



(12)

Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: 10 2018 009 818.5

(51) Int Cl.: **H04L 7/04** (2006.01)

(22) Anmeldetag: 14.12.2018

(43) Offenlegungstag: 18.06.2020

(71) Anmelder:

Diehl Metering S.A.S., Saint-Louis, FR; Diehl
Metering Systems GmbH, 90451 Nürnberg, DE

(72) Erfinder:

Schmidt, Achim, 91367 Weißenhohe, DE; Kauppert,
Thomas, 90455 Nürnberg, DE; Joppich-Dohlus,
Petra, 91080 Marloffstein, DE; Schmitz, Stefan,
90455 Nürnberg, DE; Sosna, Christoph, 90429
Nürnberg, DE; Bach, Guy, Waldighoffen, FR;
Breton, Aster, Mulhouse, FR; Gottschalk, Klaus,
90610 Winkelhaid, DE

(74) Vertreter:

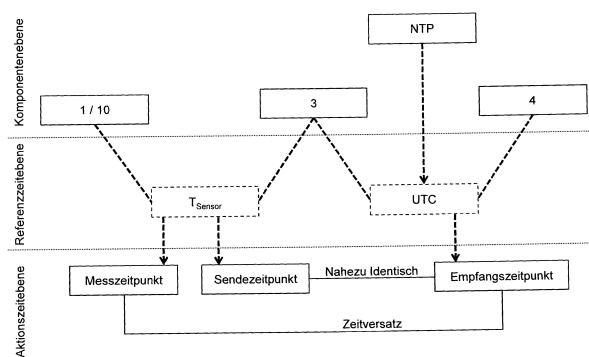
derzeit kein Vertreter bestellt

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen.

(54) Bezeichnung: Verfahren zum Sammeln von Daten sowie Sensor, Datensammler und Versorgungsnetz

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Sammeln von Daten, vorzugsweise Daten in Zusammenhang mit einem Verbrauch, einem physikalischen oder physikalisch-chemischen Parameter und/oder einem Betriebszustand im Rahmen eines Betriebs eines lokalen Sensors (1), vorzugsweise eines Sensors (1) für einen Verbrauchszähler (10), als Bestandteil eines mindestens einen lokalen Sensor (1) vorzugsweise eine Mehrzahl von lokalen Sensoren (1) umfassendes Versorgungsnetzes zur Verteilung eines Verbrauchsguts, wobei der Sensor (1) ein Messelement (9) enthält, das Messelement (9) des jeweiligen Sensors (1) elementare Messeinheiten, die mindestens einer physikalischen oder physikalisch-chemischen Größe oder mindestens eines physikalischen oder physikalisch-chemischen Parameters entsprechen, als Rohmessdaten liefert, und der Sensor (1) Funk-Kommunikationsmittel (2) sowie Speichermittel (7) umfasst, wobei zur Festlegung der Messauflösung des Sensors (1) die Bedingungen für ein Generieren von Zeitstempelungen (TS) unter Anwendung eines Korrelierungsmodells vorher festgelegt werden, auf der Basis des Korrelierungsmodells Zeitstempelungen (TS) von aufeinanderfolgenden Rohmessdaten in dem Sensor (1) generiert werden, die Zeitstempelungen (TS) über eine drahtgebundene Verbindung und/oder über eine Funkstrecke übertragen werden, so dass auf Basis der Zeitstempelungen (TS) unter Anwendung des Korrelierungsmodells die vom Messelement (9) erfassten Rohmessdaten rekonstruiert und ausgewertet ...



Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft zum einen ein Verfahren zum Sammeln von Daten gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 1, einen Sensor gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 33, einen Datensammler gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 34 sowie ein Versorgungsnetz gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 35.

Technologischer Hintergrund

[0002] Verbrauchszähler sind Bestandteil von Versorgungsnetzen zur Verteilung von Verbrauchsgütern, wie z.B. Gas, Wasser, Wärme oder Elektrizität, und dienen dazu Verbrauchsdaten zu generieren. Verbrauchsdaten werden auf der Basis von einem Messelement eines Sensors gelieferten Rohmessdaten von einem zählerseitigen Mikroprozessor errechnet und über ein Kommunikationssystem in Form eines BUS-Systems, insbesondere eines sogenannten M-BUS-Systems an eine zentrale Datenverwaltung (Head-End-System) weitergeleitet. Bei den Daten handelt es sich vor allem um den aktuellen Verbrauch, d.h. den Zählerstand.

