlich sind als Teilnehmer auch alle möglichen anderen Automatisierungskomponenten bzw. Geräte denkbar. Auch Anzahl und/oder Lokalisierung der betreffenden Teilnehmer sind hier nur beispielhaft angegeben. Die beispielhaft dargestellten dezentralen Ein-/Ausgabe-Baugruppen 2 und 3 weisen darüber hinaus mindestens Kenndaten über ihre maximal mögliche Genauigkeit und den minimal mögli-

chen Zeitpunkt bei der zeitlichen Erfassung von Signalen von zu steuernden Geräten, und bei der zeitlichen Ausgabe von Signalen an zu steuernde Geräte, beispielsweise Antrieb 6, in abrufbarer Form, beispielsweise in internen Speichern 2a und 3a, auf.

Im offenbarten Ausführungsbeispiel kann ein Ereignis an einem zu steuernden Gerät, beispielsweise eine Istwerterfassung am beispielsweise analogen Antrieb 6 über einen, in diesen integrierten, der Übersichtlichkeit wegen nicht dargestellten Sensor und/oder Aktor vorgenommen werden, diese Istwerte mittels der Datenleitung 14 an die dezentrale Ein-/Ausgabe-Baugruppe 2 übergeben, dort taktsynchron erfasst und in ein entsprechendes für das Datennetz 1 kompatibles Datenformat umgewandelt werden. Die auf diese Weise konvertierten Daten werden dann synchron zum verwendeten Kommunikationstakt des Kommunikationssystems über die Datenleitung 13, das Datennetz 1, beispielsweise ein Ethernet-Bussystem, und die Datenleitung 12 an die Kontrolleinheit 8 weitergeleitet. Die Kontrolleinheit 8 ist beispielsweise als eine speicherprogrammierbare Steuerung (SPS) oder eine sonstige beliebige Steuerungsbzw. Regelungseinheit ausgeprägt, die Daten, beispielsweise Istwerte, von allen an das Datennetz 1 angeschlossenen Teilnehmern empfangen und auswerten, und/oder Daten, beispielsweise Sollwerte an alle Teilnehmer senden kann. So verarbeitet die Kontrolleinheit 8 beispielsweise die von der dezentralen Ein-/Ausgabe-Baugruppe 2 taktsynchron gesendeten Istwerte des Antriebs 6, berechnet auf Basis dieser Istwerte entsprechende Sollwerte und sendet diese Sollwerte ebenfalls taktsynchron über die Datenleitung 12, das Datennetz 1 und die Datenleitung 13 an die dezentrale Ein-/Ausgabe-Baugruppe 2 zurück. Diese wandelt die empfangenen Sollwerte in für den Antrieb 6 interpretierbare Signale um und leitet sie über die Datenleitung 14 synchron zum verwendeten Kommunikationstakt an den Antrieb 6 weiter, der die empfangenen Sollwerte mittels eines, der Übersichtlichkeit wegen nicht dargestellten, integrierten Aktors, beispielsweise

se als Steuerbefehle interpretiert und umsetzt. Derselbe Mechanismus kann analog auf einen, der Übersichtlichkeit wegen nicht dargestellten Prozess übertragen werden, der beispielsweise an die dezentrale Ein-/Ausgabe-Baugruppe 3 angeschlossen ist.

Mittels eines Bediengeräts 10 über die Datenleitung 11 kann beispielsweise auch manuell auf die Kontrolleinheit 8 zugegriffen werden und dadurch auf die entsprechenden Regelungs- und Steuerungsmechanismen der Kontrolleinheit 8 Einfluss genommen werden. Von besonderem Vorteil ist es, dass beispielsweise ein an das Datennetz 1 angeschlossenes Projektierungsgerät 7, welches ebenfalls eine Kontrolleinheit darstellt, die Kenndaten der dezentralen Ein-/Ausgabe-Baugruppen 2 und 3 abfragen, auswerten und auf Basis dieser Daten ebenfalls Einfluss auf den Datenaustausch zwischen den, an das Datennetz 1 angeschlossenen Automatisierungskomponenten ausüben oder diese Kenndaten für die Planung und Durchführung von Projektierungs- und/oder Steuerungsaufgaben berücksichtigen kann, wodurch das verteilte Automatisierungssystem sowohl zeit- als auch kostenoptimaler arbeiten kann. Das Projektierungsgerät 7 und die Kontrolleinheit 8 sind dabei als Master-Geräte ausgeprägt, da sie unmittelbaren Einfluss auf die Steuerung des Kommunikationssystems und der anderen angeschlossenen Teilnehmer ausüben können. Analog dazu werden die anderen Teilnehmer, beispielsweise die Antriebe 4, 5 und 6 sowie die dezentralen Ein-/Ausgabe-Baugruppen 2 und 3 als Slave-Geräte bezeichnet, da sie entsprechend von den Master-Geräten gesteuert werden. Wie aus dem Ausführungsbeispiel deutlich hervorgeht, ist es dabei ohne weiteres möglich und auch üblich, dass Automatisierungskomponenten wie beispielsweise die Antriebe 4 und 5 ohne eine zwischengeschaltete dezentrale Ein-/Ausgabe-Baugruppe direkt an das Datennetz 1 angeschlossen werden können. Auch die dargestellten Antriebe 4, 5 und 6 sind beispielhaft für beliebige Automatisierungskomponenten, insbesondere Feldgeräte, zu steuernde Geräte oder Maschinen, zu sehen.

Das dargestellte Ausführungsbeispiel weist darüber hinaus eine Kontrolleinheit 8 mit einem Zähler 9 auf. Der verwendete Zähler 9 ist beispielsweise vom Grundprinzip ein Modulo-Zähler, dessen Ausprägung abhängig von der gewünschten darzustellenden Grösse, bzw. Zählerumfang beliebig, beispielsweise als 16-Bit-, 32-Bit-Zähler, etc, gewählt werden kann. Mit diesem Zähler 9, der als Standardausführung beispielsweise hardware- oder softwaremässig realisiert sein kann, kann die Anzahl der Kommunikationszyklen vom Hochfahren des Systems an, von Null oder einem beliebigen Offset beginnend, während des laufenden Betriebs permanent mitgezählt werden. Dies bedeutet, dass jeweils mit Beginn eines neuen Kommunikationszyklus der Zählerstand des Zählers 9 um eine Einheit erhöht wird, wodurch der jeweils aktuelle Stand des Zählers 9 auch den jeweils aktuellen Kommunikationszyklus charakterisiert. Auslösendes Ereignis zum Erhöhen des Zählerstandes ist beispielsweise die Auswertung eines speziellen Datenpakets, z.B. ein sogenanntes global control-Datenpaket, das unmittelbar zum Beginn des nächsten Kommunikationszyklusses gesendet wird. Ist der Zähler 9 beim Taktschläger selbst lokalisiert, beispielsweise bei der Kontrolleinheit 8, so wird der Zähler 9 unmittelbar zum oder beim Senden dieses speziellen Datenpakets erhöht und der aktuelle Zählerstand beispielsweise zusammen mit diesem Datenpaket an die übrigen Teilnehmer gesendet. Natürlich ist es aber ebenso denkbar, dass ein Zähler 9 bei einem oder mehreren anderen Teilnehmern lokalisiert ist. In diesem Fall wird der Zähler 9 von den entsprechenden Teilnehmern beim oder unmittelbar nach dem Empfang dieses Datenpakets erhöht. Da der jeweilige Zählerstand auf diese Weise eindeutig mit einem bestimmten Kommunikationszyklus korreliert ist, ist es auch möglich, dass ein beliebiger Kommunikationszyklus aus einer Zahl, insbesondere einem Zählerstand abgeleitet und/oder berechnet wird, wodurch ausgehend von einem aktuellen Zählerstand und damit dem aktuellen Kommunikationszyklus von einem in der Zukunft oder in der Vergangenheit erreichten Zählerstand der zugehörige Kommunikationszyklus

lus eindeutig bestimmbar ist. Falls beispielsweise in einem bestimmten Kommunikationszyklus der Ausgang der dezentralen Ein-/Ausgabe-Baugruppe 2 geschaltet werden soll, wird dieses Ereignis bei Erreichen des korrespondierenden Zählerstandes
5 entsprechend von der dezentralen Ein-/Ausgabe-Baugruppe 2 ausgelöst, was die Vorhersagbarkeit sowie die zeitliche Genauigkeit des Erfassens bzw. Auslösens von Ereignissen außerordentlich erhöht.

