

19



LE GOUVERNEMENT
DU GRAND-DUCHÉ DE LUXEMBOURG
Ministère de l'Économie

11

N° de publication :

LU101216

12

BREVET D'INVENTION

B1

21

N° de dépôt: LU101216

51

Int. Cl.:
G06F 13/42

22

Date de dépôt: 15/05/2019

30

Priorité:

43

Date de mise à disposition du public: 16/11/2020

47

Date de délivrance: 16/11/2020

73

Titulaire(s):
Phoenix Contact GmbH & Co KG – 32825
Blomberg (Allemagne)

72

Inventeur(s):
STRIEWE Martin – 32805 Horn-Bad
Meinberg (Allemagne), MAGAZINIK Vjaceslav –
32657 Lemgo (Allemagne)

74

Mandataire(s):
Phoenix Contact GmbH & Co. KG Intellectual Property
Licenses & Standards – 32825 Blomberg (Allemagne)

54

Technik zur Korrektur eines Zeitparameters.

- 57 Eine Technik zum Korrigieren eines Zeitparameters (115; 125) in einem ersten Knoten nach Maßgabe eines zweiten Knotens wird beschrieben. Ein Vorrichtungsaspekt der Technik umfasst eine Taktgebereinheit (110), die periodische Takte im ersten Knoten bereitstellt. Eine Peripherieeinheit (120) dekodiert Symbole eines asynchron übertragenen Telegramms vom zweiten Knoten und misst eine Anzahl (124) der Takte während der Übertragung einer Symbolfolge aufeinanderfolgender Symbole des Telegramms. Eine Korrektureinheit (130) korrigiert den Zeitparameter (115; 125) abhängig vom Verhältnis der gemessenen Anzahl (124) der Takte und der Anzahl aufeinanderfolgender Symbole in der Symbolfolge.

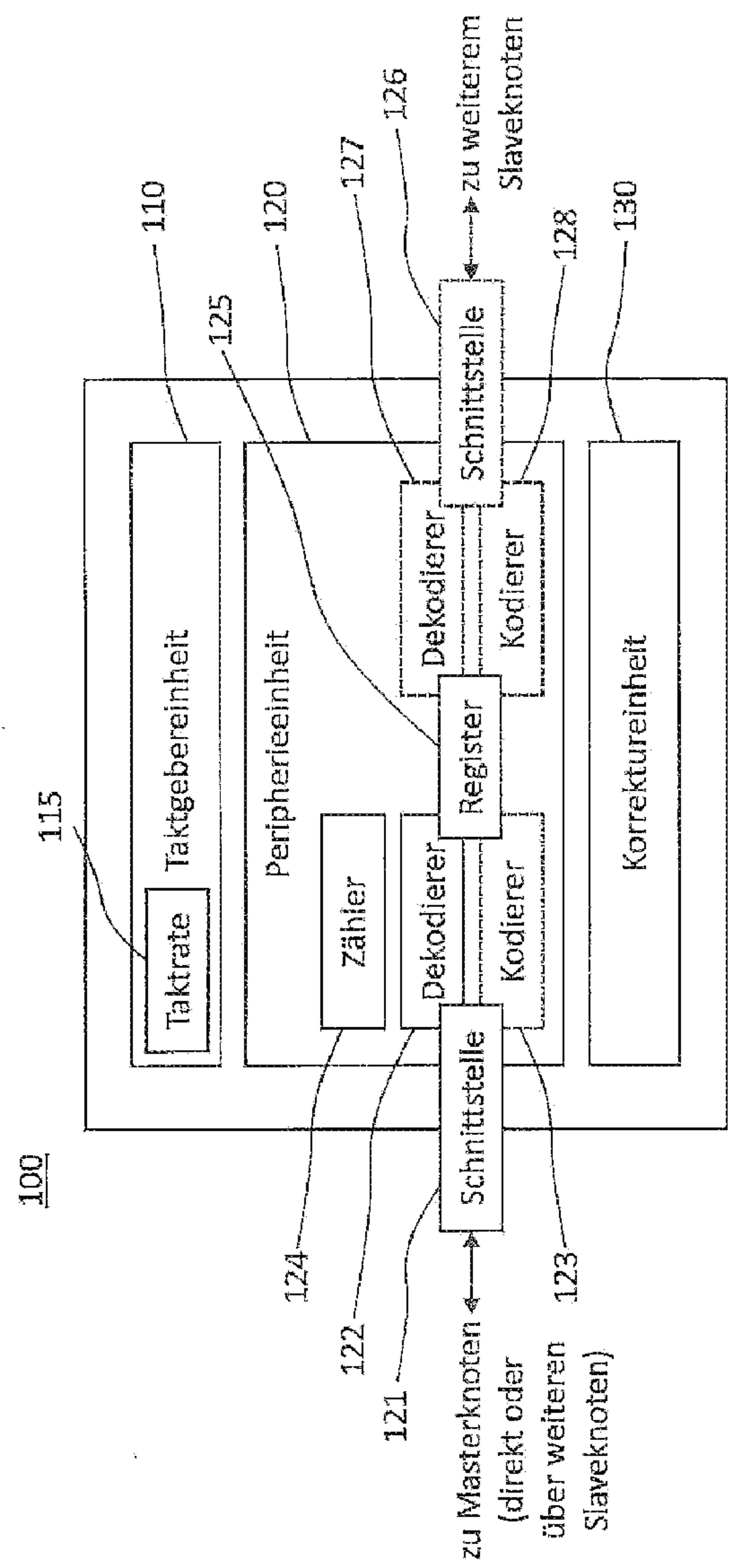


Fig. 1

Technik zur Korrektur eines Zeitparameters

Technisches Gebiet

- 5 Die Erfindung betrifft die Korrektur eines Zeitparameters in einem verbundenen Knoten. Insbesondere betrifft die Erfindung eine Vorrichtung und ein Verfahren zum Korrigieren eines Zeitparameters in einem ersten Knoten nach Maßgabe eines zweiten Knotens.

10 Stand der Technik

Die Zahl vernetzter Geräte nimmt in vielen Bereichen rasant zu. Beispielsweise werden zunehmend Geräte vernetzt, die selbst keine Benutzerschnittstelle aufweisen. Vernetzte Geräte, die zur Kommunikation auf einer höheren Schicht das Internet-
15 Protokoll (IP) nutzen, werden auch als Internet der Dinge (IoT) bezeichnet. Unabhängig von der Anwendung, dem Vorhandensein einer Benutzerschnittstelle oder der Anbindung an einen Cloud-Dienst werden vernetzte Geräte hierin als Knoten bezeichnet.

- 20 Die physikalische Schicht der Kommunikation zwischen den Knoten kann eine asynchrone Datenübertragung ohne Taktleitungen umfassen, beispielsweise für eine einfache Installation oder um bestehende 2-adrige Leitungen zu nutzen. Die asynchrone Datenübertragung ermöglicht einen Feldbus. Dadurch können Sensoren und Aktuatoren in Schaltkästen, Fertigungsanlagen und Fahrzeugen vernetzt werden. Feldbusse hierfür sind der Interbus und der Bus eines sogenannten "Controller Area Network" (CAN-Bus). Anwendungsbeispiele sind die industrielle Produktion unter der
25 Bezeichnung "Industrie 4.0" bzw. das autonome Fahren. Die asynchrone Datenübertragung ermöglicht auch Feldbusse zur Vernetzung von Verbrauchszählern oder Heizungsanlagen in Wohnhäusern zur Fernablesung und Heimautomatisierung. Für
30 Letzteres ist der Mess-Bus (auch: "Metering Bus" oder M-Bus) der Normenreihe EN13757 etabliert.

Der Begriff "asynchron" bezieht sich dabei auf das Format der Datenübertragung, beispielsweise mittels eines Startbits. Die direkt vernetzten Knoten müssen untereinander "synchron" sein im Sinne einer nach außen einheitlichen System-Symbolrate.
35 Letzteres wird hierin als Gleichgang bezeichnet, um eine begriffliche Verwechslung mit der asynchronen Datenübertragung zu vermeiden.

Um den Gleichgang bei asynchroner Datenübertragung ausgehend vom Startbit zumindest während der Übertragung eines Zeichens aufrechtzuerhalten, muss herkömmlicherweise jeder Knoten einen hinreichend genauen und stabilen Taktgeber aufweisen. Dies ist beispielsweise im Dokument US 3452330 A beschrieben. Ein solcher Taktgeber, beispielsweise ein Quarzoszillator, erhöht jedoch die Herstellungskosten und den Stromverbrauch jedes Knotens.

Um den Gleichgang der Knoten bei einer Taktung mittels leistungsärmeren Schwingkreisen aufrechtzuerhalten, werden in einem CAN-Bus Stopfbits gesendet. Diese reduzieren jedoch die Protokolleffizienz und erhöhen die Komplexität der Signalverarbeitung in jedem Knoten.

Zusammenfassung der Erfindung

Somit besteht eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung darin, eine effizientere Technik zum Gleichgang von Knoten, die asynchron Daten übertragen, anzugeben.

Diese Aufgabe wird durch eine Vorrichtung und ein Verfahren mit den Merkmalen der unabhängigen Ansprüche gelöst. Vorteilhafte Ausführungsformen und Anwendungen der Erfindung sind Gegenstand der abhängigen Ansprüche und werden in der folgenden Beschreibung unter teilweiser Bezugnahme auf die Figuren näher erläutert.