[0003] Hierbei werden Rohmessdaten von dem Messelement eines Sensors des Verbrauchszählers zu vorbestimmten vorgegebenen Zeitpunkten generiert, von einem Mikroprozessor des Verbrauchszählers ausgewertet d. h. in Verbrauchsdaten umgerechnet und die daraus resultierenden Verbrauchsdaten anschließend über eine primäre Kommunikationsstrecke von einer Lese- bzw. Empfangseinrichtung (M-BUS-Master bzw. Konzentrator oder Datensammler) zu festgelegten Zeitpunkten an den einzelnen lokal angeordneten Verbrauchszählern abgefragt. Anschließend werden die Verbrauchsdaten von der Lese- bzw. Empfangseinrichtung über eine tertiäre Kommunikationsstrecke, beispielsweise auf Basis von LAN, GPRS, 3G, LTE, weiter zu einem Head-End-System übertragen. Die Verbrauchsdaten können dann im Head-End angezeigt oder zur Rechnungsstellung verwendet werden. Die bisherige Konzeption der Verbrauchsdatenerfassung ist sowohl in ihrer Informationstiefe als auch in ihrem Informationsumfang begrenzt.

Aufgabe der vorliegenden Erfindung

[0004] Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht darin, ein gattungsgemäßes Verfahren zum Sammeln und/oder Weiterleiten von Daten sowie einen hierfür einzusetzenden Sensor jeweils mit gesteigertem Informationsinhalt zur Verfügung zu stellen.

Lösung der Aufgabe

[0005] Die vorstehende Aufgabe wird durch die Merkmale des Anspruchs 1 gelöst, durch einen Sen-

sor gemäß Anspruch 33, einen Datensammler gemäß Anspruch 34 sowie durch ein Versorgungsnetz gemäß Anspruch 35. Zweckmäßige Ausgestaltungen des erfindungsgemäßen Verfahrens werden in den Unteransprüchen beansprucht.

[0006] Erfindungsgemäß ist ein Verfahren zum Sammeln von Daten vorgesehen, vorzugsweise Daten in Zusammenhang mit einem Verbrauch, einem physikalischen oder physikalisch-chemischen Parameter und/oder einem Betriebszustand im Rahmen eines Betriebs eines lokalen Sensors, vorzugsweise eines Sensors für einen Verbrauchszähler, als Bestandteil eines mindestens einen lokalen Sensor vorzugsweise eine Mehrzahl von lokalen Sensoren umfassendes Versorgungsnetzes zur Verteilung eines Verbrauchsguts, wobei der Sensor ein Messelement enthält, das Messelement des jeweiligen Sensors elementare Messeinheiten, die mindestens einer physikalischen oder physikalisch-chemischen Größe oder mindestens eines physikalischen oder physikalisch-chemischen Parameters entsprechen, als Rohmessdaten liefert, und der Sensor Funk-Kommunikationsmittel sowie Speichermittel umfasst, dadurch gekennzeichnet, dass zur Festlegung der Messauflösung des Sensors die Bedingungen für ein Generieren von Zeitstempelungen unter Anwendung eines Korrelierungsmodells vorher festgelegt werden, auf der Basis des Korrelierungsmodells Zeitsstempelungen von aufeinanderfolgenden Rohmessdaten in dem Sensor generiert werden, die Zeitsstempelungen über eine drahtgebundene Verbindung und/oder über eine Funkstrecke übertragen werden, so dass auf Basis der Zeitstempelungen unter Anwendung des Korrelierungsmodells die vom Messelement erfassten Rohmessdaten rekonstruiert und ausgewertet werden, wobei der zeitliche Versatz zwischen einem Sensor und einem Empfänger korrigiert wird, indem zur Kompensation des zeitlichen Versatzes Telegramme gesendet werden.