10 Die Kommunikationszyklen können dabei beispielsweise als digitalisierte Zahl oder als absolute Zeiteinheit, die sich aus der Dauer eines Kommunikationszyklus ableitet, beispielsweise als Vielfache von 1ms dargestellt werden. Diese Informationen können von einem Teilnehmer mit dem Zähler 9, beispielsweise
15 der Kontrolleinheit 8, an einen oder mehrere oder auch alle Teilnehmer des Kommunikationssystems über das Datennetz 1 verteilt werden, damit für die entsprechenden Teilnehmer zu jeder Zeit eine eindeutige Zuordnung zu einem bestimmten, nämlich dem aktuellen Kommunikationszyklus möglich ist. Dadurch kann fehlerhaftes Verhalten einzelner Automatisierungskomponenten aufgrund zeitlicher Verschiebungseffekte, Totzeiten, Jitter, etc, die beispielsweise zu einer unerwünschten Verschiebung eines Ereignisses in einen anderen Kommunikationszyklus bewirken, vermieden, zumindest aber detektiert werden.
20
25

In FIG 2 ist die prinzipielle Arbeitsweise in einem synchronen, getakteten Kommunikationssystem im Bereich verteilter Automatisierungssysteme dargestellt. Zur Verdeutlichung sind
30 beispielhaft vier aufeinanderfolgende Kommunikationszyklen, Kommunikationszyklus n 19, Kommunikationszyklus n+1 20, Kommunikationszyklus n+2 21 und Kommunikationszyklus n+3 21a dargestellt. Weiterhin ist die prinzipielle Arbeitsweise zwischen Eintritt eines Eingangseignisses 24 und dem entsprechenden Ausgabeereignis 36 in vier Ebenen unterteilt, nämlich
35 in eine Kontrolleinheitenebene 16, eine Datennetzebene 17, eine Automatisierungskomponentenebene 18 und eine Prozess-

schnittstellenebene 18a. Als zur Kontrolleinheitenebene 16 zugehörige Teilnehmer sind Master-Geräte, wie z.B. Kontrolleinheit 8 zu nennen, während zur Automatisierungskomponentenebene 18 Automatisierungskomponenten, wie beispielsweise die

5 dezentralen Ein-/Ausgabe-Baugruppen 2, 3, die digitalen Antriebe 4, 5, 6 oder sonstige Feld- und/oder Peripheriegeräte, gehören. Die Datennetzebene 17 kennzeichnet die Verbindung zwischen den beiden genannten Ebenen 16 und 18 durch das Datennetz 1 und die Prozessschnittstellenebene 18a kennzeichnet

10 den Durchgriff der auf der Ebene 18 befindlichen Automatisierungskomponenten auf die darunter liegenden Prozesse und/oder Prozesskomponenten. So handelt es sich beim Eingangereignis 24 bei Antrieben beispielsweise um die Erfassung von Geberistwerten, bei dezentralen Ein-/Ausgabebaugruppen um die

15 Erfassung z.B. von Istwerten der nachfolgend angeschlossenen Sensorik. Beim Ausgabeereignis 36 handelt es sich bei Antrieben z.B. um die Sollwertausgabe an die entsprechenden angeschlossenen Leistungsteile, bei den dezentralen Ein-/Ausgabe-Baugruppen z.B. um die Sollwertausgabe an die entsprechende

20 angeschlossene Aktorik.

Die dargestellte Arbeitsweise in FIG 2 kennzeichnet den eingeschwungenen Zustand, d.h. die dezentralen Ein-/Ausgabe-Baugruppen 2, 3 sind bereits auf den Kommunikationstakt des

25 Datennetzes 1 synchronisiert, d.h. auf der Automatisierungskomponentenebene 18, beispielsweise den dezentralen Ein-/Ausgabe-Baugruppen 2 ist der verwendete Kommunikationstakt und damit die Länge eines Kommunikationszyklus bekannt, da dies beim Hochfahren des Systems festgelegt und allen angeschlossenen Teilnehmern über das Datennetz 1 mitgeteilt wurde.

30 Der Kommunikationstakt ist einstellbar, wird wenigstens einmal beim Hochfahren des Systems festgelegt und bleibt danach bis zu einer eventuellen neuen Festlegung konstant. Vorteil der Einstellbarkeit ist, dass der verwendete Kommunikationstakt und damit die Länge eines Kommunikationszyklus je

35 nach Anwendung variiert und damit an unterschiedliche Rahmenbedingungen angepasst werden kann.

Die Synchronisierung der Teilnehmer auf den verwendeten Kommunikationstakt erfolgt durch das sogenannte global control-Datenpaket 28, das jeweils den Anfang des nächsten Kommunikationszyklus unmittelbar anzeigt und deshalb rechtzeitig an
5 alle Teilnehmer gesendet wird. Dieses Datenpaket 28 wird beim Hochfahren des Systems von den Teilnehmern ausgewertet, wodurch sich diese auf den Kommunikationstakt des Kommunikationssystems auf synchronisieren können. Um eine Überschneidung
10 bei der Datenübertragung von einem Kommunikationszyklus in den folgenden zu verhindern und ein präzises Auswerten des Datenpakets 28 und somit die zweifelsfreie Signalisierung des jeweiligen Beginns des unmittelbar anschließenden Kommunikationszyklus zu gewährleisten, werden unmittelbar vor dem Senden des global control-Datenpakets 28 für eine diskrete Zeit
15 keine Daten gesendet. Dies wird als aktives Warten bezeichnet, angedeutet durch die Reserve 22. Aus Gründen der Übersichtlichkeit ist die Reserve 22 nur einmal bezeichnet. Während des laufenden Betriebs zeigt das global control-Datenpaket 28 selbstverständlich immer unmittelbar den Anfang
20 des nächsten Kommunikationszyklus an. Besonders vorteilhaft ist es, dass in der dargestellten Ausprägung insbesondere die dezentralen Ein-/Ausgabe-Baugruppen 2, 3, das global control-Datenpaket 28 auswerten und sich damit ebenfalls auf den verwendeten Kommunikationstakt auf synchronisieren können. Da-
25 durch können die dezentralen Ein-/Ausgabe-Baugruppen 2, 3, wie die anderen Teilnehmer isochron arbeiten, wodurch eine deutliche Erhöhung der zeitlichen Genauigkeit sowohl bei der Erfassung von Eingangseignissen, als auch beim Schalten von
30 Ausgängen, insbesondere der dezentralen Ein-/Ausgabe-Baugruppen erreicht wird.

Für die einzelnen Teilnehmer, insbesondere für die dezentralen Ein-/Ausgabe-Baugruppen 2, 3, ist deshalb die Länge eines
35 Kommunikationszyklus und damit insbesondere die Länge der Kommunikationszyklen n 19, $n+1$ 20, $n+2$ 21 und $n+3$ 21a bekannt. Weiterhin ist durch das global control-Datenpaket 28

auch der Anfang eines Kommunikationszyklus festgelegt und damit auch der Anfang des Kommunikationszyklus $n+1$ 20 den einzelnen Teilnehmern, insbesondere den dezentralen Ein-/Ausgabe-Baugruppen 2, 3 bekannt. Damit kann auch der zeitliche Abstand 23 zwischen Eingangseignis 24, beispielsweise getaktete Istwerterfassung und Anfang des Kommunikationszyklus $n+1$ 20, und damit für jeden Kommunikationszyklus, exakt festgelegt werden. Besonders vorteilhaft ist, dass dieser zeitliche Abstand 23 einstellbar ist und beispielsweise von der dezentralen Ein-Ausgabe-Baugruppe 2, je nach Anwendungsfall optimal festgelegt werden kann. Da jeder Kommunikationszyklus gleich lang ist, kann ein Eingangseignis 24 in jedem Kommunikationszyklus, insbesondere in den Kommunikationszyklen n 19 und $n+1$ 20 immer zum gleichen Zeitpunkt von der dezentralen Ein-Ausgabe-Baugruppe 2 erfasst werden, d.h. der zeitliche Abstand 23 und 23a ist in den Kommunikationszyklen n 19 und $n+1$ 20 und damit in jedem Kommunikationszyklus exakt gleich, sofern keine Veränderungen von einem Teilnehmer vorgenommen werden. Dadurch kann insbesondere erreicht werden, dass eine Istwerterfassung zwingend in jedem Kommunikationszyklus einmal und immer exakt zum gleichen Zeitpunkt relativ zum Anfang bzw. Ende des jeweiligen Kommunikationszyklus durchgeführt wird. Aus Gründen der übersichtlichen Darstellung ist der zeitliche Abstand 23 in den Kommunikationszyklen $n+2$ 21 und $n+3$ 21a nicht dargestellt.

Die in FIG 2 offenbarte Arbeitsweise, insbesondere die Erfassung eines Eingangseignisses 24 kann selbstverständlich, nicht nur bei einer dezentralen Ein-/Ausgabe-Baugruppe 2 in jedem Kommunikationszyklus zum selben Zeitpunkt synchron zum Kommunikationstakt erfolgen, sondern kann in jedem Kommunikationszyklus auch parallel für mehrere dezentrale Ein-/Ausgabe-Baugruppen 2,3 synchron durchgeführt werden kann, d.h. die Erfassung und Registrierung von Eingangseignissen 24 von mehreren dezentralen Ein-/Ausgabe-Baugruppen 2,3 immer gleichzeitig zum selben Zeitpunkt mit dem zeitlichen Abstand 23 und synchron zum Kommunikationstakt kann erzwungen bzw.