Gemäß einem Aspekt der Erfindung ist eine Vorrichtung zum Korrigieren eines Zeitparameters in einem ersten Knoten nach Maßgabe eines zweiten Knotens bereitgestellt. Die Vorrichtung umfasst eine Taktgebereinheit, die dazu ausgebildet ist, periodische Takte im ersten Knoten bereitzustellen. Die Vorrichtung umfasst ferner eine Peripherieeinheit, die dazu ausgebildet ist, Symbole eines asynchron übertragenen Telegramms vom zweiten Knoten zu dekodieren und eine Anzahl der Takte während der Übertragung einer Symbolfolge aufeinanderfolgender Symbole des Telegramms zu messen. Die Vorrichtung umfasst ferner eine Korrektureinheit, die dazu ausgebildet ist, den Zeitparameter abhängig vom Verhältnis der gemessenen Anzahl der Takte und der Anzahl aufeinanderfolgender Symbole in der Symbolfolge zu korrigieren.

35

Der Zeitparameter kann eine Taktrate der Taktgebereinheit, eine Symbolrate des Dekodierens, ein Steuerparameter zur Steuerung der Taktrate und/oder ein Steuerparameter zur Steuerung der Symbolrate sein.

- 5 Ausführungsbeispiele der Vorrichtung können einen Fehler und/oder einen Abbruch des Dekodierens bei einer (beispielsweise temperaturabhängigen) Drift des Takts der Taktgebereinheit verhindern. Beispielsweise kann eine erste Abweichung der Taktrate der Taktgebereinheit und/oder der Symbolrate des Dekodierens, die das Dekodieren noch nicht verhindert, durch das Messen des Verhältnisses bestimmt
10 und durch die Korrekturereinheit abhängig vom gemessenen Verhältnis korrigiert oder kompensiert werden. Insbesondere kann das Korrigieren des Zeitparameters die Abweichung der Taktrate und/oder der Symbolrate direkt korrigieren oder (beispielsweise vollständig oder zumindest teilweise) kompensieren.
- 15 Dieselben oder weitere Ausführungsbeispiele der Vorrichtung können aufgrund des in Reaktion auf die erste Abweichung korrigierten Zeitparameters bei einer zweiten Abweichung, die größer als die erste Abweichung ist, das weitere Dekodieren und/oder das weitere erfindungsgemäße Korrigieren ermöglichen. Ein Fehler oder Abbruch des Dekodierens kann verhindert werden. Beispielsweise kann die zweite
20 Abweichung so groß sein, dass ohne das Korrigieren des Zeitparameters in Reaktion auf die erste Abweichung das Dekodieren in Folge der zweiten Abweichung scheitern würde, wohingegen erfindungsgemäß das Dekodieren gelingt, beispielsweise da eine das Dekodieren störende Abweichung auf die Differenz zwischen der zweiten Abweichung und der ersten Abweichung begrenzt ist.
- 25 Ein Erfassen (beispielsweise ein Abtasten) des vom zweiten Knoten übertragenen Telegramms und/oder das Dekodieren der Symbole des Telegramms (beispielsweise aufgrund von Abtastwerten des Abtastens) kann von der Taktgebereinheit getaktet sein und/oder vom Zeitparameter konfiguriert sein. Sobald der Zeitparameter von der
30 Korrekturereinheit korrigiert ist, kann das Erfassen und/oder das Dekodieren gemäß dem korrigierten Zeitparameter erfolgen. Beispielsweise kann ein erstes Telegramm oder ein erstes Zeichen innerhalb des Telegramms Grundlage für das Korrigieren des Zeitparameters durch die Korrekturereinheit sein. Das heißt, die aufeinanderfolgenden Symbole in der Symbolfolge können Symbole des ersten Telegramms bzw.
35 des ersten Zeichens sein. Der korrigierte Zeitparameter kann beim Erfassen und/oder beim Dekodieren eines zweiten Telegramms (das vom zweiten Knoten un-

mittelbar nach dem ersten Telegramm übertragen wird) oder eines zweiten Zeichens des ersten Telegramms angewendet werden.

5 Dieselben oder weitere Ausführungsbeispiele der Vorrichtung können den Zeitparameter implizit nur aufgrund der asynchronen Übertragung vom zweiten Knoten zum ersten Knoten und/oder ohne eine Steuerleitung zwischen dem ersten Knoten und dem zweiten Knoten korrigieren.

10 Der Zeitparameter kann (beispielsweise direkt oder indirekt) das Dekodieren steuern oder beeinflussen. Der Zeitparameter kann ein zeitlicher Parameter des Dekodierens (Dekodierparameter) sein.

15 Der Zeitparameter kann eine Taktrate des ersten Knotens, eine Symbolrate des ersten Knotens und/oder ein Verhältnis aus Taktrate und Symbolrate (auch: Teiler) des ersten Knotens umfassen. Der Zeitparameter kann einen (beispielsweise ganzzahligen) Teiler umfassen. Die Symbolrate kann aus der Taktrate (d.h., ausgehend vom Takt der Taktgebereinheit) gemäß dem Teiler bestimmt sein. Beispielsweise gibt es im ersten Knoten nur eine Taktgebereinheit sowohl für das Messen der Anzahl der Takte als auch für das Dekodieren. Die Symbolrate kann gemäß dem Teiler ein
20 ganzzahliger Bruchteil der Taktrate sein. Beispielsweise kann die Vorrichtung einen Frequenzteiler umfassen, der die Symbolrate aus der Taktrate gemäß dem Teiler erzeugt.

25 Beispielsweise kann ein vom zweiten Knoten empfangenes Signal des Telegramms gemäß dem Takt der Taktgebereinheit vom ersten Knoten abgetastet oder unterabgetastet werden. Alternativ oder ergänzend kann das empfangene Signal gemäß der Symbolrate in die Symbole des Telegramms unterteilt werden. Alternativ oder ergänzend können Abtastwerte des empfangenen Signals gemäß dem Teiler in die Symbole des Telegramms unterteilt werden.

30 Die Symbolfolge kann kürzer als ein Zeichen innerhalb des Telegramms sein. Die herkömmliche Verwendung von Stopfbits zur Aufrechterhaltung des Gleichgangs während der Übertragung eines Zeichens kann so vermieden werden. Insbesondere kann die Protokolleffizienz verbessert werden, da Stopfbits keinem Symbol zur Übertragung von Daten (weder Steuerdaten noch Nutzdaten) entsprechen.
35

ein Abtasten des vom zweiten Knoten übertragenen Telegramms oder das Dekodieren der Symbole des Telegramms von der Taktgebereinheit getaktet ist und/oder vom Zeitparameter gesteuert ist.

- 5 Der erste Knoten kann ein Knoten (insbesondere ein Slaveknoten) in einer Kommunikationskette sein. Der erste Knoten kann innerhalb oder am Ende der Kommunikationskette angeordnet sein. Die Kommunikationskette kann mehrere Knoten umfassen, die in einer Reihe zur asynchronen Datenübertragung verbunden sind. Die Kommunikationskette kann eine sogenannte Daisy Chain sein. Der zweite Knoten
- 10 kann ein Masterknoten und/oder ein dem ersten Knoten in der Kommunikationskette vorgeschalteter Knoten sein. Der dritte Knoten kann ein weiterer Knoten (insbesondere ein weiterer Slaveknoten) und/oder ein dem ersten Knoten in der Kommunikationskette nachgeschalteter Knoten sein.
- 15 Die Peripherieeinheit kann eine erste (beispielsweise serielle) Schnittstelle zur asynchronen Übertragung des Telegramms vom zweiten Knoten und/oder eine zweite (beispielsweise serielle) Schnittstelle zur asynchronen Übertragung eines Telegramms zu einem dritten Knoten umfassen. Sowohl die erste Schnittstelle als auch die zweite Schnittstelle können von der Taktgebereinheit getaktet sein und/oder vom
- 20 korrigierten Zeitparameter gesteuert sein.

Die Peripherieeinheit kann für jede Schnittstelle jeweils einen Kodierer und/oder einen Dekodierer umfassen. Der jeweilige Kodierer und/oder Dekodierer kann dazu ausgebildet sein, die Symbole eines Zeichens eines gesendeten bzw. des empfangenen Telegramms abhängig vom Zeitparameter zu kodieren bzw. zu dekodieren.

25

Der Zeitparameter kann eine Taktrate der Taktgebereinheit umfassen. Die Korrekturereinheit kann dazu ausgebildet sein, die Taktrate der Taktgebereinheit abhängig vom Verhältnis der gemessenen Anzahl der Takte und der Anzahl aufeinanderfolgender Symbole in der Symbolfolge zu korrigieren. Die korrigierte Taktrate kann gegenüber einer Ist-Taktrate der Taktgebereinheit um den Quotienten aus einer vorbestimmten Anzahl der Takte pro Symbol und dem gemessenen Verhältnis korrigiert sein. Die vorbestimmte Anzahl der Takte pro Symbol kann dem Quotient aus der korrigierten Taktrate (oder der Soll-Taktrate) der Taktgebereinheit und der System-Symbolrate

30

35 entsprechen.

Alternativ oder zusätzlich kann der Zeitparameter eine Symbolrate (auch: Baudrate) der Peripherieeinheit umfassen. Die Korrekturereinheit kann dazu ausgebildet sein, die Symbolrate der Peripherieeinheit abhängig vom Verhältnis der gemessenen Anzahl der Takte und der Anzahl aufeinanderfolgender Symbole in der Symbolfolge zu korrigieren. Die korrigierte Symbolrate kann gegenüber einer vorbestimmten System-Symbolrate um den Quotienten aus dem gemessenen Verhältnis und einer vorbestimmten Anzahl der Takte pro Symbol korrigiert sein.

Das Signal eines Zeichens des Telegramms vom zweiten Knoten kann gemäß der Symbolrate in die Symbole des Telegramms unterteilt werden. Ein kleiner Fehler der Symbolrate, beispielsweise eine Abweichung der Symbolrate um weniger als ein halbes Symbol pro Zeichen, kann anhand eines Startsymbols und eines Stoppsymbols (oder mehrerer Stoppsymbole) des Zeichens korrigiert werden. Beispielsweise kann das Signal des jeweiligen Zeichens zwischen dem Startsymbol und dem Stoppsymbol in gleichlange Symbole unterteilt werden.