[0007] Erfindungsgemäß werden zur Festlegung der Messauflösung des Sensors die Bedingungen für ein Generieren von Zeitstempelungen unter Anwendung eines Korrelierungsmodells vorher festgelegt. Auf der Basis des Korrelierungsmodells werden Zeitstempelungen von aufeinanderfolgenden Rohmessdaten in dem Sensor generiert und in den Speichermitteln abgelegt. Anschließend werden lediglich die den erfasssten Rohmessdaten zugeordneten Zeitstempelungen über die primäre Kommunikationsstrecke übertragen, so dass auf Basis der bei dem Master ankommenden Zeitstempelungen unter Anwendung des Korrelierungsmodells die vom Messelement erfassten Rohmessdaten nach erfolgter Übertragung wieder rekonstruiert und ausgewertet werden können. Hierdurch entfallen rechenaufwendige und deshalb energieintensive Rechenoperationen im Bereich des lokalen Sensors. Rechenaufwendige und energieintensive Rechenoperationen können somit in den Bereich

des Masters oder eines Head-Ends verlagert werden. Das erfindungsgemäße Verfahren ermöglicht es, Zeitstempelungen von Rohmessdaten in einem fortlaufenden, vollständigen und konsistenten Zeitzusammenhang, also lückenlos, insbesondere im Bereich einer entfernten zentralen Verarbeitungsanlage bzw. einem Head-End-System bereitzustellen. Die aus den Zeitstempelungen rekonstruierten Rohmessdaten können dem Zeitverlauf kontinuierlich zugeordnet werden, d.h. bilden einen Realzeit-Verlauf ab, der diskontinuierliche Lücken oder Datenfehlzeiten ausschließt. Der gemäß dem erfindungsgemäßen Verfahren im Head-End erzeugte kontinuierliche Rohmessdatenstrom besitzt im Vergleich zu bisherigen Lösungen eine sehr viel höhere Auflösung über der kontinuierlichen Zeitachse. Die Erfindung ermöglicht es, neben z. B. einer Verbrauchsberechnung eine viel größere Anzahl von Berechnungen und/oder Feststellungen und/oder Funktionen einschließlich „Business“-Funktionen beispielsweise im Head-End-System vornehmen zu können, als dies bisher möglich war. Aufgrund des erfindungsgemäßen Verfahrens kann zudem der Aufbau des Sensors wesentlich einfacher und kostengünstiger sein, da komplexe Mikroprozessoren für Berechnungen, wie z. B. zur Berechnung der Durchflussmenge, wegfallen. Aufgrund des erfassten zeitlichen Zusammenhangs der Rohmessdaten können Manipulationen vermieden werden, da die Messergebnisse über deren gesamten zeitlichen Verlauf mit empirischen Werten über die gesamte Zeitachse verglichen werden können. Ferner ist der Energieverbrauch der Baugruppe aus Sensor und der Zeitstempelaufbereitung bzw. den Kommunikationsmitteln wegen des Wegfalls von energieintensiver Rechenleistung wesentlich geringer als bei bisherigen Ausführungen, welche die Daten lokal auswerten. Bei den Zeitstempelungen kann es sich um Zeitpunkte oder Zeitdifferenzen handeln. Die Zeitpunkte oder Zeitdifferenzen können Ist-Zeitdaten oder Realzeitdaten sein oder zumindest daran orientiert sein. Die Zeitdifferenzen können von Zeitstempelung zu Zeitstempelung und/oder von einem fest vorgegebenen Zeitpunkt aus gebildet sein.

[0008] Vorteilhafterweise können durch das Senden von Telegrammen zur Kompensation des zeitlichen Versatzes zwischen einem Sensor bzw. Verbrauchszähler und einem Empfänger der zeitliche Versatz korrigiert werden. Bei dem Empfänger kann es sich zweckmäßigerweise um einen Datensammler oder optional ein Head-End-System handeln. Der Verbrauchszähler und der Empfänger können über unterschiedliche Zeitgeber verfügen, so dass sie eine unterschiedliche Zeitbasis aufweisen. Der zeitliche Versatz dieser Zeitbasen wird durch das Senden von Telegrammen kompensiert. Beim Zeitversatz kann es sich um den momentanen zeitlichen Unterschied zwischen dem Zeitgeber des Sensors bzw. des Verbrauchszählers und dem Empfänger, wie beispielsweise einem Datensammler und/oder