geplant durchgeführt werden. Auch hier sind anstelle der oder zusammen mit den dezentralen Ein-/Ausgabe-Baugruppen 2,3 andere Automatisierungskomponenten, insbesondere Antriebe 4,5 denkbar. Dies bedeutet insbesondere, dass die Registrierung und Erfassung von Eingangseignissen 24 auch zwischen dezentralen Ein-/Ausgabe-Baugruppen 2,3 und anderen Automatisierungskomponente, insbesondere Antrieben 4,5 so synchronisiert werden kann, dass sie immer gleichzeitig zum selben Zeitpunkt mit dem zeitlichen Abstand 23 und synchron zum Kommunikationskontakt erzwungen bzw. geplant durchgeführt werden kann. Der zeitliche Abstand 23 wird dabei beispielsweise von der dezentralen Ein-/Ausgabe-Baugruppe 2 so gewählt, dass die Signalerfassung 25 auf der Automatisierungskomponentenebene 18 beispielsweise von der dezentralen Ein-/Ausgabe-Baugruppe 2 zu einem Zeitpunkt durchgeführt wird, dass eine Signalkonvertierung 26 noch so stattfindet, dass die Datenweiterleitung 27 unmittelbar mit Beginn des nächsten Kommunikationszyklus $n+1$ fortgesetzt werden kann. Der unmittelbare Anfang des nächsten Kommunikationszyklus $n+1$ wird dabei allen Teilnehmern durch das global control-Datenpaket 28 mitgeteilt. Aus Gründen der übersichtlichen Darstellung ist auf der Datennetzebene 17 das Datenpaket 29, das grau markierte global control-Datenpaket 28 sowie die Reserve 22 jeweils nur einmal bezeichnet worden. Die unterschiedliche Länge der nicht bezeichneten Datenpakete hat dabei keine besondere Bedeutung, es verdeutlicht nur, dass die Länge der einzelnen Datenpakete inhaltsabhängig und damit variabel ist. Am Anfang des Kommunikationszyklus $n+1$ erfolgt nun die Datenweiterleitung 27 auf der Datennetzebene 17. Die weitergeleiteten Datenpakete sind beispielhaft am Datenpaket 29 angedeutet. Innerhalb des Kommunikationszyklus $n+1$ erfolgt nun die Datenübergabe 30 der weitergeleiteten Daten von der Datennetzebene 17 an die Kontrolleinheitenebene 16, beispielsweise an die entsprechende Kontrolleinheit 8. In der Kontrolleinheit 8 erfolgt dann die entsprechende Datenverarbeitung 31. Kontrolleinheit 8 ermittelt während der Datenverarbeitung 31 aus den übermittelten Daten, beispielsweise Istwerten, die ent-

sprechenden Antwortdaten, beispielsweise Sollwerte, und schließt diese Berechnungen im selben Kommunikationszyklus $n+1$ 20 so ab, dass die Kontrolleinheit 8 eine Datenübergabe 32, beispielsweise die berechneten Sollwerte, zum Beginn des nächsten Kommunikationszyklus $n+2$ 21 von der Kontrolleinheitenebene 16 an die Datennetzebene 17 durchführen kann. Auch diese Datenübergabe 32 erfolgt synchron zum Kommunikations-
takt, und kann in jedem Kommunikationszyklus durchgeführt werden. Von der Datennetzebene 17 erfolgt eine Datenübermittlung 33 noch innerhalb des Kommunikationszyklus $n+2$ 21 an die Automatisierungskomponentenebene 18, beispielsweise an die dezentrale Ein-/Ausgabe-Baugruppe 2 so, dass diese eine entsprechende Datenkonvertierung 34 der erhaltenen Daten in für die zu steuernden Geräte interpretierbare Signale und die entsprechende Signalausgabe 35 so durchführen kann, dass ein festlegbarer, konstanter zeitlicher Abstand 37 zwischen Anfang des aktuellen Kommunikationszyklus $n+2$ 21 und dem Ausgabeereignis 36 eingehalten wird. Das Ausgabeereignis 36 erfolgt damit noch innerhalb des Kommunikationszyklus $n+2$ 21, wobei der zeitliche Abstand 37 einstellbar ist und beispielsweise von der dezentralen Ein-Ausgabe-Baugruppe 2, je nach Anwendungsfall optimal festgelegt wird. Das Ausgabeereignis 36 kann also in jedem Kommunikationszyklus, insbesondere in den Kommunikationszyklen $n+2$ 21 und $n+3$ 21a immer zum gleichen Zeitpunkt taktsynchron durchgeführt werden, d.h. der zeitliche Abstand 37 und 37a ist in den Kommunikationszyklen $n+2$ 21 und $n+3$ 21a und damit in jedem Kommunikationszyklus exakt gleich, sofern keine Veränderungen von einem Teilnehmer vorgenommen werden. Somit kann die zeitliche Genauigkeit beim Schalten der übermittelten Daten, beispielsweise Sollwerte, also die Signalausgabe 35 von den zugehörigen dezentralen Ein-/Ausgabe-Baugruppen z.B. von der dezentralen Ein-/Ausgabe-Baugruppe 2 außerordentlich exakt festgelegt werden. Der zeitliche Abstand 38 zwischen Eingangseignis 24 und Ausgabeereignis 36 kann dadurch also so optimiert werden, dass er maximal zwei Kommunikationszyklen auseinander liegt,

was bei vielen Anwendungen in verteilten Automatisierungssystemen im Bereich Antriebstechnik von grosser Bedeutung ist. Besonders vorteilhaft ist es außerdem, dass die Schaltung eines Ausgabeereignisses 36 nicht nur von einer dezentralen

5 Ein-/Ausgabe-Baugruppe 2 in jedem Kommunikationszyklus zum selben Zeitpunkt synchron zum Kommunikationstakt, sondern in jedem Kommunikationszyklus parallel von mehreren dezentralen Ein-/Ausgabe-Baugruppen 2,3 synchron durchgeführt werden kann, d.h. die Schaltung von Ausgabeereignissen 36 von mehreren

10 dezentralen Ein-/Ausgabe-Baugruppen 2,3 immer gleichzeitig zum selben Zeitpunkt mit dem zeitlichen Abstand 37 und synchron zum Kommunikationstakt kann erzwungen bzw. geplant durchgeführt werden. Auch hier sind anstelle der oder zusammen mit den dezentralen Ein-/Ausgabe-Baugruppen 2,3 andere

15 Automatisierungskomponenten, insbesondere Antriebe 4,5 denkbar. Dies bedeutet insbesondere, dass die Schaltung von Ausgabeereignissen 36 auch zwischen dezentralen Ein-/Ausgabe-Baugruppen 2,3 und anderen Automatisierungskomponente, insbesondere Antrieben 4,5, so synchronisiert werden kann, dass

20 sie immer gleichzeitig zum selben Zeitpunkt mit dem zeitlichen Abstand 37 und synchron zum Kommunikationstakt erzwungen bzw. geplant durchgeführt werden kann. Dies ist insbesondere dann von Vorteil, wenn die Ausgabeereignisse 36, beispielsweise Sollwertausgaben, zu steuernde Geräte betreffen, die im

25 interpolatorischen Verbund zusammenarbeiten und deshalb dasselbe Verständnis von beispielsweise Lageinformationen bei Maschinen haben müssen, insbesondere, wenn dies die Steuerung von Achsen betrifft. Aus Gründen der Übersichtlichkeit ist der zeitliche Abstand 37 und 37a nur für die Kommunikations-

30 zyklen $n+2$ 21 und $n+3$ 21a dargestellt worden.

In FIG 3 ist die prinzipielle Arbeitsweise in einem synchronen, getakteten Kommunikationssystem im Bereich verteilter Automatisierungssysteme unter Verwendung eines Stempels dargestellt.

35 Zur Verdeutlichung sind beispielhaft drei aufeinanderfolgende Kommunikationszyklen, Kommunikationszyklus m 56, Kommunikationszyklus $m+1$ 57 und Kommunikationszyklus $m+2$ 58

sowie ein weiterer, zu einem späteren Zeitpunkt auftretender, aber nicht unmittelbar anschließender Kommunikationszyklus $m+x$ 59 dargestellt. Weiterhin ist die prinzipielle Arbeitsweise zwischen Eintritt eines Eingangsereignisses 40 und dem entsprechenden Ausgabeereignis 54 in vier Ebenen unterteilt, nämlich in eine Kontrolleinheitenebene 60, eine Datennetzebene 61, eine Automatisierungskomponentenebene 62 und eine Prozessschnittstellenebene 63. Alle vier Ebenen symbolisieren dieselben Ebenen die auch in FIG 2 verwendet wurden. Die dargestellte Arbeitsweise in FIG 3 kennzeichnet analog zur FIG 2 ebenfalls den eingeschwungenen Zustand, d.h. alle Teilnehmer, insbesondere die Geräte auf der Automatisierungskomponentenebene 62, beispielsweise die dezentralen Ein-/Ausgabe-Baugruppen 2 und 3, sind bereits auf den Kommunikationstakt des Datennetzes 1 synchronisiert. Den einzelnen Teilnehmern des Kommunikationssystems, insbesondere den dezentralen Ein-/Ausgabe-Baugruppen 2 und 3, ist deshalb die Länge eines Kommunikationszyklus und damit insbesondere die Länge der Kommunikationszyklen m 56, $m+1$ 57, $m+2$ 58 sowie $m+x$ 59 bekannt.

Auch der Anfang eines Kommunikationszyklus ist analog zum Mechanismus der in FIG 2 beschrieben ist, durch das global control-Datenpaket 45 festgelegt und damit den Teilnehmern des Kommunikationssystems bekannt.