Alternativ oder zusätzlich kann der Zeitparameter einen Teiler für eine Symbolrate der Peripherieeinheit relativ zu einer Taktrate der Taktgebereinheit umfassen. Die Korrekturereinheit kann dazu ausgebildet sein, den Teiler abhängig vom Verhältnis der gemessenen Anzahl der Takte und der Anzahl aufeinanderfolgender Symbole in der Symbolfolge zu korrigieren. Der korrigierte Teiler kann gleich oder proportional dem gemessenen Verhältnis sein.

Die Symbolfolge aufeinanderfolgender Symbole des Telegramms kann sich von einer ersten fallenden (oder ersten steigenden) Flanke zu einer späteren, ersten steigenden (oder ersten fallenden) Flanke der Übertragung des Telegramms erstrecken.

Die Vorrichtung kann mittels eines Mikrocontrollers realisiert sein. Eine Prozessoreinheit, beispielsweise des Mikrocontrollers, kann die Korrekturereinheit implementieren.

Der Mikrocontroller kann die Taktgebereinheit, die Peripherieeinheit und/oder die Korrekturereinheit umfassen. Der Mikrocontroller kann ferner eine Capture-Compare-Einheit (CC-Einheit) umfassen, die mit einem empfangenen Signal des Telegramms vom zweiten Knoten beaufschlagt ist. Die CC-Einheit kann dazu ausgebildet sein, die Anzahl der Takte während der Übertragung der Symbolfolge zu messen.

Beispielsweise kann die Symbolfolge des Telegramms ausschließlich Symbole zur Übertragung von Nutzdaten umfassen. Die der Messung der Anzahl der Takte zugrundeliegende Symbolfolge des Telegramms kann sich unmittelbar an ein Startbit anschließen und ausschließlich Symbole zu Nutzdaten umfassen.

5

Die Symbolfolge des Telegramms kann kürzer als ein Zeichen des Telegramms sein. Alternativ oder zusätzlich kann die Symbolfolge des Telegramms ein Teil des ersten Zeichens des Telegramms sein.

- 10 Die Peripherieeinheit kann ferner dazu ausgebildet sein, eine Anzahl der Takte während der Übertragung eines vorbestimmten Synchronisationszeichens des Telegramms zu messen. Die Korrektureinheit kann ferner dazu ausgebildet sein, den Zeitparameter zu korrigieren abhängig vom Verhältnis der gemessenen Anzahl der Takte und einer vorbestimmten Anzahl von Symbolen im Synchronisationszeichen
- 15 und/oder abhängig von einem Quotienten der gemessenen Anzahl der Takte und einem vorbestimmten Soll-Wert der Anzahl der Takte während der Übertragung des Synchronisationszeichens. Das Synchronisationszeichen kann am Anfang des Telegramms übertragen werden.
- 20 Die Korrektur auf Grundlage des Synchronisationszeichens kann immer am Anfang der Übertragung des Telegramms durchgeführt werden und/oder falls ein Dekodieren der Symbole im Telegramm aufgrund des Fehlers oder der Abweichung des Zeitparameters nicht möglich ist. Beispielsweise kann am Anfang der Übertragung des Telegramms der Zeitparameter mittels des Synchronisationszeichens korrigiert werden.
- 25 Während der Übertragung des Telegramms kann der Zeitparameter korrigiert werden abhängig vom Verhältnis der gemessenen Anzahl der Takte und der Anzahl aufeinanderfolgender, dekodierter Symbole in der Symbolfolge.

- Gemäß einem weiteren Aspekt ist eine Anordnung von zur asynchronen Datenübertragung in Reihe (z.B. topologisch linear) verbundenen Knoten bereitgestellt. Die Anordnung umfasst einen ersten Knoten, der zur asynchronen Datenübertragung mit einem zweiten Knoten verbunden ist, und der ein Ausführungsbeispiel der Vorrichtung zum Korrigieren eines Zeitparameters im ersten Knoten nach Maßgabe des zweiten Knotens gemäß dem Vorrichtungsaspekt umfasst. Optional umfasst die Anordnung
- 30 den zweiten Knoten als Masterknoten der Anordnung. Die Anordnung umfasst ferner einen dritten Knoten, der zur asynchronen Datenübertragung mit dem ersten Knoten verbunden ist, und der ein weiteres Ausführungsbeispiel der Vorrich-
- 35

tung zum Korrigieren eines Zeitparameters im dritten Knoten nach Maßgabe des ersten Knotens gemäß dem Vorrichtungsaspekts umfasst.

Gemäß noch einem weiteren Aspekt der Erfindung ist ein Verfahren zum Korrigieren eines Zeitparameters in einem ersten Knoten nach Maßgabe eines zweiten Knotens bereitgestellt. Das Verfahren umfasst oder initiiert einen Schritt des Bereitstellens periodischer Takte (beispielsweise einen Schritt des Taktens) im ersten Knoten. Das Verfahren umfasst oder initiiert ferner einen Schritt des Dekodierens von Symbolen eines asynchron übertragenen Telegramms vom zweiten Knoten und des Messens einer Anzahl der Takte während der Übertragung einer Symbolfolge aufeinanderfolgender Symbole des Telegramms. Das Verfahren umfasst oder initiiert ferner einen Schritt des Korrigierens des Zeitparameters abhängig vom Verhältnis der gemessenen Anzahl der Takte und der Anzahl aufeinanderfolgender Symbole in der Symbolfolge.

Das Verfahren kann ferner einen jeden Schritt und ein jedes Merkmal umfassen, der bzw. das im Kontext des Vorrichtungsaspekts offenbart ist, und umgekehrt.

Kurze Beschreibung der Figuren

Die zuvor beschriebenen bevorzugten Ausführungsformen, Merkmale und Verfahrensschritte der Erfindung sind beliebig miteinander kombinierbar. Weitere Einzelheiten und Vorteile der Erfindung werden im Folgenden unter Bezug auf die beigefügten Zeichnungen beschrieben. Es zeigen:

Fig. 1 eine schematische Darstellung eines Ausführungsbeispiels einer Vorrichtung zum Korrigieren eines Zeitparameters in einem ersten Knoten nach Maßgabe eines zweiten Knotens;

Fig. 2 ein Flussdiagramm eines Ausführungsbeispiels eines Verfahrens zum Korrigieren eines Zeitparameters in einem ersten Knoten nach Maßgabe eines zweiten Knotens, das mittels der Vorrichtung der Fig. 1 ausführbar sein kann;

Fig. 3 eine schematische Darstellung einer beispielhaften Anordnung mehrerer in Reihe verbundener Knoten, die zumindest teilweise die Vorrichtung der Fig. 1 verkörpern können; und

Fig. 4 eine schematische Wiedergabe eines beispielhaften Telegramms, das von oder zu einem der Knoten übertragbar sein kann.

5 Ausführliche Beschreibung

Fig. 1 zeigt ein schematisches Blockschaltbild eines Ausführungsbeispiels einer allgemein mit Bezugszeichen 100 bezeichneten Vorrichtung zum Korrigieren eines Zeitparameters in einem ersten Knoten nach Maßgabe eines zweiten Knotens.

10

Die Vorrichtung 100 umfasst eine Taktgebereinheit 110, die periodische Takte im ersten Knoten bereitstellt. Die Vorrichtung 100 umfasst ferner eine Peripherieeinheit 120, die Symbole eines vom zweiten Knoten asynchron übertragenen Telegramms dekodieren und mittels eines Zählers 124 eine Anzahl der Takte während der Über-

15

tragung einer Symbolfolge aufeinanderfolgender Symbole des Telegramms misst. Die Vorrichtung 100 umfasst ferner eine Korrekturereinheit 130, die den Zeitparameter abhängig vom Verhältnis der gemessenen Anzahl der Takte und der Anzahl aufeinanderfolgender Symbole in der Symbolfolge 406 korrigiert.

20

Der Zeitparameter kann eine Taktrate 115 der bereitgestellten Takte oder einen Steuerparameter der Taktgebereinheit zur Steuerung der Taktrate umfassen. Alternativ oder zusätzlich kann der Zeitparameter eine Symbolrate 125 der Peripherieeinheit 120 oder einen Steuerparameter der Peripherieeinheit zur Steuerung der Symbolrate 125 umfassen. Zumindest letzteres Beispiel des Zeitparameters kann, wie in

25

Fig. 1 schematisch dargestellt, in ein Register der Peripherieeinheit 120 geschrieben sein.

Der Steuerparameter zur Steuerung der Symbolrate kann ein Teiler der Taktrate sein. Beispielsweise kann die Symbolrate die Taktrate 115 geteilt durch den Teiler

30

sein. Die Symbolrate 125 kann eine Funktion des Zeitparameters sein. Beispielsweise kann die Symbolrate der Quotient aus der Taktrate 115 und dem Teiler sein, wobei die Taktrate 115 und der Teiler jeweils Beispiele für den Zeitparameter sind.

35

Die Symbolfolge kann durch die aufeinanderfolgenden Symbole bestimmt sein. Beispielsweise kann sich die Symbolfolge von einer ersten fallenden (oder steigenden)

Flanke zu einer ersten steigenden (bzw. fallenden) Flanke in einem von der Peripherieeinheit 120 empfangenen Signal des Telegramms erstrecken.