Head-End, handeln. Der zeitliche Drift kann die zeitliche Änderung des Zeitversatzes beschreiben, sofern der Zeitversatz nicht zeitlich konstant ist. Da die Verwertbarkeit der Zeitstempelungen von der jeweiligen Zeitbasis abhängig ist, ist die Kompensation des zeitlichen Versatzes zwischen Sensor bzw. Verbrauchszähler und Empfänger von sehr großer Wichtigkeit. Eine höhere Granularität der rekonstruierten Rohmessdaten erlaubt umfangreichere Anwendungs- bzw. Verwertungsmöglichkeiten, wie beispielsweise die vorausschauende Wartung und/oder Netzwerk-Management. Insbesondere in einem unidirektionalen Sensor-Netzwerk, welches mehrere unabhängige Zeitgeber und damit Zeitbasen aufweist, ist ein Verfahren zur Kompensation des zeitlichen Versatzes unerlässlich. Da in einem unidirektionalen Sensor-Netzwerk kein Downlink vom Empfänger zum Sensor bzw. Verbrauchszähler vorgesehen ist, kann der Zeitgeber im Sensor bzw. im Verbrauchszähler nicht an eine Standardzeit angepasst werden.

[0009] Zweckmäßigerweise können der oder die lokalen Sensoren über eine primäre Kommunikationsstrecke mit einem Datensammler in Verbindung stehen, zwischen dem Datensammler und einem Head-End eine tertiäre Kommunikationsstrecke vorgesehen sein und die von Sensoren und/oder von Verbrauchszählern übertragenen Zeitstempelungen im Datensammler und/oder im Head-End gesammelt, gespeichert und/oder ausgewertet werden. Die Übertragung der Zeitstempelungen über die primäre und tertiäre Kommunikationsstrecke ermöglicht es, eine erheblich größere Anzahl von Berechnungen und/oder Feststellungen und/oder Funktionen einschließlich „Business“-Funktionen im Head-End, wo genügend Rechenleistung zur Verfügung steht, vornehmen zu können als bisher.

[0010] Bei dem Korrelierungsmodell kann ein bestimmter Wert oder eine bestimmte Wertänderung oder eine bestimmte Wertdifferenz der mindestens einen physikalischen oder physikalisch-chemischen Größe oder des mindestens einen physikalischen oder physikalisch-chemischen Parameters für die Zuordnung einer Zeitstempelung festgelegt werden, wobei bei einem Erfassen des bestimmten Werts oder der bestimmten Wertdifferenz oder der bestimmten Wertänderung durch das Messelement die Zeitstempelung ausgelöst, als solche in den Speichermitteln des Sensors abgespeichert und für die Übertragung bereitgestellt wird. Ändert sich der vom Sensor erfasste Wert nicht, wird keine Zeitstempelung erzeugt. Somit können typisch für das erfindungsgemäße Verfahren längere Zeiträume ohne Zeitstempelung verstreichen. Es müssen somit nicht ständig Daten übertragen werden. Dennoch besitzt das Verfahren eine sehr hohe Auflösung.

[0011] Insbesondere können im Rahmen des Korrelierungsmodells ein schrittweise oder inkrementell

sich erhöhender Zählerstand und/oder eine Wertetabelle mittels Zeitstempelungen abgebildet werden.

[0012] Vorzugsweise sind die Zeitstempelungen mit einem Vorzeichen, z.B. Plus- oder Minusvorzeichen, versehen. Dies ist vor allem bei der Abbildung einer Wertetabelle von Vorteil, da hierdurch festgelegt wird, ob die konkrete Zeitstempelung einen aufsteigenden oder absteigenden Wert der Wertetabelle betrifft.

[0013] Gemäß der Erfindung können eine Mehrzahl von Zeitstempelungen entlang der primären Kommunikationsstrecke jeweils als Datenpaket übertragen werden.

[0014] Vorteilhafterweise kann auf Basis der beim Datensammler und/oder beim Head-End ankommenen Zeitstempelungen unter Anwendung des Korrelierungsmodells ein Rohmessdatenstrom generiert werden. Bei den betreffenden aufeinanderfolgenden Zeitstempelungen handelt es sich insbesondere um keine Berechnungen und/oder Auswertungen.