Auf Basis des in FIG 1 offenbarten Mechanismus der Verwendung eines Zählers zur Identifizierung des aktuellen Kommunikationszyklus kann darüber hinaus beispielsweise von der dezentralen Ein-/Ausgabe-Baugruppen 2 ein Zeitstempel aus einem entsprechenden Zählerstand oder dem korrespondierenden Kommunikationszyklus generiert werden, der aus zwei Teilen besteht. Der eine Teil kennzeichnet dabei den aktuellen Kommunikationszyklus, beispielsweise den Kommunikationszyklus m 56, in dem die dezentrale Ein-/Ausgabe-Baugruppe 2 die Signalerfassung 41 eines Eingangsereignisses 40 eines zu steuernden Geräts an ihrem Eingang durchführt und der andere Teil präzisiert den Zeitpunkt der Signalerfassung 41 relativ zum Anfang oder zum Ende innerhalb des aktuellen Kommunikations-

zyklus, beispielsweise des Kommunikationszyklus m 56. Dieser so generierte Zeitstempel wird zusammen mit der Art des Eingangereignisses, beispielsweise positive oder negative Schaltflanke, etc., als Stempel 42 auf der Automatisierungskomponentenebene 62, beispielsweise von der dezentralen Ein-/Ausgabe-Baugruppe 2 bei der Signalerfassung 41 des Eingangereignisses 40 oder der Signalkonvertierung 43 den Daten hinzugefügt, sodass der Erfassungszeitpunkt und Art des Schaltereignisses dieser Daten in der dezentralen Ein-/Ausgabe-Baugruppe 2 exakt protokolliert und beim Weiterleiten Bestandteil der Daten ist. Der Stempel 42 ist aus Gründen der Übersichtlichkeit nur einmal bezeichnet. Die Datenweiterleitung 44 auf der Datennetzebene 61, durch das Datenpaket 46 angedeutet, wird anschließend beispielsweise mit Beginn des nächsten Kommunikationszyklus $m+1$ 57 fortgesetzt. Der unmittelbare Anfang des nächsten Kommunikationszyklus $m+1$ 57 wird dabei durch Übertragung des global control-Datenpakets 45 allen Teilnehmern mitgeteilt. Um eine Überschneidung bei der Datenübertragung von einem Kommunikationszyklus in den folgenden zu verhindern und ein präzises Auswerten des Datenpakets 45 und somit die zweifelsfreie Signalisierung des jeweiligen Beginns des unmittelbar anschließenden Kommunikationszyklus zu gewährleisten, werden analog zur Beschreibung von FIG 2 unmittelbar vor dem Senden des global control-Datenpakets 45 für eine diskrete Zeit keine Daten gesendet. Dies wird als aktives Warten bezeichnet, angedeutet durch die Reserve 39. Aus Gründen der übersichtlichen Darstellung ist auf der Datennetzebene 61 das Datenpaket 46, das grau markierte global control-Datenpaket 45 sowie die Reserve 39 jeweils nur einmal bezeichnet worden. Die unterschiedliche Länge der nicht bezeichneten Datenpakete hat dabei keine besondere Bedeutung, es verdeutlicht nur, dass die Länge der einzelnen Datenpakete inhaltsabhängig und damit variabel ist. Innerhalb des Kommunikationszyklus $m+1$ 57 erfolgt nun die Datenübergabe 47 der weitergeleiteten Daten mit Stempel 42 von der Datennetzebene 61 an die Kontrolleinheitenebene 60 beispielsweise an die Kontrolleinheit 8, von der die Datenverar-

beutung 48 durchgeführt wird. Dabei wird von der Kontrolleinheit 8 sowohl der Stempel 42 als auch der Inhalt der übermittelten Daten ausgewertet. Darauf basierend berechnet die Kontrolleinheit 8 Antwortdaten und in Abhängigkeit des Inhalts des Stempels 42 den erforderlichen Zeitpunkt für die zukünftige Ausgabe der Antwortdaten an das entsprechende zu steuernde Gerät am Ausgang beispielsweise der dezentralen Ein-/Ausgabe-Baugruppe 2, und die Art des Ausgabeereignisses, beispielsweise positive oder negative Schaltflanke, etc., mit der geschaltet werden soll. Die berechneten Antwortdaten, die für das zu steuernde Gerät bestimmt sind, werden vor der Übertragung an die dezentrale Ein-/Ausgabe-Baugruppe 2 von der Kontrolleinheit 8 mit einem Stempel 49 der aus dem berechneten Zeitstempel, bezogen auf den erforderlichen, geplanten Zeitpunkt der Signalausgabe und dem Ausgabe-Schaltereignis besteht, versehen, sodass der Stempel 49 beim Weiterleiten Bestandteil der Antwortdaten ist. Dabei besteht der Teil des Stempels 49, der den Zeitstempel charakterisiert wiederum aus zwei Teilen. Der eine Teil kennzeichnet dabei den Kommunikationszyklus, beispielsweise den Kommunikationszyklus $m+x$ 59, in dem die dezentrale Ein-/Ausgabe-Baugruppe 2 die Signalausgabe 53 eines Ausgangsereignisses 54 an ein zu steuerndes Gerät an ihrem Ausgang durchführen soll und der andere Teil präzisiert den Ausgabezeitpunkt der Signalausgabe 53 relativ zum Anfang oder zum Ende innerhalb dieses so bestimmten Kommunikationszyklus, beispielsweise des Kommunikationszyklus $m+x$ 59. Der Stempel 49 ist aus Gründen der Übersichtlichkeit nur einmal bezeichnet. Von der Kontrolleinheitenebene 60 aus, beispielsweise von der Kontrolleinheit 8, erfolgt die Datenübergabe 50 der berechneten Antwortdaten mit dem Stempel 49 beispielsweise zum Beginn des nächsten Kommunikationszyklus $m+2$ 58 an die Datennetzebene 61. Auch diese Datenübergabe 50 erfolgt synchron zum Kommunikationstakt und kann in jedem Kommunikationszyklus durchgeführt werden. Von der Datennetzebene 61 erfolgt eine Datenübermittlung 51 beispielsweise noch innerhalb des Kommunikationszyklus $m+2$ 58 an die Automatisierungskomponentenebene 62, beispielsweise an die dezent-

trale Ein-/Ausgabe-Baugruppe 2, die den Stempel 49, mit dem die empfangenen Daten versehen sind, auswertet. Je nach Ergebnis der Auswertung des Stempels 49, insbesondere des Teils, der den Zeitpunkt der Ausgabe der Daten bezeichnet, werden die Daten von der dezentralen Ein-/Ausgabe-Baugruppe 2 zwischengespeichert und erst zum vorgesehenen Zeitpunkt, beispielsweise im Kommunikationszyklus $m+x$ 59 erfolgt die entsprechende Signalausgabe 53, beispielsweise Schaltung von Sollwerten am Ausgang der dezentralen Ein-/Ausgabe-Baugruppe 2 mit dem im Stempel 49 vorgesehenen Schaltereignis, an das zu steuernde Gerät mit dem Ausgabeereignis 36. Die vorher notwendige Datenkonvertierung 52 der erhaltenen Daten in für das zu steuernde Gerät interpretierbare Signale, kann dabei zu einem beliebigen Zeitpunkt zwischen Datenübermittlung 51 im Kommunikationszyklus $m+2$ 58 und der Signalausgabe 53 im Kommunikationszyklus $m+x$ 59 von der dezentralen Ein-/Ausgabe-Baugruppe 2 durchgeführt werden.

Somit kann abhängig vom Zeitpunkt der Registrierung eines auftretenden Eintrittsereignisses 40 am Eingang einer dezentralen Ein-/Ausgabe-Baugruppe das Schalten eines Ausgabeereignisses 54 am Ausgang der dezentralen Ein-/Ausgabe-Baugruppe exakt geplant und mit einer außerordentlichen zeitlichen Präzision durchgeführt werden, was im Bereich Antriebstechnik in verteilten Automatisierungssystemen, beispielsweise bei Holzverarbeitenden Maschinen oder für das Schalten von Nocken, etc. außerordentlich vorteilhaft ist. Der zeitliche Abstand 55 zwischen Eingangseignis 40 und Ausgabeereignis 54 ist also für jede beliebige Situation im geschilderten Anwendungsbereich individuell mit jeweils der selben hohen zeitlichen Genauigkeit einstellbar und erreichbar, wodurch die Abhängigkeit von Totzeiten von betroffenen Teilnehmern des Kommunikationssystems sehr stark reduziert wird.

35

Zusammenfassend betrifft die Erfindung ein synchrones, getaktetes Kommunikationssystem, beispielsweise ein verteiltes Au-

tomatisierungssystem, dessen Teilnehmer beliebige Automatisierungskomponenten sein können und die über ein Datennetz 1 miteinander gekoppelt sind. Mittels des offenbarten Verfahrens zur Integration dezentraler Ein-/Ausgabe-Baugruppen 2, 3
5 können diese dezentralen Ein-/Ausgabe-Baugruppen 2, 3 so in das synchrone, getaktete Kommunikationssystem eingebunden werden, dass sie dessen Eigenschaften uneingeschränkt nutzen können. Damit ist insbesondere die Erfassung von Eingangssignalen und die Ausgabe von Ausgangssignalen in einer deterministischen und synchronen Art und Weise in den dezentralen
10 Ein-/Ausgabe-Baugruppen 2, 3 möglich. Darüber hinaus ermöglicht das offenbarte Verfahren Eingangssignale mit einer Genauigkeit kleiner als die Länge eines Kommunikationszyklus des Kommunikationssystems zu erfassen und das Schalten von
15 Ausgangssignalen in kleineren Zeitgranularitäten als die Länge eines Kommunikationszyklus unterstützen, welches insbesondere Anwendung z.B. für Schaltnocken findet. Zusätzlich wird durch die Erfindung eine Synchronisierung für Istwerterfassungen und Sollwertausgaben von verschiedenartigsten Automatisierungskomponenten wie z.B. dezentrale Ein-/Ausgabe-
20 Baugruppen 2, 3 und digitale Antriebe 4, 5, 6 ermöglicht. Als Datennetz 1 des Kommunikationssystems sind dabei alle möglichen gängigen Bussysteme wie z.B. Feldbus, Profibus, Ethernet, Industrial Ethernet, FireWire oder auch PC-interne Bussysteme (PCI), etc., denkbar.
25

Patentansprüche

1. Verfahren zur Einbindung einer oder mehrerer dezentraler Ein-/Ausgabe-Baugruppen (2, 3) in ein synchrones, getaktetes Kommunikationssystem mit Äquidistanzeigenschaften im Bereich industrieller Anlagen zwischen wenigstens zwei Teilnehmern, insbesondere einer Kontrolleinheit (8) und einem zu steuernden Gerät, und wenigstens einem Datennetz (1),
dadurch gekennzeichnet,
dass sich mindestens eine dezentrale Ein-/Ausgabe-Baugruppe (2, 3) auf den Kommunikationstakt des Kommunikationssystems synchronisiert.
2. Verfahren nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet,
dass Signale des zu steuernden Geräts, die am Eingang der dezentralen Ein-/Ausgabe-Baugruppe (2, 3) zum Gerät anliegen, bezogen auf den Kommunikationstakt des Kommunikationssystems von der dezentralen Ein-/Ausgabe-Baugruppe (2, 3) synchron erfasst, in ein für das Datennetz (1) kompatibles Datenformat umgewandelt und synchron über das Datennetz (1) zur Verarbeitung an die Kontrolleinheit (8) weitergeleitet werden.
3. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 oder 2,
dadurch gekennzeichnet,
dass Daten, die von der Kontrolleinheit (8) über das Datennetz (1) synchron an die dezentrale Ein-/Ausgabe-Baugruppe (2, 3) übertragen, in der Ein-/Ausgabe-Baugruppe (2, 3) in für das zu steuernde Gerät interpretierbare Signale umgewandelt und, bezogen auf den Kommunikationstakt des Kommunikationssystems synchron am Ausgang der dezentralen Ein-/Ausgabe-Baugruppe (2, 3) geschaltet und zum Gerät weitergeleitet werden.
4. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,

dass der Zeitpunkt für die Registrierung und Erfassung von Signalen eines zu steuernden Geräts am Eingang der dezentralen Ein-/Ausgabe-Baugruppe (2, 3), bezogen auf den Kommunikationstakt des Kommunikationssystems oder eines daraus abgeleiteten Takts einstellbar ist.