Die Anzahl der Takte während der Symbolfolge kann in den Zähler 124 geschrieben werden. Der Zähler 124 kann beispielsweise zu Beginn des Telegramms und/oder zu Beginn der Symbolfolge auf Null gesetzt werden. Bei jedem Takt der Taktgebereinheit 110 kann der Zähler 124 um Eins inkrementiert werden. Die Korrekturereinheit 130 kann die gemessene Anzahl der Takte am Ende der Symbolfolge aus dem Zähler 124 auslesen, beispielsweise als Nenner des Verhältnisses aus der Anzahl der Takte zu der Anzahl der Symbole in der Symbolfolge.

Die Peripherieeinheit 120 umfasst ferner einen Dekodierer 122, der das Dekodieren des vom zweiten Knoten empfangenen Telegramms ausführt. Der Dekodierer 122 kann die Anzahl der aufeinanderfolgenden Symbole, die zur Symbolfolge gehören, an die Korrekturereinheit 130 ausgeben. Alternativ oder zusätzlich kann die Korrekturereinheit anhand der vom Dekodierer 122 ausgegebenen Symbole einen Anfang und/oder ein Ende der Symbolfolge und/oder die Anzahl der Symbole in der Symbolfolge bestimmen.

Optional ist die Vorrichtung 100 oder der erste Knoten zur bidirektionalen Kommunikation mit dem zweiten Knoten ausgebildet. Hierzu kann die Vorrichtung 100 oder der erste Knoten eine erste Schnittstelle 121 umfassen, die den Dekodierer 122 und ferner einen Kodierer 123 umfasst. Der Kodierer 123 ist dazu ausgebildet, die Symbole für ein Telegramm zu erzeugen, das über die erste Schnittstelle 121 an den zweiten Knoten gesendet wird.

Ferner kann die Vorrichtung 100 oder der erste Knoten über eine zweite Schnittstelle 126 mit einem dritten Knoten in asynchronem Datenaustausch stehen. Hierzu kann die Vorrichtung 100 oder der erste Knoten die zweite Schnittstelle 126 umfassen. Die zweite Schnittstellen 126 kann einen Dekodierer 127 und einen Kodierer 128 umfassen zum Empfangen bzw. Senden von Telegrammen vom bzw. an den dritten Knoten.

Der zweite Knoten kann ein Masterknoten oder ein (beispielsweise im Vergleich zum ersten Knoten höherrangiger) Slaveknoten sein, der eine System-Symbolrate allein aufgrund der asynchronen Datenübertragung dem ersten Knoten vorgibt. Der erste Knoten kann bezüglich dem zweiten Knoten ein Slaveknoten sein. Der dritte Knoten

kann ein (beispielsweise im Vergleich zum ersten Knoten niederrangiger) Slaveknoten sein.

5 Dieselbe Symbolrate 125 kann auf beide Schnittstellen 121 und 126 angewendet werden. Beispielsweise kann die Korrekturereinheit 130 den Zeitparameter abhängig vom an der ersten Schnittstelle 121 gemessenen Verhältnis korrigieren. Dadurch kann beispielsweise die Einhaltung der Symbolrate 125 auch an der zweiten Schnittstelle 126 erreicht werden. Insbesondere kann die an der ersten Schnittstelle (beispielsweise eingangsseitig, d.h., im Wege des Empfangens eines asynchron übertragenen Telegramms) vorgegebene Symbolrate (beispielsweise ausgangsseitig, d.h., im Wege des Sendens eines asynchron übertragenen Telegramms) an der
10 zweiten Schnittstelle weitergegeben werden. So kann der Masterknoten über mehrere in Reihe zur asynchronen Datenübertragung verbundene Slaveknoten eine einheitliche System-Symbolrate vorgeben.

15 Jede der beiden Schnittstellen 121 und 126 des ersten Knotens kann eine sogenannte "Universal Asynchronous Receiver Transmitter"-Schnittstelle (UART-Schnittstelle) sein.

20 Fig. 2 zeigt ein Ablaufdiagramm eines Ausführungsbeispiels eines allgemein mit Bezugszeichen 200 bezeichneten Verfahrens zum Korrigieren eines Zeitparameters in einem ersten Knoten nach Maßgabe eines zweiten Knotens.

In einem Schritt 210 werden periodische Takte im ersten Knoten bereitgestellt. Symbole eines asynchron übertragenen Telegramms vom zweiten Knoten werden in einem Schritt 220 dekodiert. Ferner wird im Schritt 220 eine Anzahl der Takte während der Übertragung einer Symbolfolge aufeinanderfolgender Symbole des Telegramms gemessen. In einem Schritt 230 wird der Zeitparameter abhängig vom Verhältnis der gemessenen Anzahl der Takte und der Anzahl aufeinanderfolgender Symbole in der
30 Symbolfolge (kurz: gemessenes Verhältnis) korrigiert.

In jedem Aspekt der Erfindung kann die Anzahl der aufeinanderfolgenden Symbole in der Symbolfolge auf Grundlage des Dekodierens bestimmt werden. Beispielsweise kann die Anzahl der aufeinanderfolgenden Symbole in der Symbolfolge als die Anzahl der dekodierten Symbole, welche der Symbolfolge zeitlich zuzuordnen sind, bestimmt werden.
35

Das Telegramm kann eine Vielzahl von Zeichen umfassen. Die Zeichen können auch als Bytes bezeichnet werden. Die Symbolrate kann auch als Baudrate bezeichnet werden. Die zu übertragenden Daten können einer Zeichenfolge aufeinanderfolgender Zeichen entsprechen. Die zu übertragenden Daten können Nutzdaten und/oder Steuerdaten umfassen. Jedes Zeichen kann eine bestimmte Anzahl von Bits umfassen, beispielsweise 4, 7, 8, 10 oder 12 Bits. Jedes Zeichen kann gemäß einem Kodierverfahren kodiert (d.h., als ein gesendetes Signal auf einer Sendeleitung ausgegeben) bzw. dekodiert (d.h., aus einem empfangenen Signal auf einer Empfangsleitung erfasst) werden. Jedes Symbol kann einem oder mehreren Bits entsprechen, beispielsweise abhängig vom Kodierverfahren.

Zur Vereinfachung wird im Folgenden ohne Beschränkung der Allgemeinheit angenommen, dass jedes Bit einem Symbol entspricht.

Bei der herkömmlichen asynchronen Datenübertragung kann es durch Temperaturdrift der Taktgebereinheit 110, d.h., der takterzeugenden Komponenten, zu Baudratenfehlern kommen, welche ab einer gewissen Abweichung zu Kommunikationsabbrüchen führen. Um dies zu verhindern ist man herkömmlicherweise gezwungen zur Takterzeugung teure Quarze einzusetzen. Ausführungsbeispiele der Erfindung können ermöglichen, auf ein Quarz in den untergeordneten Knoten (d.h., den Slaveknoten) zu verzichten.

Das Messen 220 des Verhältnisses aus Takten pro dekodiertem Symbol und/oder das Korrigieren 230 abhängig vom gemessenen Verhältnis kann von der Vorrichtung 100 im ersten Knoten (beispielsweise in einem der Slaveknoten) alle X empfangenen Telegramme ausgeführt werden, wobei X eine vorbestimmte Ganzzahl ist.

Die Korrekturereinheit kann die Symbolfolge als Teil des ersten Bytes des empfangenen Telegramms messen. Aus der Anzahl der Bits und der gemessenen Takte wird das gemessene Verhältnis, d.h., die Anzahl der Takte pro Bit (kurz: Takte/Bit) ermittelt. Das gemessene Verhältnis kann auch als Ist-Takte pro Bit (kurz: Ist-Takte/Bit) bezeichnet werden.

In einem Ausführungsbeispiel ist eine Anzahl der Soll-Takte pro Bit (kurz: Soll-Takte/Bit) vorbestimmt. Die Korrekturereinheit 130 berechnet die Differenz zwischen den Soll-Takten und Ist-Takten pro Bit, d.h.

$$\text{Abweichung} = \text{Soll-Takte/Bit} - \text{Ist-Takte/Bit}.$$

Dies ist die Abweichung in Takten pro Bit.

- 5 Um die Baudrate 125 im ersten Knoten (d.h., im Slaveknoten) zu korrigieren, geht die Korrekturereinheit 130 von der bisherigen Baudrate aus. Diese kann numerisch der System-Baudrate entsprechen, jedoch aufgrund einer Abweichung der Taktrate 115 entsprechend von der System-Baudrate abweichen. Als numerischer Wert steht somit im Register "Slave-Baudrate" vor der Korrektur der Wert der System-Baudrate.
- 10 Nach der Korrektur dieses Register-Wertes als Beispiel für den Zeitparameter steht im Register "Slave-Baudrate" der Wert

$$\begin{aligned} \text{Korrigierte Baudrate} &= \text{Systembaudrate} [1 \pm \text{Korrekturfaktor}(\text{Abweichung})] \\ &= \text{Systembaudrate} \pm \text{Korrekturrate}(\text{Abweichung}) \end{aligned}$$

15

Der Korrekturfaktor bzw. die Korrekturrate ist eine Funktion der Abweichung. Beispielsweise ist

$$\text{Korrekturfaktor}(\text{Abweichung}) = \text{Abweichung} / [\text{Soll-Takte/Bit}].$$

20

- Durch die Korrektur der Baudraten für beide Schnittstellen 121 und 126 des Slaveknotens (als Beispiel des ersten Knotens) kann der in der linearen Topologie nächste Slaveknoten (beispielsweise der erste Knoten als der nächste niederrangige Knoten nach dem zweiten Knoten) seine Baudrate an die Baudrate des vorherigen Master- oder Slaveknoten (beispielsweise des zweiten Knotens) anpassen.
- 25

- Durch die Korrektur der Baudrate 125 als Beispiel des Zeitparameters ist eine interne Anpassung realisiert, durch welche die von außen (beispielsweise an der zweiten Schnittstelle 126) beobachtbare Baudrate des jeweiligen Slaveknoten mit Anstieg seiner Temperatur bei der definierten (vorzugsweise allein durch die asynchrone Datenübertragung vom Masterknoten vorgegebenen) System-Baudrate bleibt.
- 30

- Fig. 3 zeigt schematisch eine Anordnung 300 (auch: System) mehrerer Knoten, die zur asynchronen Datenübertragung in Reihe (d.h. topologisch linear) verbunden sind.
- 35 Ein erster Knoten der Anordnung kann als Masterknoten 310 die System-Baudrate für die gesamte Anordnung 300 vorgeben, indem jeder dem Masterknoten 310 nachgeschalteter Slaveknoten 320 ein Ausführungsbeispiel der Vorrichtung 100 umfasst.