[0015] Zweckmäßigerweise können die Telegramme zur Kompensation des zeitlichen Versatzes durchnummierter werden. Dadurch kann auf einfache Weise ein Telegramm zur Kompensation des zeitlichen Versatzes identifiziert werden, welches beispielsweise nicht zählerspezifisch am Empfänger registriert wurde. Es kann beispielsweise ein systemweiter Schlüssel zur Durchnummerierung der Telegramme verwendet werden, so dass jede vergebene Nummer einem Sensor bzw. Verbrauchszähler spezifisch zugeordnet werden kann. Somit können fehlende Telegramme zur Kompensation des zeitlichen Versatzes berücksichtigt werden und die chronologische Reihenfolge gewährleistet werden.

[0016] Vorteilhafterweise kann durch die Empfangszeit der Telegramme zur Kompensation des zeitlichen Versatzes ein Fehlerwert berechnet werden. Beispielsweise kann die am Empfänger erwartete Empfangszeit eines Telegramms zur Kompensation des zeitlichen Versatzes von der tatsächlichen Empfangszeit abweichen. Aufgrund dieser Abweichung kann ein Fehlerwert zwischen dem Zeitgeber im Sensor bzw. im Verbrauchszähler und dem Zeitgeber des Empfängers berechnet werden.

[0017] Zweckmäßigerweise kann die Periodizität der Telegramme zur Kompensation des zeitlichen Versatzes bekannt sein und darauf basierend der Fehlerwert berechnet werden. Sofern regelmäßig Telegramme zur Kompensation des zeitlichen Versatzes mit einer bekannten Periodizität vom Sensor bzw. Verbrauchszähler an den Empfänger gesendet werden, kann beispielsweise durch eine Abweichung der Periodizität am Empfänger ein zeitlicher Fehlerwert bzw. Korrekturwert berechnet werden.

[0018] Vorteilhafterweise können der Datensammler und/oder das Head-End die Telegramme zur Kompensation des zeitlichen Versatzes empfangen und einen zeitlichen Fehler basierend auf dem zeitlichen Abstand zwischen Telegrammen zur Kompensation des zeitlichen Versatzes ermitteln. Es kann zum einen der zeitliche Abstand zwischen empfangenen Telegrammen zur Kompensation des zeitlichen Versatzes mit einem festgelegten Wert für den zeitlichen Abstand verglichen werden. Dadurch kann ein momentaner Fehler zwischen dem Zeitgeber im Sensor bzw. im Verbrauchszähler und dem Zeitgeber im Datensammler und/oder Head-End bestimmt werden. Zum anderen kann eine Änderung des Fehlers zwischen dem festgelegten zeitlichen Abstand zwischen Telegrammen zur Kompensation des zeitlichen Versatzes und dem ermittelten zeitlichen Abstand bestimmt werden. Somit kann ein Auseinanderlaufen der Zeitgeber im Sensor bzw. im Verbrauchszähler und im Datensammler und/oder Head-End erkannt und kompensiert werden.

[0019] In einer Ausgestaltung der Erfindung können vorteilhafterweise die Daten-Telegramme der Zeitstempelungen asynchron zu den Telegrammen zur Kompensation des zeitlichen Versatzes vom Sensor bzw. vom Verbrauchszähler gesendet werden. Dadurch ist die Kompensation des zeitlichen Versatzes von der tatsächlichen Übertragung der Daten bzw. Rohmessdaten unabhängig und entkoppelt. Somit besteht die Möglichkeit, die Zeit-Kompensation im Hinblick auf das Prozessmanagement vom Übertragungskanal zu separieren. Da der zeitliche Versatz bzw. das zeitliche Driften normalerweise kontinuierlich auftritt und üblicherweise relativ langsam voranschreitet, kann die Kompensation des zeitlichen Versatzes relativ selten ausgeführt werden. Zudem kann damit eine gemeinsame Zeit-Kompensation für eine Mehrzahl an Datenübertragungskanäle, wie z. B. Protokollübertragung oder physischer Radiofrequenzkanal, verwendet werden.