5
10 5. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Zeitpunkt für die Schaltung und Weiterleitung von Signalen am Ausgang der dezentralen Ein-/Ausgabe-Baugruppe (2, 3) an das zu steuernde Gerät, bezogen auf den Kommunikationstakt des Kommunikationssystems oder eines daraus abgeleiteten Takts einstellbar ist.

15 6. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Registrierung und Erfassung von Signalen am Eingang der dezentralen Ein-/Ausgabe-Baugruppen (2, 3) von wenigstens zwei zu steuernden Geräten, die jeweils mit einer unterschiedlichen dezentralen Ein-/Ausgabe-Baugruppe (2, 3) verbunden sind, so synchronisiert wird, dass die Registrierung und Erfassung, bezogen auf den Kommunikationstakt des Kommunikationssystems bei den jeweiligen dezentralen Ein-/Ausgabe-Baugruppen (2, 3) zum selben Zeitpunkt erfolgt.

25
30 7. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Ausgabe von Signalen am Ausgang der dezentralen Ein-/Ausgabe-Baugruppen (2, 3) an wenigstens zwei zu steuernde Geräte, die jeweils mit einer unterschiedlichen dezentralen Ein-/Ausgabe-Baugruppe (2, 3) verbunden sind, so synchronisiert wird, dass die Ausgabe, bezogen auf den Kommunikationstakt des Kommunikationssystems bei den jeweiligen dezentralen Ein-/Ausgabe-Baugruppen (2, 3) zum selben Zeitpunkt erfolgt.

35 8. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet,

dass die Registrierung und Erfassung von Signalen am Eingang wenigstens einer dezentralen Ein-/Ausgabe-Baugruppe (2, 3) und wenigstens einer anderen Automatisierungskomponente, insbesondere einem Antrieb (4, 5, 6) so synchronisiert wird,
5 dass die Registrierung und Erfassung, bezogen auf den Kommunikationstakt des Kommunikationssystems bei der dezentralen Ein-/Ausgabe-Baugruppe (2, 3) und der Automatisierungskomponente zum selben Zeitpunkt erfolgt.

10 9. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t,
dass die Ausgabe von Signalen am Ausgang wenigstens einer dezentralen Ein-/Ausgabe-Baugruppe (2, 3) und wenigstens einer anderen Automatisierungskomponente, insbesondere einem Antrieb
15 (4, 5, 6) so synchronisiert wird, dass die Signalausgabe, bezogen auf den Kommunikationstakt des Kommunikationssystems bei der dezentralen Ein-/Ausgabe-Baugruppe (2, 3) und der Automatisierungskomponente zum selben Zeitpunkt erfolgt.

20 10. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t,
dass innerhalb eines Kommunikationszyklus des Kommunikationssystems für jedes zu steuernde Gerät von den zugehörigen dezentralen Ein-/Ausgabe-Baugruppen (2, 3) wenigstens einmal
25 Signale erfasst, in ein für das Datennetz (1) kompatibles Datenformat umgewandelt und synchron, bezogen auf den Kommunikationstakt des Kommunikationssystems über das Datennetz (1) zur Verarbeitung an die Kontrolleinheit (8) weitergeleitet werden.

30
11. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t,
dass die jeweilige Erfassung von Signalen bei einem zu steuernden Gerät zu einem solchen Zeitpunkt innerhalb eines Kommunikationszyklus des Kommunikationssystems erfolgt, so dass
35 von der dezentralen Ein-/Ausgabe-Baugruppe (2, 3) eine Umwandlung der Signale in ein für das Datennetz (1) kompatibles

Datenformat und eine Weiterleitung der Daten über das Daten-
netz (1) zur Verarbeitung an die Kontrolleinheit (8) im un-
mittelbar anschließenden Kommunikationszyklus und eine Um-
wandlung der Antwortdaten der Kontrolleinheit (8) in der de-
zentralen Ein-/Ausgabe-Baugruppe (2, 3) in für das zu steu-
ernde Gerät interpretierbare Signale und deren Ausgabe an das
zu steuernde Gerät im übernächsten Kommunikationszyklus er-
folgt, so dass der Abstand zwischen Signalerfassung am zu
steuernden Gerät und Ausgabe der Antwortsignale an das zu
steuernde Gerät höchstens zwei Kommunikationszyklen des Kom-
munikationssystems beträgt.

12. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
dass von der dezentralen Ein-/Ausgabe-Baugruppe (2, 3) Kenn-
daten zur Verfügung gestellt werden, die von wenigstens einer
Kontrolleinheit (8) über das Datennetz (1) abgerufen und aus-
gewertet werden können, wobei die Kenndaten die maximal mög-
liche Genauigkeit und den minimal möglichen Zeitpunkt bei der
zeitlichen Erfassung von Signalen von einem zu steuernden Ge-
rät umfassen.

13. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
dass von der dezentralen Ein-/Ausgabe-Baugruppe (2, 3) Kenn-
daten zur Verfügung gestellt werden, die von wenigstens einer
Kontrolleinheit (8) über das Datennetz (1) abgerufen und aus-
gewertet werden können, wobei die Kenndaten die maximal mög-
liche Genauigkeit und den minimal möglichen Zeitpunkt bei der
zeitlichen Ausgabe von Signalen an ein zu steuerndes Gerät
umfassen.

14. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
dass wenigstens einer der Teilnehmer des Kommunikationssys-
tems einen Zähler (9) aufweist und vom Teilnehmer mit dem
Zähler (9) mittels des Zählers (9) die Anzahl der Kommunika-

tionszyklen vom Hochfahren des Systems an, von 0 oder einem beliebigen Offset beginnend im laufenden Betrieb permanent mitgezählt wird.

- 5 15. Verfahren nach Anspruch 14,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t,
dass jeweils mit Beginn eines neuen Kommunikationszyklus der
Zähler (9) inkrementiert wird.
- 10 16. Verfahren nach Anspruch 14 oder 15,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t,
dass der jeweils aktuelle Stand des Zählers (9) den jeweils
aktuellen Kommunikationszyklus charakterisiert.
- 15 17. Verfahren nach einem der Ansprüche 14 bis 16,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t,
dass ein beliebiger Kommunikationszyklus aus einer Zahl, ins-
besondere einem Zählerstand abgeleitet und/oder berechnet
wird.
- 20 18. Verfahren nach einem der Ansprüche 14 bis 17,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t,
dass ein Kommunikationszyklus durch eine digitalisierte Zahl
oder eine absolute Zeiteinheit, die sich aus der Dauer eines
25 Kommunikationszyklus ableitet, dargestellt wird.
19. Verfahren nach einem der der Ansprüche 14 bis 18,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t,
dass ein Zeitstempel aus einem Kommunikationszyklus, der als
30 digitalisierte Zahl oder in einer absoluten Zeiteinheit, die
sich aus der Dauer eines Kommunikationszyklus ableitet, dar-
gestellt wird, und/oder einem Zeitwert innerhalb eines Kommu-
nikationszyklus generiert wird.
- 35 20. Verfahren nach einem der Ansprüche 14 bis 19,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t,

dass der Zeitstempel aus zwei Teilen besteht, wobei der eine Teil den Kommunikationszyklus des Kommunikationssystems bestimmt, in welchem Signale eines zu steuernden Geräts am Eingang einer dezentralen Ein-/Ausgabe-Baugruppe (2, 3) registriert und erfasst werden oder Signale am Ausgang einer dezentralen Ein-/Ausgabe-Baugruppe (2, 3) geschaltet und an das zu steuernde Gerät ausgegeben werden sollen und der andere Teil den Zeitpunkt relativ zum Anfang oder zum Ende des jeweils relevanten Kommunikationszyklus des Kommunikationssystems bestimmt.

21. Verfahren nach einem der Ansprüche 14 bis 20, dadurch gekennzeichnet, dass der jeweils aktuelle Zählerstand und/oder aktuelle Kommunikationszyklus und/oder aktuelle Zeitstempel vom Teilnehmer mit dem Zähler (9) an wenigstens einen weiteren Teilnehmer des Kommunikationssystems mittels des Datennetzes (1) verteilt wird.