Beispielsweise umfasst der Masterknoten 310 (vorzugsweise als einziger Knoten der Anordnung 300) einen Schwingquarz 312. Mittels des Schwingquarzes 312 erzeugt der Masterknoten eine Folge von Symbolen beim Senden des Telegramms, deren
5 Symbolrate die System-Symbolrate vorgibt.

Insbesondere ist jeweils die erste Schnittstelle 121 mit dem benachbarten Knoten (d.h. dem sogenannten zweiten Knoten) verbunden, der topologisch näher am Masterknoten 310 ist als der jeweilige Knoten (d.h. der sogenannte erste Knoten). Die
10 zweite Schnittstelle 126 ist jeweils mit dem benachbarten Knoten (d.h. dem sogenannten dritten Knoten) verbunden, der topologisch weiter entfernt vom Masterknoten 310 ist als der jeweilige Knoten (d.h. der erste Knoten).

Eine solche Anordnung 300 kann auch als Daisy-Chain bezeichnet werden. Ein Telegramm, das (beispielsweise ausgehend vom Masterknoten 310) Anordnung 300 von Slaveknoten 320 zu Slaveknoten 320 durchläuft, kann auch als Daisy-Chain-Telegramm bezeichnet werden.
15

Während kostengünstigere interne Oszillatoren stark temperaturabhängig sind, können
20 Ausführungsbeispiele der Vorrichtung eine Drift der Baudrate bei Erwärmung in den Slaveknoten 320 verhindern und somit teurere Schwingquarze in den Slaveknoten einsparen.

Ein bevorzugtes Ausführungsbeispiel implementiert die Vorrichtung 100 mittels eines
25 Mikrocontrollers (der in Fig. 3 kurz als "µC" bezeichnet ist). Eine sogenannte Capture-Compare-Einheit (CC-Einheit) im Mikrocontroller kann den Zähler 124 implementieren, um das Verhältnis Takte/Bit zu messen, die Soll-Baudrate des Systems aus dem Daisy-Chain-Telegramm zu ermitteln und damit eine Temperaturdrift des internen Oszillators auszugleichen. Hierzu ist ein Signaleingang 322 der CC-Einheit
30 mit dem Signal des Telegramms vom zweiten Knoten beaufschlagt, beispielsweise indem eine Empfangsleitung (die in Fig. 3 mit "Rx" bezeichnet ist) der ersten Schnittstelle 121 mit dem Signaleingang 322 verbunden ist.

Fig. 4 zeigt schematisch den Anfang eines Signals eines Telegramms 400. Die Zeit
35 nimmt in der schematischen Darstellung der Fig. 4 von links nach rechts zu. In vertikaler Richtung ist ein Spannungspegel des Signals schematisch gezeigt.

Das Telegramm umfasst mehrere Zeichen (d.h., Bytes) 402 und 404. Die von der Peripherieeinheit 120 (beispielsweise der CC-Einheit) gemessene Symbolfolge 406 ist Teil des ersten Zeichens 402. D.h., die gemessene Symbolfolge 406 endet mit oder vor dem letzten Symbol (vorzugsweise dem letzten Datensymbol) des ersten Zeichens 402.

Beispielsweise ist der Anfang der gemessenen Symbolfolge 406 durch die erste fallende Flanke 408 im ersten Zeichen 402 des Telegramms 400 definiert, und das Ende der gemessenen Symbolfolge 406 ist durch die erste steigende Flanke 410 nach der ersten fallenden Flanke 408 definiert. Die erste fallende Flanke 408 kann einem Startbit entsprechen. Alternativ oder zusätzlich kann die erste steigende Flanke 410 nach der fallenden Flanke 408 vor einem Stoppbit 412 (oder vor mehreren Stoppbits) des ersten Zeichens 412 sein. Jedes Zeichen 402 und 404 kann jeweils durch Start- und Stoppbits eingerahmt sein.

Eine Implementierung des Verfahrens 200 kann alle X empfangenen Telegramme 400 (d.h., nach jeweils X empfangenen Telegrammen 400) die Anzahl der Takte in der Symbolfolge 406 gemäß dem Schritt 220 messen, beispielsweise indem die CC-Einheit im Slaveknoten 320 aktivieren wird. Die CC-Einheit im Slaveknoten 320 misst die Takte von fallender Flanke 408 bis zur steigenden Flanke 410 des ersten empfangenen Bytes 402.

Die Peripherieeinheit 120 des Slaveknotens 320 dekodiert gemäß dem Schritt 220 die Symbole (d.h., die Bits) des ersten Bytes 402. Mit anderen Worten, der Slaveknoten 320 wertet das erste auf seiner Empfangsleitung eingetroffene Byte 402 aus und ermittelt wie viele Symbole (d.h., Bits) von der Symbolfolge 406 (d.h., von der CC-Messung im Schritt 220) umfasst wurden. Aus der Anzahl der Bits und der gemessenen Anzahl der Takte (auch: CC-Takte) kann das Verhältnis der CC-Takte pro Bit (auch: CC-Takte/Bit) berechnet werden. Dieses Verhältnis ist das gemessene Verhältnis oder Ist-Verhältnis (kurz: Ist-Takte/Bit).

In einer ersten Variante des Ausführungsbeispiels wird die Symbolrate 125 des Slaveknoten 320 durch den Teiler bezüglich der Taktrate 115 gesteuert. Der Teiler ist ein Beispiel des Zeitparameters. In der ersten Variante kann das gemessene Verhältnis als der korrigierte Teiler gesetzt werden, beispielsweise indem das gemessene Verhältnis in das entsprechende Register zur Steuerung der Symbolrate 125 geschrieben wird.

In einer zweiten Variante des Ausführungsbeispiels ist in der Korrekturereinheit 130 des Slaveknoten 320 die Anzahl der Soll-Takte pro Bit (kurz: Soll-Takte/Bit), d.h., der Soll-Wert des Verhältnisses, als eine Konstante vorgegeben. Der Soll-Wert des Verhältnisses kann aus dem Quotienten einer Soll-Taktrate (beispielsweise CC_Clock) und der System-Baudrate berechnet werden. Ein numerisches Beispiel hierfür ist:

$$\text{CC_Clock/Baudrate} = 48.000.000 \text{ Takte} / 312,5 \text{ kBd} = 153,6 \text{ Takte/Bit.}$$

Die Abweichung des im Schritt 220 gemessenen Verhältnisses vom vorgegebenen Soll-Wert des Verhältnisses wird als Takt_pro_Bit_Differenz berechnet:

$$\text{Takt_pro_Bit_Differenz} = \text{Soll-Takte/Bit} - \text{Ist-Takte/Bit},$$

d.h., die Abweichung in Takten pro Bit.

Die Korrekturereinheit 130 korrigiert im Schritt 230 die numerische Baudrate 125 im Slaveknoten 320 als Beispiel des Zeitparameters. Vor der Korrektur ist die numerische Baudrate 125, beispielsweise der Wert "Slave_Baud" im entsprechenden Register der Schnittstellen 121 und 126, gleich der System-Baudrate. Die korrigierte numerische Baudrate ist

$$\text{Slave_Baud} = \text{Systembaudrate} \pm \text{Korrekturfaktor}(\text{Takt_pro_Bit_Differenz})$$

Durch die Korrektur der Baudraten, für beide Slave-UARTs 121 und 126, kann der nächste Slaveknoten (d.h., der dritte Knoten) seine Baudrate an die Baudrate des vorherigen Slaveknotens (d.h., des ersten Knotens) anpassen.

Durch die interne Anpassung bleibt die Baudrate des Slaveknotens mit Anstieg seiner Temperatur auf der definierten System-Baudrate, die von außen beobachtbar ist.

Wie anhand vorstehender Ausführungsbeispiele und deren Varianten aufgezeigt, kann die Vorrichtung 100 in jedem System (insbesondere in jeder Anordnung 300) implementiert werden, das eine definierte System-Symbolrate (d.h., eine Soll-Baudrate) aufweist. Ein numerisches Beispiel für die System-Symbolrate ist 312,5 kBd = 312.500 Bd, wobei Bd für die Einheit Baud steht, also Symbole pro Sekunde (beispielsweise Bit pro Sekunde).

Vorzugsweise kann im Schritt 220 das Messen der Anzahl der Takte innerhalb der Symbolfolge 406 in jedem Slaveknoten mittels einer Capture-Compare-Einheit ausgeführt werden, die beispielsweise die Anzahl der Takte zwischen Flankenwechseln des Signals des empfangenen Telegramms misst.

Alternativ oder ergänzend zu jedem Ausführungsbeispiel und jeder Variante kann mindestens eine der folgenden Möglichkeiten umgesetzt sein. Eine erste Umsetzungsmöglichkeit verzichtet auf den Schwingquarz 312 im Masterknoten 310. Beispielsweise kann die Technik umgesetzt werden mit einem Masterknoten, der seinerseits als Slave in ein übergeordnetes System einbindbar ist. Hierzu ist der Masterknoten 310 optional mit einem Ausführungsbeispiel der Vorrichtung 100 ausgestattet, das die Symbolrate des Masterknotens an das übergeordnete System anpasst, beispielsweise ohne dass das übergeordnete System einen Master-Slave-Mechanismus unterstützt.