[0020] Zweckmäßigerweise kann das zeitliche Sendeintervall der Telegramme zur Kompensation des zeitlichen Versatzes unterschiedlich sein als das zeitliche Sendeintervall der Zeitstempelungen. Umso kleiner die zeitlichen Sendeintervalle der Telegramme zur Kompensation des zeitlichen Versatzes sind, umso stabiler und einfacher ist die Kompensation des zeitlichen Versatzes zwischen dem Zeitgeber des Sensors bzw. des Verbrauchszählers und dem Zeitgeber des Empfängers. Die Zeitstempelungen können beispielsweise in gebündelten Paketen versendet werden, so dass deren zeitliches Sendeintervall größer ist als das Sendeintervall der Telegramme zur Kompensation des zeitlichen Versatzes.

[0021] Es besteht die Möglichkeit, dass die Zeitstempelungen zusammen mit den Telegrammen zur Kompensation des zeitlichen Versatzes vom Datensamm-

ler an das Head-End gesendet werden. Sofern die Auswertung der Telegramme zur Kompensation des zeitlichen Versatzes nicht bereits im Datensammler vorgenommen wird, können beispielsweise die Telegramme zur Kompensation des zeitlichen Versatzes zusammen mit den Zeitstempelungen an das Head-End gesendet werden. Der Datensammler und das Head-End verfügen für gewöhnlich über einen Zeitgeber, welcher durch eine Standardzeit, wie die koordinierte Weltzeit (UTC), festgelegt wird. Für das Verfahren ist es somit unerheblich, an welcher Stelle im Sensor-Netzwerk die Kompensation des zeitlichen Versatzes der Zeitgeber stattfindet.

[0022] Zweckmäßigerweise können der Datensammler und/oder das Head-End die Telegramme zur Kompensation des zeitlichen Versatzes einer Vielzahl von Sensoren bzw. von Verbrauchszählern koordinieren und gemäß den individuellen zeitlichen Fehlerwerten ordnen. In einem Sensor-Netzwerk sendet beispielsweise eine Vielzahl an Sensoren und/oder Verbrauchszählern Telegramme zur Kompensation des zeitlichen Versatzes an den entsprechenden Datensammler. Der Datensammler kann die empfangenen Telegramme zur Kompensation des zeitlichen Versatzes entweder selbst koordinieren oder zur Weiterverarbeitung an das Head-End senden. Die Koordinierung kann das Zuordnen der Telegramme zur Kompensation des zeitlichen Versatzes zu den individuellen Sensoren bzw. Verbrauchszählern umfassen. Dadurch besteht z. B. die Möglichkeit die für jeden Sensor bzw. Verbrauchszähler individuellen zeitlichen Fehlerwerte zu bestimmen.

[0023] Eine Ausgestaltung der Erfindung sieht es vor, dass die Zeitstempelungen zusammen mit den Telegrammen zur Kompensation des zeitlichen Versatzes vom Sensor bzw. Verbrauchszähler gesendet werden. Es besteht weiter die Möglichkeit, dass die Zeitinformation des Sensors bzw. des Verbrauchszählers zur Kompensation des zeitlichen Versatzes im standardmäßigen Datentelegramm für die Zeitstempelungen vom Verbrauchszähler an einen Empfänger mitgesendet werden. Es sind somit keine dedizierten Telegramme zur Kompensation des zeitlichen Versatzes notwendig. Es kann dadurch zweckmäßigerverweise auf separate Sendungen von Telegrammen zur Kompensation des zeitlichen Versatzes verzichtet werden. Allein durch die Datentelegramme, welche die Zeitstempelungen beinhalten, wird der Zeitversatz und/oder der zeitliche Drift zwischen dem Zeitgeber im Sensor bzw. im Verbrauchszähler und dem Zeitgeber im Empfänger berechnet. Der Zeitversatz kann in der Einheit $[\Delta t] = \text{s}$ und der zeitliche Drift in der Einheit $[\Delta t/t] = 1$ angegeben werden.