22. Verfahren nach einem der Ansprüche 14 bis 20, dadurch gekennzeichnet, dass der jeweils aktuelle Zählerstand vom Teilnehmer mit dem Zähler (9) an wenigstens einen weiteren Teilnehmer des Kommunikationssystems mittels des Datennetzes (1) verteilt und von den jeweiligen Teilnehmern selbst der aktuelle Kommunikationszyklus und/oder aktuelle Zeitstempel aus dem übermittelten aktuellen Zählerstand ermittelt wird.

23. Verfahren nach einem der Ansprüche 14 bis 22, dadurch gekennzeichnet, dass Signale eines zu steuernden Geräts bei deren Registrierung und Erfassung am Eingang einer dezentralen Ein-/Ausgabe-Baugruppe (2, 3) von der Ein-/Ausgabe-Baugruppe (2, 3) mit dem zu diesem Zeitpunkt aktuellen Zeitstempel und dem Erfassungs-Schaltereignis versehen, in ein für das Datennetz (1) kompatibles Datenformat umgewandelt, mit dem Zeitstempel und dem Schaltereignis über das Datennetz (1) an die Kontrollein-

heit (8) weitergeleitet, dort ausgewertet und verarbeitet werden.

24. Verfahren nach einem der Ansprüche 14 bis 23,
5 d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t,
dass Daten, die für das zu steuernde Gerät bestimmt sind, vor
der Übertragung an die dezentrale Ein-/Ausgabe-Baugruppe (2,
3) von der Kontrolleinheit (8) mit einem Zeitstempel, bezogen
10 auf den Zeitpunkt der geplanten Signalausgabe und einem Aus-
gabe-Schaltereignis versehen und mit diesem Zeitstempel und
dem Schaltereignis über das Datennetz (1) an die dezentrale
Ein-/Ausgabe-Baugruppe (2, 3) übertragen werden.

25. Verfahren nach einem der Ansprüche 14 bis 24,
15 d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t,
dass Daten, die mit einem Zeitstempel, der sich auf die ge-
plante Signalausgabe bezieht, und einem Ausgabe-
Schaltereignis versehen und für das zu steuernde Gerät be-
stimmt sind, von der dezentralen Ein-/Ausgabe-Baugruppe (2,
20 3) in für das zu steuernde Gerät interpretierbare Signale um-
gewandelt und zu dem Zeitpunkt, der durch den übertragenen
Zeitstempel vorgegeben ist, am Ausgang der dezentralen Ein-/
Ausgabe-Baugruppe (2, 3) gemäss des Schaltereignisses ge-
schaltet und an das zu steuernde Gerät ausgegeben werden.

25
26. Synchrones, getaktetes Kommunikationssystem mit Äqui-
distanzeigenschaften im Bereich industrieller Anlagen zw-
ischen wenigstens zwei Teilnehmern, insbesondere einer Kon-
trolleinheit (8) und einem zu steuernden Gerät, wenigstens
30 einem Datennetz (1) und wenigstens einer dezentralen Ein-
/Ausgabe-Baugruppe (2, 3),
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t,
dass das Kommunikationssystem zumindest ein Mittel zur Ein-
bindung dezentraler Ein-/Ausgabe-Baugruppen (2, 3) aufweist,
35 das dafür sorgt, dass mindestens eine dezentrale Ein-
/Ausgabe-Baugruppe (2, 3) auf den Kommunikationstakt des Kom-
munikationssystems synchronisiert wird.

27. Kommunikationssystem nach Anspruch 26,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t,
dass das Kommunikationssystem zumindest eine dezentrale Ein-/
Ausgabe-Baugruppe (2, 3) aufweist, die die Signale des zu
5 steuernden Geräts, die am Eingang der dezentralen Ein-
/Ausgabe-Baugruppe (2, 3) anliegen, bezogen auf den Kommuni-
kationstakt des Kommunikationssystems synchron erfasst, in
ein für das Datennetz (1) kompatibles Datenformat umwandelt
und synchron über das Datennetz (1) zur Verarbeitung an die
10 Kontrolleinheit (8) weiterleitet.

28. Kommunikationssystem nach einem der Ansprüche 26 oder 27,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t,
dass das Kommunikationssystem zumindest eine dezentrale Ein-/
15 Ausgabe-Baugruppe (2, 3) aufweist, die von der Kontrollein-
heit (8) über das Datennetz (1) synchron gesendete Daten in
für ein zu steuerndes Gerät interpretierbare Signale umwan-
delt und, bezogen auf den Kommunikationstakt des Kommunikati-
onssystems synchron am Ausgang der dezentralen Ein-/Ausgabe-
20 Baugruppe (2, 3) schaltet und zum Gerät weiterleitet.

29. Kommunikationssystem nach einem der Ansprüche 26 bis 28,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t,
dass das Kommunikationssystem zumindest ein Mittel aufweist,
25 das den Zeitpunkt für die Registrierung und Erfassung von
Signalen eines zu steuernden Geräts am Eingang einer Ein-/
Ausgabe-Baugruppe (2, 3), bezogen auf den Kommunikationstakt
des Kommunikationssystems oder eines daraus abgeleiteten
Takts einstellt.

30

30. Kommunikationssystem nach einem der Ansprüche 26 bis 29,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t,
dass das Kommunikationssystem zumindest ein Mittel aufweist,
das den Zeitpunkt für die Schaltung und Weiterleitung von
35 Signalen am Ausgang der dezentralen Ein-/Ausgabe-Baugruppe
(2, 3) an das zu steuernde Gerät, bezogen auf den Kommunika-

tionstakt des Kommunikationssystems oder eines daraus abgeleiteten Takts einstellt.

31. Kommunikationssystem nach einem der Ansprüche 26 bis 30,
5 d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t,
dass das Kommunikationssystem zumindest ein Mittel aufweist,
das die Registrierung und Erfassung von Signalen am Eingang
der dezentralen Ein-/Ausgabe-Baugruppen (2, 3) von wenigstens
zwei zu steuernden Geräten, die jeweils mit einer unter-
10 schiedlichen dezentralen Ein-/Ausgabe-Baugruppe (2, 3) ver-
bunden sind, so synchronisiert, dass die Registrierung und
Erfassung, bezogen auf den Kommunikationstakt des Kommunika-
tionssystems bei den jeweiligen dezentralen Ein-/Ausgabe-
Baugruppen (2, 3) zum selben Zeitpunkt erfolgt.

15 32. Kommunikationssystem nach einem der Ansprüche 26 bis 31,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t,
dass das Kommunikationssystem zumindest ein Mittel aufweist,
das die Ausgabe von Signalen am Ausgang der dezentralen Ein-/
20 Ausgabe-Baugruppen (2, 3) an wenigstens zwei zu steuernde Ge-
räte, die jeweils mit einer unterschiedlichen dezentralen
Ein-/Ausgabe-Baugruppe (2, 3) verbunden sind, so synchroni-
siert, dass die Ausgabe, bezogen auf den Kommunikationstakt
des Kommunikationssystems bei den jeweiligen dezentralen Ein-
25 /Ausgabe-Baugruppen (2, 3) zum selben Zeitpunkt erfolgt.

33. Kommunikationssystem nach einem der Ansprüche 26 bis 32,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t,
dass das Kommunikationssystem zumindest ein Mittel aufweist,
30 das die Registrierung und Erfassung von Signalen am Eingang
wenigstens einer dezentralen Ein-/Ausgabe-Baugruppe (2, 3)
und wenigstens einer anderen Automatisierungskomponente, ins-
besondere einem Antrieb (4, 5, 6), so synchronisiert, dass
die Registrierung und Erfassung, bezogen auf den Kommunikati-
35 onstakt des Kommunikationssystems bei der dezentralen Ein-
/Ausgabe-Baugruppe (2, 3) und der Automatisierungskomponente
zum selben Zeitpunkt erfolgt.

34. Kommunikationssystem nach einem der Ansprüche 26 bis 33,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t,
dass das Kommunikationssystem zumindest ein Mittel aufweist,
das die Ausgabe von Signalen am Ausgang wenigstens einer de-
5 zentralen Ein-/Ausgabe-Baugruppe (2, 3) und wenigstens einer
anderen Automatisierungskomponente, insbesondere einem An-
trieb (4, 5, 6), so synchronisiert, dass die Signalausgabe,
bezogen auf den Kommunikationstakt des Kommunikationssystems
bei der dezentralen Ein-/Ausgabe-Baugruppe (2, 3) und der Au-
10 tomatisierungskomponente zum selben Zeitpunkt erfolgt.

35. Kommunikationssystem nach einem der Ansprüche 26 bis 34,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t,
dass das Kommunikationssystem zumindest eine dezentrale Ein-/
15 Ausgabe-Baugruppe (2, 3) aufweist, die innerhalb eines Kommu-
nikationszyklus des Kommunikationssystems für jedes zugehöri-
ge, zu steuernde Gerät von diesen wenigstens einmal Signale
erfasst, in ein für das Datennetz (1) kompatibles Datenformat
umwandelt und synchron, bezogen auf den Kommunikationstakt
20 des Kommunikationssystems über das Datennetz (1) zur Verar-
beitung an die Kontrolleinheit (8) weiterleitet.

36. Kommunikationssystem nach einem der Ansprüche 26 bis 35,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t,
25 dass das Kommunikationssystem zumindest ein Mittel aufweist,
das dafür sorgt, dass die jeweilige Erfassung von Signalen
bei einem zu steuernden Gerät zu einem solchen Zeitpunkt in-
nerhalb eines Kommunikationszyklus des Kommunikationssystems
erfolgt, so dass von der dezentralen Ein-/Ausgabe-Baugruppe
30 (2, 3) eine Umwandlung der Signale in ein für das Datennetz
(1) kompatibles Datenformat und eine Weiterleitung der Daten
über das Datennetz (1) zur Verarbeitung an die Kontrollein-
heit (8) im unmittelbar anschließenden Kommunikationszyklus
und eine Umwandlung der Antwortdaten der Kontrolleinheit (8)
35 in der dezentralen Ein-/Ausgabe-Baugruppe (2, 3) in für das
zu steuernde Gerät interpretierbare Signale und deren Ausgabe
an das zu steuernde Gerät im übernächsten Kommunikationszyk-

lus erfolgt, so dass der Abstand zwischen Signalerfassung am zu steuernden Gerät und Ausgabe der Antwortsignale an das zu steuernde Gerät höchstens zwei Kommunikationszyklen des Kommunikationssystems beträgt.