Die beschriebene Implementierung des Verfahrens 200 wertet für das Messen der Anzahl der Takte in der Symbolfolge 406 mittels des Zählers 124 (beispielsweise mittels der Capture-Compare-Einheit) den Inhalt des empfangenen Bytes 402 aus (d.h., das Byte 402 wird dekodiert). Dies setzt voraus, dass dieses Byte 402 noch dekodierbar (d.h., empfangbar) ist, d.h., die bis dahin entstandene Abweichung (oder der bestehende Fehler) der Symbolrate liegt noch unter einer Schwelle eines Dekodierfehlers (d.h., einer Schwelle der Nicht-Empfangbarkeit). Alternativ oder ergänzend vermeidet eine zweite Umsetzungsmöglichkeit diese Einschränkung (beispielsweise eine Einschränkung an die Volatilität der Taktrate 115), indem ein Synchronisationszeichens 402 (beispielsweise ein im Kommunikationsprotokoll vorgeschriebenes Synchronisationsbyte) am Anfang des Telegramms 400 übertragen wird, so dass das gemessene Verhältnis nicht aus den dekodierten Symbolen der empfangenen Nutzdaten ermittelt werden muss, und damit vom erfolgreichen Empfang (d.h., dem erfolgreichen Dekodieren) einer Symbolfolge 406 unabhängig ist. Damit kann eine Volatilität der Taktrate 115 (beispielsweise eine sprunghafte Abweichung der Taktrate 115) oder ein Driftbereich der Taktrate 115, welche bzw. welcher weiterhin die Aufrechterhaltung des Gleichgangs für die asynchrone Datenübertragung gestattet, weiter vergrößert werden. Hierfür kann eine Vergrößerung der Telegrammlänge um das Synchronisationszeichen in Kauf genommen werden.

Die Anzahl der Takte während der Übertragung des vorbestimmten Synchronisationszeichens des Telegramms 400 kann mittels der CC-Einheit 124 gemessen werden. Das Verhältnis der gemessenen Anzahl 124 der Takte und einer vorbestimmten Anzahl von Symbolen im Synchronisationszeichen ergibt das gemessene Verhältnis, das Grundlage für die Korrektur des Zeitparameters ist, beispielsweise ohne dass Symbole des Synchronisationszeichens dekodiert werden oder dekodierbar sind. In einer Variante der zweiten Umsetzungsmöglichkeit wird ein Quotienten aus der gemessenen Anzahl 124 der Takte und einem vorbestimmten Soll-Wert der Anzahl der Takte während der Übertragung des Synchronisationszeichens bestimmt. Die numerische Symbolrate 125 oder der entsprechende Teiler können um diesen Quotienten korrigiert werden. Alternativ kann die Taktrate 115 um den Kehrwert dieses Quotienten korrigiert werden.

Eine dritte Umsetzungsmöglichkeit kann alternativ oder zusätzlich zur Korrektur der numerischen Baudrate 125 oder des entsprechenden Teilers (als Beispiele des Zeitparameters) die interne Takterzeugung mittels der Taktgebereinheit 110 korrigieren (d.h. kalibrieren). Mit anderen Worten, die Taktrate 115 (als weiteres Beispiel des Zeitparameters) kann korrigiert werden.

Das Messen 220 der Anzahl der Takte in der Symbolfolge 406 kann durch die fallenden und steigenden Flanken ausgelöst und beendet werden. Beispielsweise kann die Flankenänderung einen Hardwareinterrupt auslösen, der eine entsprechende Messroutine startet bzw. beendet. Beispielsweise wird eine Uhr (beispielsweise ein CC-Timer) der Peripherieeinheit 120 (beispielsweise der CC-Einheit) durch die Signalebeaufschlagung 322 gestartet bzw. gestoppt, wobei die Uhr ein Zähler 124 ist, der mit jedem Takt der Taktgebereinheit 110 inkrementiert wird. Eine vierte Umsetzungsmöglichkeit implementiert das Messen 220 der Anzahl der Takte in der Symbolfolge 406 durch Abfragen oder Abtasten des empfangenen Signals an der ersten Schnittstelle 121, z.B. durch eine zyklische Abfrage, d.h., durch ein sogenanntes Polling. Bei Erfassung einer entsprechenden Flankenänderung in der zyklischen Abfrage kann der Zähler 124 gestartet bzw. gestoppt werden.

Obwohl die Erfindung in Bezug auf exemplarische Ausführungsbeispiele beschrieben worden ist, ist es für einen Fachmann ersichtlich, dass verschiedene Änderungen vorgenommen werden können und Äquivalente als Ersatz verwendet werden können. Ferner können viele Modifikationen vorgenommen werden, um eine bestimmte Situation, eine bestimmte Topologie der asynchronen Datenübertragung und/oder

ein bestimmtes Kommunikationsprotokoll an die Lehre der Erfindung anzupassen. Folglich ist die Erfindung nicht auf die offenbarten Ausführungsbeispiele beschränkt, sondern umfasst alle Ausführungsbeispiele, die in den Bereich der beigefügten Patentansprüche fallen.

Bezugszeichenliste

	100	Vorrichtung zum Korrigieren eines Zeitparameters
	110	Taktgebereinheit
5	115	Zeitparameter der Taktgebereinheit, insbesondere Taktrate oder Steuerparameter der Taktrate
	120	Peripherieeinheit
	121	Erste serielle Schnittstelle
	122	Dekodierer der ersten Schnittstelle
10	123	Kodierer der ersten Schnittstelle
	124	Zähler, insbesondere Capture-Compare-Einheit
	125	Zeitparameter der Peripherieeinheit, insbesondere Register für Symbolrate oder Steuerparameter der Symbolrate
	126	Zweite serielle Schnittstelle
15	127	Dekodierer der zweiten Schnittstelle
	128	Kodierer der zweiten Schnittstelle
	130	Korrekturereinheit
	200	Verfahren zum Korrigieren eines Zeitparameters
	210	Schritt des Taktens
20	220	Schritt des Dekodierens und Messens
	230	Schritt des Korrigierens
	300	Anordnung in Reihe verbundener Knoten
	310	Masterknoten
	312	Oszillator, insbesondere Quarzoszillator mit einem Schwingquarz
25	320	Slaveknoten
	322	Signal-Beaufschlagung einer Capture-Compare-Einheit
	400	Telegramm
	402	Erstes Zeichen des Telegramms
	404	Zweites Zeichen des Telegramms
30	406	Symbolfolge
	408	Erste fallende Flanke des Telegramms, beispielsweise Startbit des ersten Zeichens des Telegramms
	410	Erste steigende Flanke des Telegramms
	412	Stoppbit des ersten Zeichens des Telegramms

Patentansprüche

1. Vorrichtung (100) zum Korrigieren eines Zeitparameters (115; 125) in einem ersten Knoten (320) nach Maßgabe eines zweiten Knotens (310; 320), umfassend:
 - 5 eine Taktgebereinheit (110), die dazu ausgebildet ist, periodische Takte im ersten Knoten (320) bereitzustellen;
 - eine Peripherieeinheit (120), die dazu ausgebildet ist, Symbole eines asynchron übertragenen Telegramms (400) vom zweiten Knoten (310; 320) zu dekodieren und eine Anzahl (124) der Takte während der Übertragung einer
 - 10 Symbolfolge (406) aufeinanderfolgender Symbole des Telegramms (400) zu messen; und
 - eine Korrektureinheit (130), die dazu ausgebildet ist, den Zeitparameter (115; 125) abhängig vom Verhältnis der gemessenen Anzahl (124) der Takte und der Anzahl aufeinanderfolgender Symbole in der Symbolfolge (406) zu korrigieren.
- 15 2. Vorrichtung nach Anspruch 1, wobei der Zeitparameter (115; 125) eine Taktrate (115) der Taktgebereinheit (110), eine Symbolrate (125) des Dekodierens, ein Parameter zur Steuerung der Taktrate (115) oder ein Parameter zur Steuerung der Symbolrate (125) umfasst.
- 20 3. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, wobei ein Abtasten des vom zweiten Knoten übertragenen Telegramms (400) oder das Dekodieren der Symbole des Telegramms (400) von der Taktgebereinheit (110) getaktet ist und/oder vom Zeitparameter gesteuert ist.
- 25 4. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, wobei die Peripherieeinheit (120) eine erste serielle Schnittstelle (121) zur asynchronen Übertragung des Telegramms (400) vom zweiten Knoten (310; 320) und eine zweite serielle Schnittstelle (126) zur asynchronen Übertragung eines Telegramms (400) zu einem
- 30 dritten Knoten (310; 320) umfasst, und wobei sowohl die erste Schnittstelle (121) als auch die zweite Schnittstelle (126) von der Taktgebereinheit (110) getaktet ist und/oder vom korrigierten Zeitparameter (115; 125) gesteuert ist.
5. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, wobei der Zeitparameter (115; 125) eine Taktrate (115) der Taktgebereinheit (110) umfasst, und die Korrektureinheit (130) dazu ausgebildet ist, die Taktrate (115) der Taktgebereinheit (110) abhängig vom Verhältnis der gemessenen Anzahl (124) der Takte und der Anzahl aufeinanderfolgender Symbole in der Symbolfolge (406) zu korrigieren.
- 35

6. Vorrichtung nach Anspruch 5, wobei die korrigierte Taktrate (115) gegenüber einer Ist-Taktrate der Taktgebereinheit (110) um den Quotienten aus einer vorbestimmten Anzahl der Takte pro Symbol und dem gemessenen Verhältnis korrigiert ist.