[0024] Besonders vorteilhaft ist, dass der zeitliche Fehler zwischen dem Sensor bzw. dem Verbrauchszähler und einer Standardzeit auf Grundlage des

Unterschieds zwischen dem Sendezeitpunkt eines Telegramms im Sensor bzw. im Verbrauchszähler und dem Empfangszeitpunkt dieses Telegramms im Empfänger, insbesondere im Datensammler und/oder im Head-End bestimmt wird. Hierfür kann die Annahme gemacht werden, dass der Sendezeitpunkt des Telegramms identisch ist mit dem Empfangszeitpunkt dieses Telegramms. Es kann somit davon ausgegangen werden, dass zwischen dem Senden und dem Empfangen kein signifikanter zeitlicher Versatz auftritt. Im Sensor bzw. im Verbrauchszähler kann das Telegramm mit der Sendezeit des Sensors bzw. des Verbrauchszählers versehen werden, welche sich vom Zeitgeber des Sensors bzw. des Verbrauchszählers ableitet. Im Empfänger kann beim Empfang dieses Telegramms die mitgesendete Sendezeit des Sensors bzw. des Verbrauchszählers mit der Empfangszeit im Empfänger verglichen werden. Sofern kein Zeitversatz und/oder zeitlicher Drift zwischen Sensor bzw. Verbrauchszähler und Empfänger vorliegt, würde unter der oben beschriebenen Annahme die vom Sensor bzw. vom Verbrauchszähler gesendete Sendezeit mit der Empfangszeit im Empfänger übereinstimmen. Sofern die Sendezeit und Empfangszeit nicht identisch sind, kann daraus ein Zeitversatz und/oder zeitlicher Drift zwischen dem Zeitgeber des Sensors bzw. des Verbrauchszählers und dem Zeitgeber des Empfängers berechnet werden. Für diese Art der Kompensation des zeitlichen Versatzes ist es unerheblich, ob die Telegramme neben der Sendezeit zusätzlich Zeitstempelungen des Sensors bzw. des Verbrauchszählers beinhalten.

[0025] Vorzugsweise ist der rekonstruierte Rohmessdatenstrom in der Weiterfolge der Datenverarbeitung abgesehen von seiner zeitlichen Auflösung (Abtastrate oder Vielfaches der Abtastrate) jederzeit auf einer zeithistorischen Basis zeitlückenlos auswertbar. Daraus resultiert der Vorteil, dass z.B. auch in der Vergangenheit liegende ereignisbedingte Zustandsveränderungen im Versorgungsnetzwerk (wie z.B. Overflow, Underflow, Leckagen, Manipulationsversuche usw.) in genauer Zeitzuordnung und ohne Lücken feststellbar bzw. dokumentierbar sind. Durch eine hochgranulare zeitdiskrete Abtastung ist eine hohe Genauigkeit in der zeitlichen Auflösung gegeben. Ferner besteht die Möglichkeit, vergangene Verbrauchsdaten dem Verbraucher wesentlich genauer anzugeben und/oder bei Auswertungen hinsichtlich des Verbrauchsverhaltens bzw. Änderungen desselben besser miteinzubeziehen. Dies wiederum wirkt sich verbrauchsoptimierend aus und stellt für den Verbraucher eine besonders wichtige Information des Netzversorgers dar.

[0026] Bei den betreffenden aufeinanderfolgenden Rohmessdaten handelt es sich insbesondere um keine Berechnungen und/oder Auswertungen, sondern um elementare Messeinheiten.

[0027] Beispielsweise kann es sich bei elementaren Messeinheiten um die elektrische Spannung oder um die Stromstärke handeln, die gemessen werden. Beispielsweise kann die Ausgangsspannung eines Hall-sensors im Falle seiner Anregung oder die Spannung eines Temperaturfühlers erfasst werden. Zweckmäßigerweise kann sich die gemessene physikalische Größe auf ein Versorgungsmedium, vorzugsweise Wasser, Strom, Treibstoff oder Gas, eines Versorgungsnetzes beziehen.

[0028] Es besteht die Möglichkeit, dass der oder einer der gemessene(n) physikalische(n) oder chemisch-physikalische(n) Parameter kennzeichnend ist für die Menge, die Qualität und/oder Zusammensetzung eines Fluids, das durch den betreffenden Sensor strömt oder von diesem kontaktiert wird.

[0029] Die elementare Messeinheit kann zweckmäßigerverweise eine Zeitstempelung generieren, sobald die elementare Messeinheit einen Impuls empfängt.