5

37. Kommunikationssystem nach einem der Ansprüche 26 bis 36, dadurch gekennzeichnet, dass das Kommunikationssystem zumindest eine dezentrale Ein-/Ausgabe-Baugruppe (2, 3) aufweist, die Kenndaten zur Verfügung stellt, die von wenigstens einer Kontrolleinheit (8) über das Datennetz (1) abgerufen und ausgewertet werden können, wobei die Kenndaten die maximal mögliche Genauigkeit und den minimal möglichen Zeitpunkt bei der zeitlichen Erfassung von Signalen von einem zu steuernden Gerät umfassen.

15

38. Kommunikationssystem nach einem der Ansprüche 26 bis 37, dadurch gekennzeichnet, dass das Kommunikationssystem zumindest eine dezentrale Ein-/Ausgabe-Baugruppe (2, 3) aufweist, die Kenndaten zur Verfügung stellt, die von wenigstens einer Kontrolleinheit (8) über das Datennetz (1) abgerufen und ausgewertet werden können, wobei die Kenndaten die maximal mögliche Genauigkeit und den minimal möglichen Zeitpunkt bei der zeitlichen Ausgabe von Signalen an ein zu steuerndes Gerät umfassen.

25

39. Kommunikationssystem nach einem der Ansprüche 26 bis 38, dadurch gekennzeichnet, dass wenigstens ein Teilnehmer einen Zähler (9) aufweist und der Teilnehmer mit dem Zähler (9) mittels des Zählers (9) die Anzahl der Kommunikationszyklen vom Hochfahren des Systems an von Null oder einem beliebigen Offset beginnend, im laufenden Betrieb permanent mitzählt.

40. Kommunikationssystem nach Anspruch 39, dadurch gekennzeichnet, dass der Teilnehmer mit dem Zähler (9) jeweils mit Beginn eines neuen Kommunikationszyklus den Zähler (9) inkrementiert.

35

41. Kommunikationssystem nach einem der Ansprüche 39 oder 40,
dadurch gekennzeichnet,
dass das Kommunikationssystem zumindest ein Mittel aufweist,
das dafür sorgt, dass der jeweils aktuelle Stand des Zählers
5 (9) den jeweils aktuellen Kommunikationszyklus charakteri-
siert.

42. Kommunikationssystem nach einem der Ansprüche 39 bis 41,
dadurch gekennzeichnet,
10 dass das Kommunikationssystem zumindest ein Mittel aufweist,
das einen beliebigen Kommunikationszyklus aus einer Zahl,
insbesondere einem Zählerstand, ableitet und/oder berechnet.

43. Kommunikationssystem nach einem der Ansprüche 39 bis 42,
15 dadurch gekennzeichnet,
dass das Kommunikationssystem zumindest ein Mittel aufweist,
das einen Kommunikationszyklus durch eine digitalisierte Zahl
oder eine absolute Zeiteinheit, die sich aus der Dauer eines
Kommunikationszyklus ableitet, darstellt.

20 44. Kommunikationssystem nach einem der Ansprüche 39 bis 43,
dadurch gekennzeichnet,
dass das Kommunikationssystem zumindest ein Mittel aufweist,
das einen Zeitstempel aus einem Kommunikationszyklus, der als
25 digitalisierte Zahl oder in einer absoluten Zeiteinheit, die
sich aus der Dauer eines Kommunikationszyklus ableitet, dar-
gestellt wird, und/oder einem Zeitwert innerhalb eines Kommu-
nikationszyklus generiert.

30 45. Kommunikationssystem nach einem der Ansprüche 39 bis 44,
dadurch gekennzeichnet,
dass das Kommunikationssystem zumindest ein Mittel aufweist,
das dafür sorgt, dass der Zeitstempel aus zwei Teilen be-
steht, wobei der eine Teil den Kommunikationszyklus des Kom-
35 munikationssystems bestimmt, in welchem Signale eines zu
steuernden Geräts am Eingang einer dezentralen Ein-/Ausgabe-
Baugruppe (2, 3) registriert und erfasst werden oder Signale

am Ausgang einer Ein-/Ausgabe-Baugruppe (2, 3) geschaltet und an das zu steuernde Gerät ausgegeben werden sollen, und der andere Teil den Zeitpunkt relativ zum Anfang und zum Ende des jeweils relevanten Kommunikationszyklus des Kommunikations-
5 systems bestimmt.

46. Kommunikationssystem nach einem der Ansprüche 39 bis 45, dadurch gekennzeichnet,
dass der Teilnehmer mit dem Zähler (9) den jeweils aktuellen
10 Zählerstand und/oder den aktuellen Kommunikationszyklus und/oder den aktuellen Zeitstempel an wenigstens einen weiteren Teilnehmer des Kommunikationssystems mittels des Daten-
netzes (1) verteilt.

47. Kommunikationssystem nach einem der Ansprüche 39 bis 46, dadurch gekennzeichnet,
dass der Teilnehmer mit dem Zähler (9) den jeweils aktuellen Zählerstand an wenigstens einen weiteren Teilnehmer des Kommunikationssystems mittels des Datennetzes (1) verteilt und
20 die jeweiligen Teilnehmer den aktuellen Kommunikationszyklus und/oder den aktuellen Zeitstempel selbst aus dem übermittelten aktuellen Zählerstand ermitteln.

48. Kommunikationssystem nach einem der Ansprüche 39 bis 47, dadurch gekennzeichnet,
dass das Kommunikationssystem zumindest eine dezentrale Ein-/Ausgabe-Baugruppe (2, 3) aufweist, die Signale eines zu steuernden Geräts bei deren Registrierung und Erfassung am Eingang der dezentralen Ein-/Ausgabe-Baugruppe (2, 3) mit dem zu
30 diesem Zeitpunkt aktuellen Zeitstempel und dem Erfassungsschaltereignis versieht, in ein für das Datennetz (1) kompatibles Datenformat umwandelt, und mit dem Zeitstempel und dem Schaltereignis über das Datennetz (1) zur Auswertung und Verarbeitung an die Kontrolleinheit (8) weiterleitet.

35

49. Kommunikationssystem nach einem der Ansprüche 39 bis 48, dadurch gekennzeichnet,

dass das Kommunikationssystem zumindest eine Kontrolleinheit (8) aufweist, die Daten, die für das zu steuernde Gerät bestimmt sind, vor Übertragung an die dezentrale Ein-/Ausgabe-Baugruppe (2, 3) mit einem Zeitstempel, bezogen auf den Zeitpunkt der geplanten Signalausgabe und einem Ausgabeschaltereignis versieht und mit diesem Zeitstempel und dem Schaltereignis über das Datennetz (1) an die dezentrale Ein-/Ausgabe-Baugruppe (2, 3) überträgt.

- 10 50. Kommunikationssystem nach einem der Ansprüche 39 bis 49,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t,
dass das Kommunikationssystem zumindest eine dezentrale Ein-/
Ausgabe-Baugruppe (2, 3) aufweist, die Daten, die mit einem
Zeitstempel, der sich auf die geplante Signalausgabe bezieht,
15 und einem Ausgabeschaltereignis versehen und für das zu steuernde
Gerät bestimmt sind, in für das zu steuernde Gerät interpretierbare
Signale umwandelt und zu dem Zeitpunkt, der durch den übertragenen
Zeitstempel vorgegeben ist, am Ausgang der dezentralen Ein-/Ausgabe-
Baugruppe (2, 3) gemäß des
20 Schaltereignisses schaltet und an das zu steuernde Gerät ausgibt.