5

7. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 6, wobei der Zeitparameter (115; 125) eine Symbolrate (125) der Peripherieeinheit (120) umfasst, und die Korrektureinheit (130) dazu ausgebildet ist, die Symbolrate (125) der Peripherieeinheit (120) abhängig vom Verhältnis der gemessenen Anzahl (124) der Takte und der Anzahl aufeinanderfolgender Symbole in der Symbolfolge zu korrigieren.

10

8. Vorrichtung nach Anspruch 7, wobei die korrigierte Symbolrate (125) gegenüber einer vorbestimmten System-Symbolrate um den Quotienten aus dem gemessenen Verhältnis und einer vorbestimmten Anzahl der Takte pro Symbol korrigiert ist.

15

9. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 8, wobei der Zeitparameter (115; 125) einen Teiler für eine Symbolrate (125) der Peripherieeinheit (120) relativ zu einer Taktrate (115) der Taktgebereinheit (110) umfasst, und die Korrektureinheit (130) dazu ausgebildet ist, den Teiler (125) abhängig vom Verhältnis der gemessenen Anzahl (124) der Takte und der Anzahl aufeinanderfolgender Symbole in der Symbolfolge zu korrigieren.

20

10. Vorrichtung nach Anspruch 9, wobei der korrigierte Teiler gleich oder proportional zu dem gemessenen Verhältnis ist.

25

11. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 10, wobei sich die Symbolfolge (406) aufeinanderfolgender Symbole des Telegramms (400) von einer ersten fallenden Flanke zu einer ersten steigenden Flanke der Übertragung des Telegramms (400) erstreckt.

30

12. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 11, wobei ein Mikrocontroller die Taktgebereinheit (110), die Peripherieeinheit (120) und die Korrektureinheit (130) umfasst, und wobei der Mikrocontroller ferner eine Capture-Compare-Einheit umfasst, die mit einem empfangenen Signal des Telegramms (400) vom zweiten Knoten (310; 320) beaufschlagt ist und die dazu ausgebildet ist, die Anzahl (124) der Takte während der Übertragung der Symbolfolge (406) zu messen.

35

13. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 12, wobei die Symbolfolge (406) des Telegramms (400) ausschließlich Symbole zur Übertragung von Nutzdaten umfasst.

5 14. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 13, wobei die Symbolfolge (406) des Telegramms (400) kürzer als ein Zeichen (402; 404) des Telegramms (400) ist und/oder Teil des ersten Zeichens (402) des Telegramms (400) ist.

10 15. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 14, wobei die Peripherieeinheit (120) ferner dazu ausgebildet ist, eine Anzahl (124) der Takte während der Übertragung eines vorbestimmten Synchronisationszeichens des Telegramms (400) zu messen, und wobei die Korrektureinheit (130) ferner dazu ausgebildet ist, den Zeitparameter (115; 125) zu korrigieren abhängig vom Verhältnis der gemessenen Anzahl (124) der Takte und einer vorbestimmten Anzahl von Symbolen im
15 Synchronisationszeichen und/oder abhängig von einem Quotienten der gemessenen Anzahl (124) der Takte und einem vorbestimmten Soll-Wert der Anzahl der Takte während der Übertragung des Synchronisationszeichens.

20 16. Verfahren (200) zum Korrigieren eines Zeitparameters (115; 125) in einem ersten Knoten (320) nach Maßgabe eines zweiten Knotens (310; 320), wobei das Verfahren (200) die folgenden Schritte umfasst oder initiiert:

Bereitstellen (210) periodischer Takte im ersten Knoten (320);

25 Dekodieren (220) von Symbolen eines asynchron übertragenen Telegramms (400) vom zweiten Knoten (310; 320) und Messen einer Anzahl (124) der Takte während der Übertragung einer Symbolfolge (406) aufeinanderfolgender Symbole des Telegramms (400); und

Korrigieren (230) des Zeitparameters (115; 125) abhängig vom Verhältnis der gemessenen Anzahl (124) der Takte und der Anzahl aufeinanderfolgender Symbole in der Symbolfolge (406).

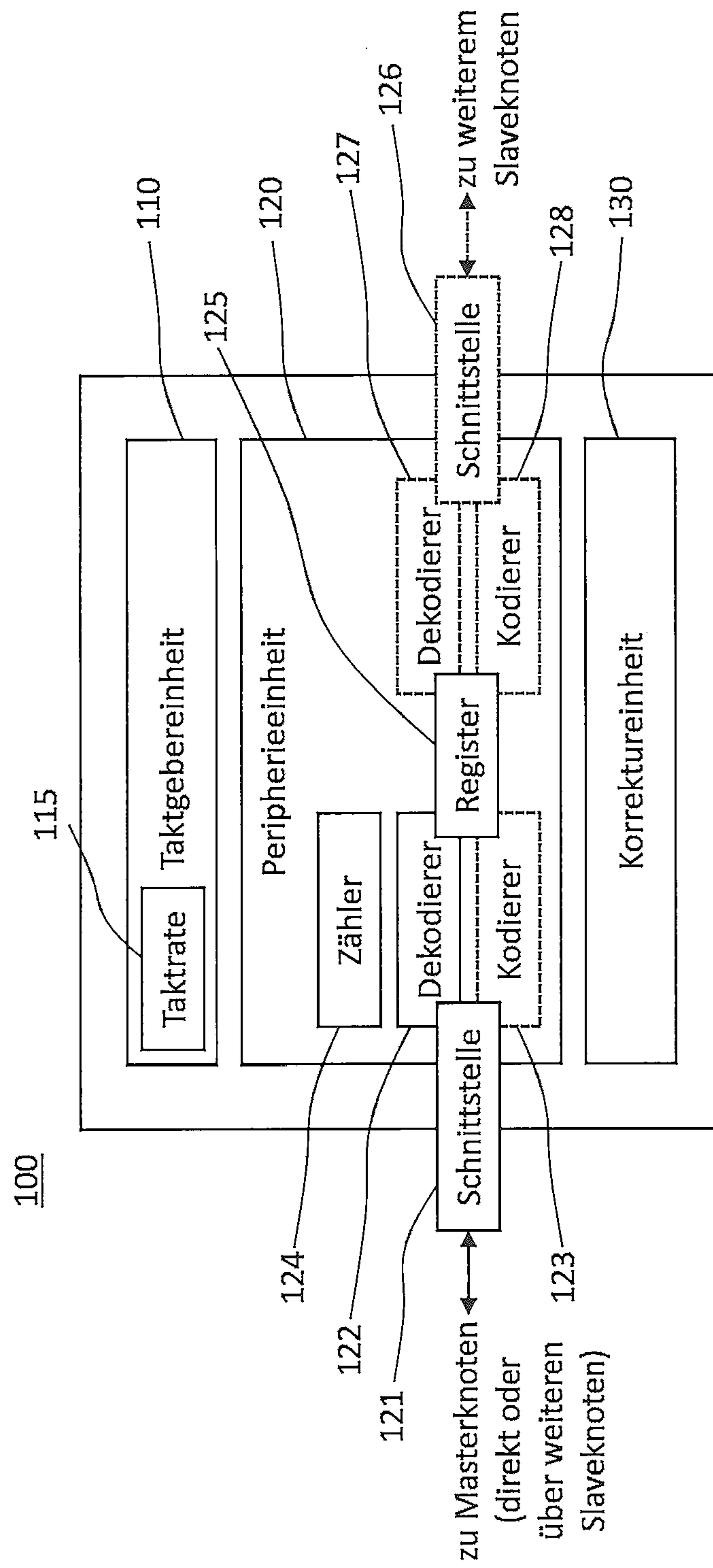


Fig. 1

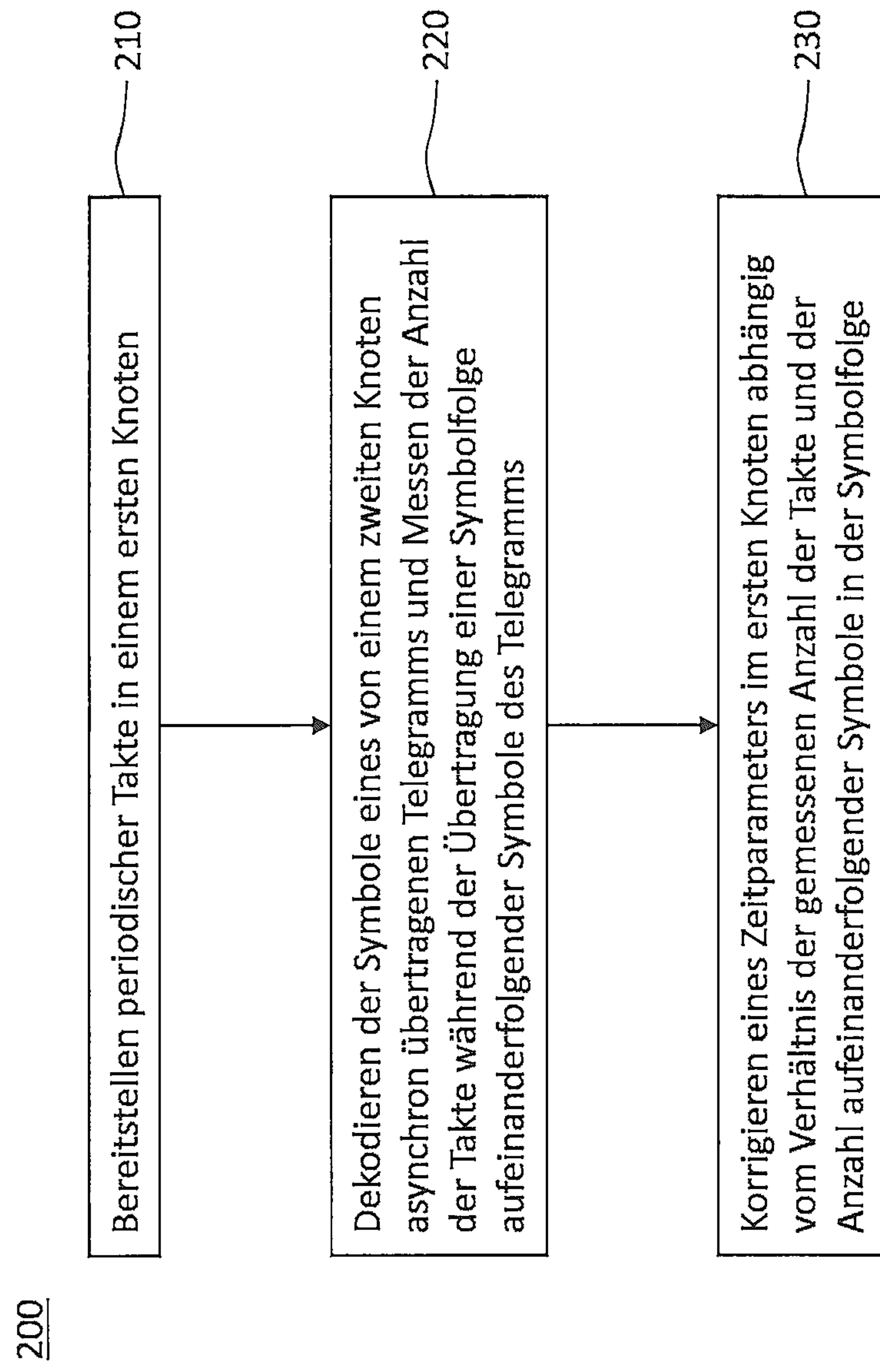


Fig. 2

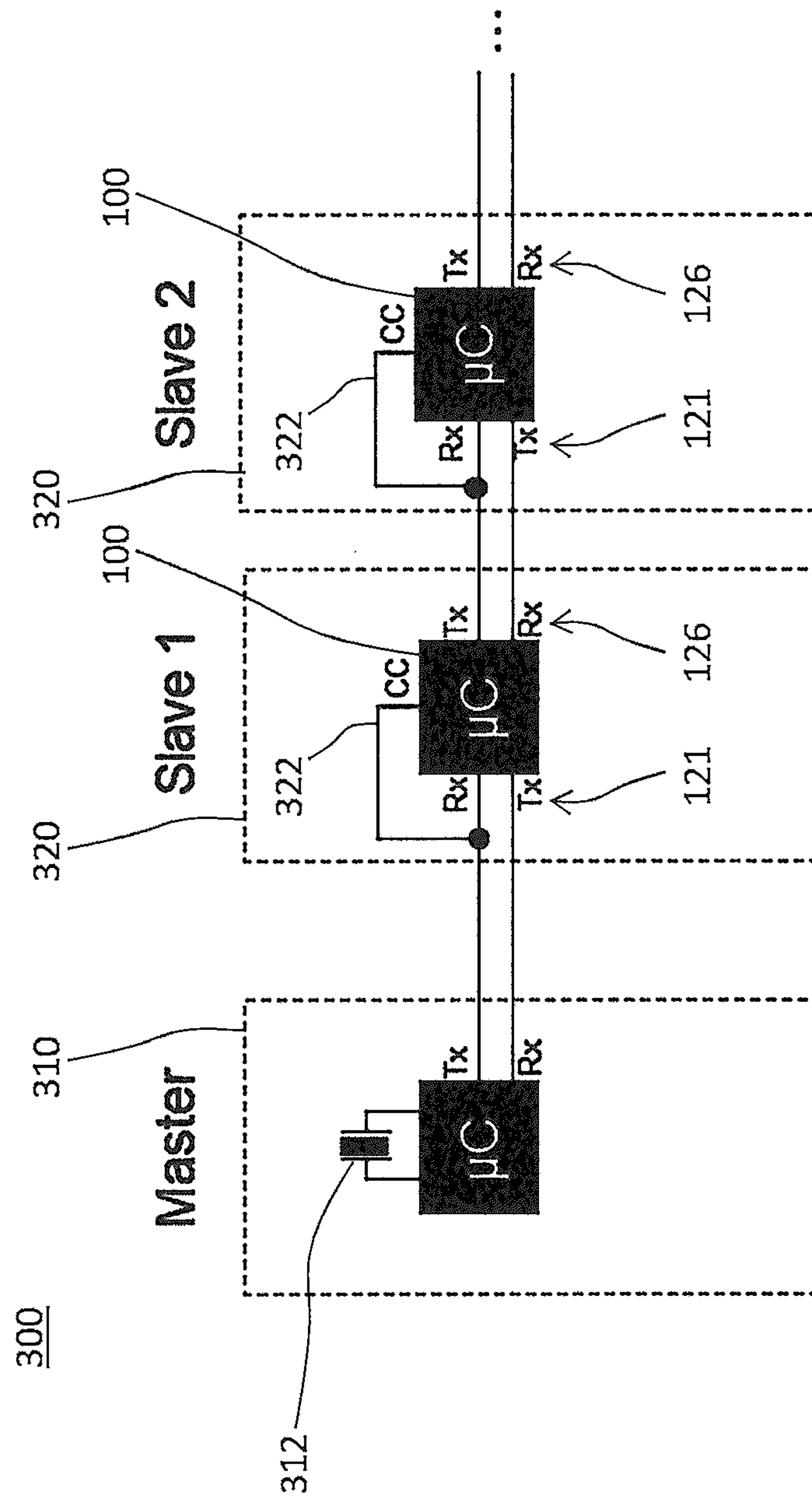


Fig. 3

400

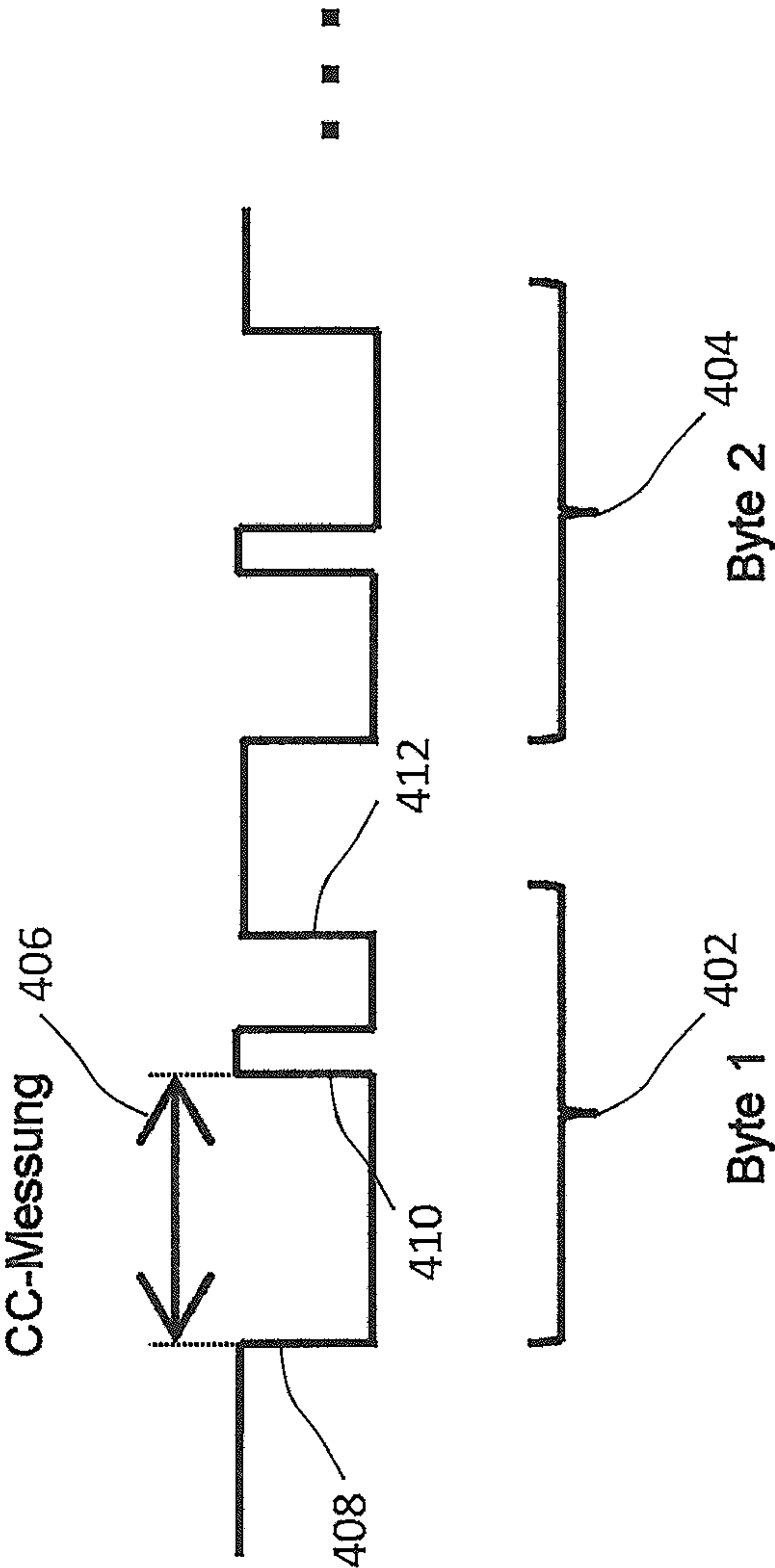


Fig. 4