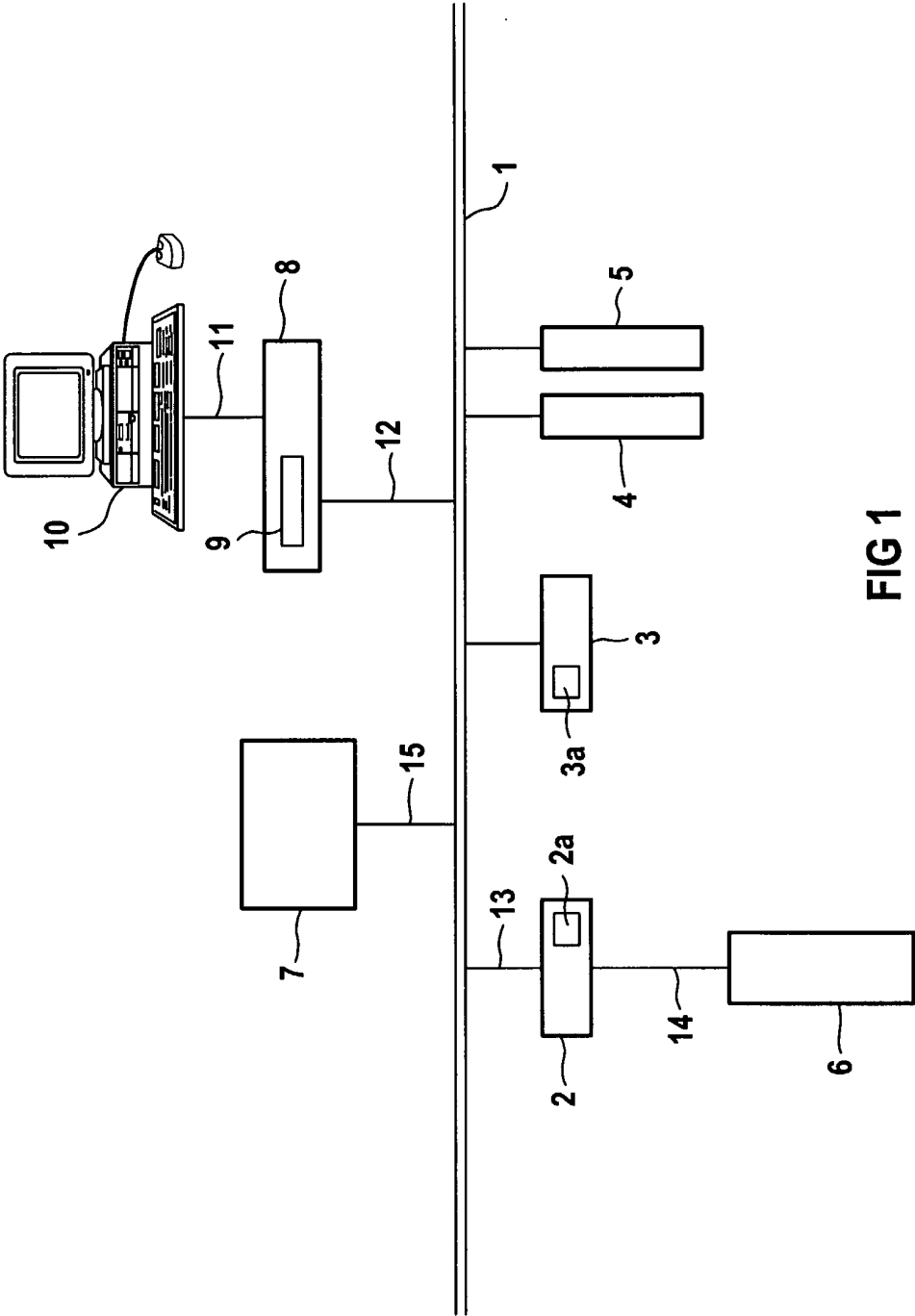


FIG 1

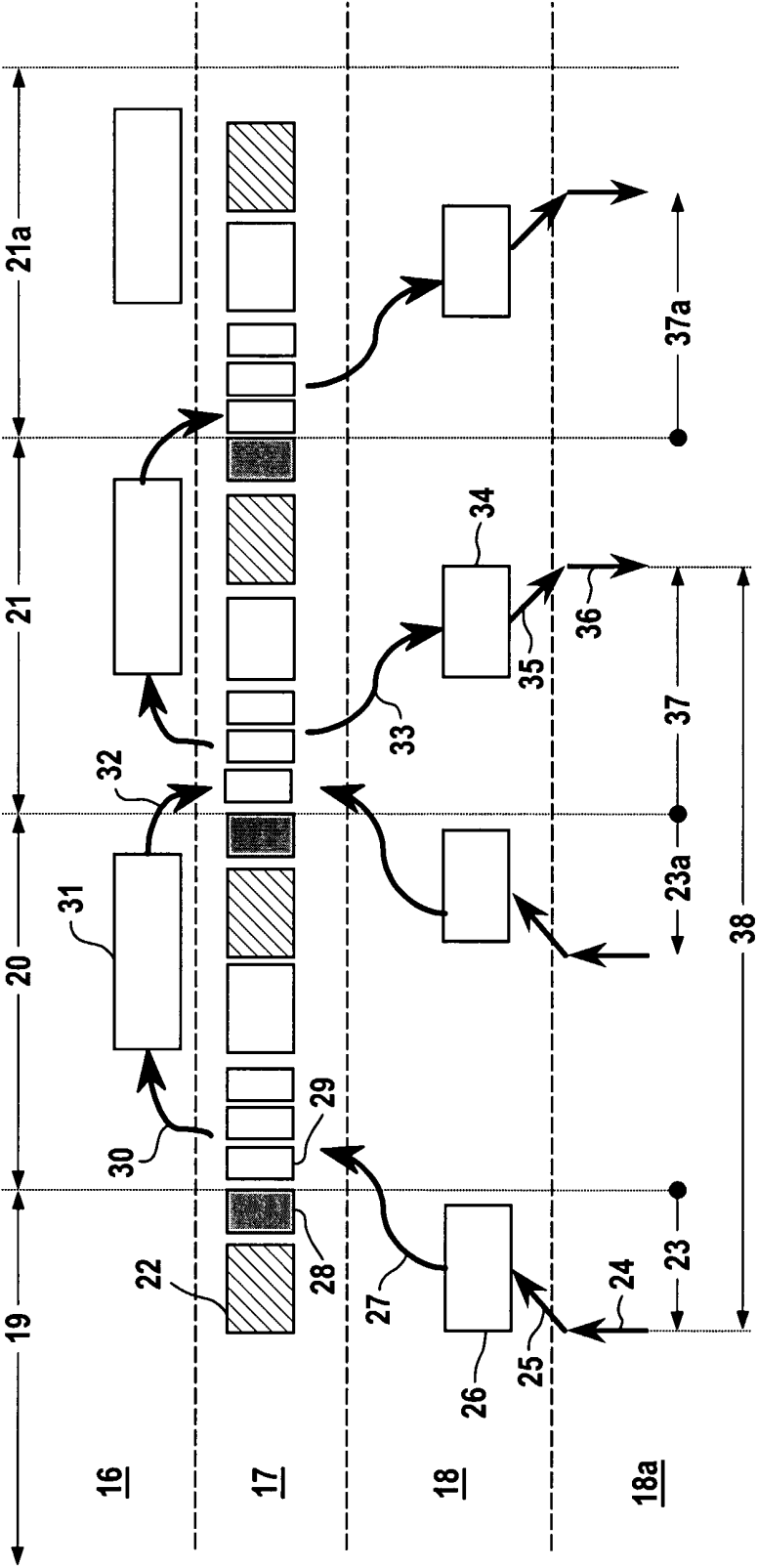


FIG 2

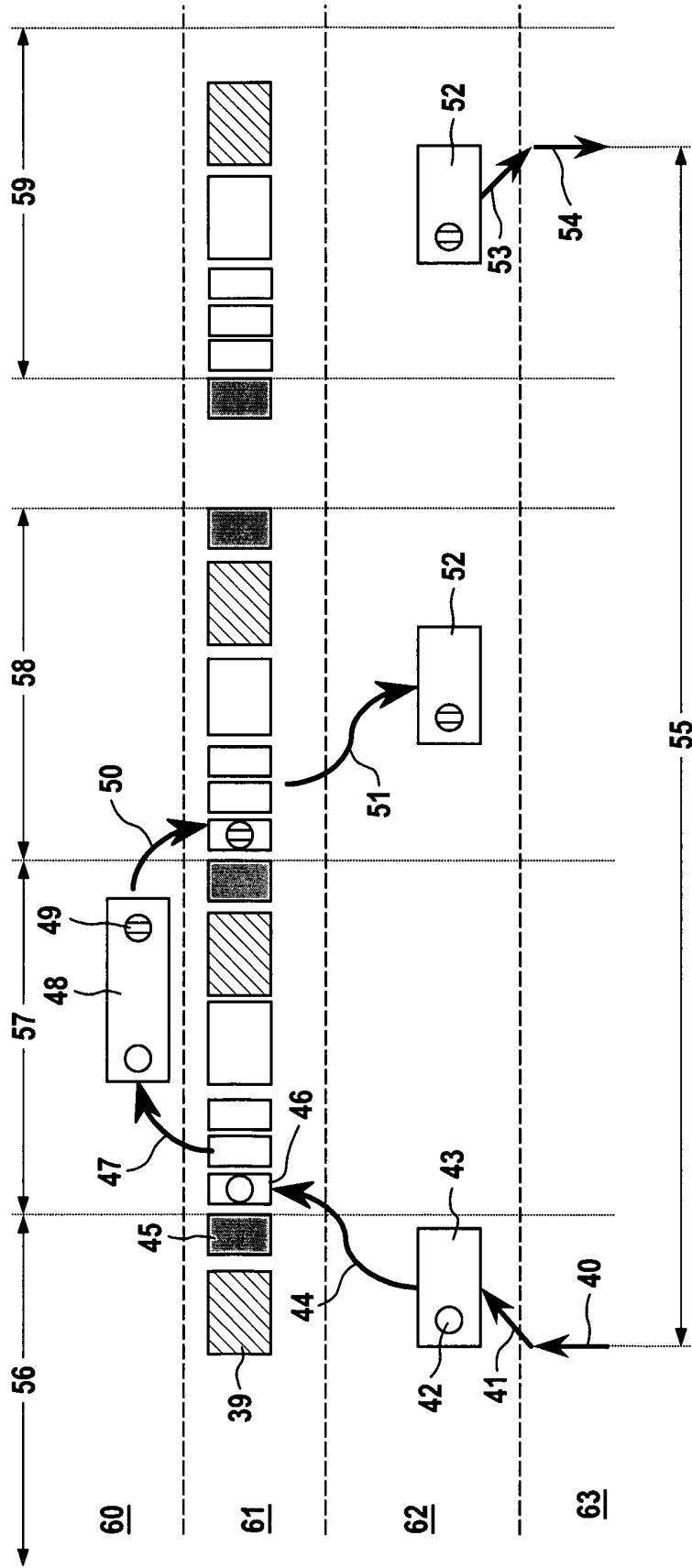


FIG 3