[0030] Es besteht die Möglichkeit, dass der Rohmessdatenstrom eine zeitliche Auflösung besitzt, die durch die Sensor-Abtastrate bzw. Messelement-Abtastrate oder ein Vielfaches derselben festgelegt oder bedingt ist. Zweckmäßigerweise besitzt der Rohmessdatenstrom eine zeitliche Auflösung, die nur durch die Sensor-Abtastrate bzw. Messelement-Abtastrate oder ein Vielfaches derselben festgelegt oder zumindest bedingt ist. Die zeitliche Auflösung des Rohmessdatenstroms liegt vorzugsweise im Sekundenbereich, Zehntelsekundenbereich, Hundertstelsekundenbereich oder Tausendstelsekundenbereich.

[0031] Vorteilhafterweise ist der Rohmessdatenstrom unter Zugrundelegung der festgelegten Auflösung kontinuierlich und/oder vollständig. Daraus resultiert eine ganz besonders hohe Messwertauflösung entlang des kontinuierlichen Zeitverlaufs und daraus wiederum eine besondere Informationstiefe als Basis für darauf aufbauende Auswertungen bzw. Berechnungen.

[0032] Um den kontinuierlichen Rohmessdatenstrom zu erzeugen, werden die Daten-Pakete zweckmäßigerweise in einer entsprechenden Zeitabfolge-Referenz zusammengefügt oder zumindest zueinander in Relation gesetzt, sodass die in den Paketen enthaltenen Zeitstempelungen entlang der Realzeitachse entsprechend ihrer Abtastung und vorherigen Paketaufteilung später wieder zusammengefügt oder zumindest in eine fortlaufende zeitliche Relation zueinander gesetzt sind.

[0033] Die Festlegung der Frage, wann eine neue Datenübertragung in Form einer Nachricht oder eines Telegramms (eines oder mehrerer Datenpakete)

durchzuführen ist, hängt vorzugsweise davon ab, ob mindestens eine der beide Bedingungen

- (a) Ablauf eines vorgegebenen Zeitintervalls und
- (b) Erreichen einer vorgegebenen Menge an Zeitstempelungen seit der vorherigen Übertragung

erfüllt ist. Aufgrund dessen kann eine Zeitabfolge-Referenz der zu übertragenden Daten-Pakete in einfacher Weise realisiert werden.

[0034] Besonders zweckmäßig ist, dass das Verfahren umfasst, die Zeitstempelungen durch Formatierung in Datenpaketen vorbestimmter fester Größe zu verpacken, wobei jedes Mal, wenn die akkumulierten Daten die Größe eines Datenpaketes erreichen oder das vorgegebene Zeitintervall abgelaufen ist, eine neue Übertragung ausgelöst wird.

[0035] Es besteht die Möglichkeit, dass die Datenübertragung mit einer Redundanz durchgeführt wird. Zweckmäßigerweise kann die Redundanz in der Übertragung durch wiederholtes Senden des selben Datenpaketes in mehreren aufeinanderfolgenden Übertragungsvorgängen oder auf unterschiedlichen Kommunikationswegen oder Funkkanälen erreicht werden. Es besteht ferner die Möglichkeit, dass die Redundanz in der Übertragung durch wiederholtes Senden derselben Zeitstempelungen erreicht wird. Beispielsweise kann die Übertragung eines Datenpaketes oder einer Zeitstempelung fünf Mal wiederholt werden.

[0036] Vorteilhafterweise können die Zeitstempelungen komprimiert werden und die Komprimierung der Zeitstempelungen verlustfrei durchgeführt werden. Die Komprimierung der Zeitstempelungen kann im Bereich des Sensors bzw. des Verbrauchszählers verlustfrei durchgeführt werden. Die Übertragung der Zeitstempelungen kann zweckmäßigerweise in komprimierter Form und/oder über eine Funkstrecke erfolgen. Die Übertragung kann wiederholt und bedingt jeweils nach Ablauf eines vorgegebenen Zeitintervalls und/oder nach Erreichen einer vorgegebenen Menge an Zeitstempelungen, die seit einer vorherigen Übertragung angesammelt wurden, durchgeführt werden.

[0037] Alternativ kann die Komprimierung der Zeitstempelungen aber auch mit einem vorgegebenen, zulässigen Verlustniveau durchgeführt werden. Wird die Datenkomprimierung mit einem vorgegebenen zulässigen Verlustniveau durchgeführt, kann, wenn der Benutzer oder Betreiber eine Energieeinsparung bevorzugt und eine gewisse Ungenauigkeit bei der Wiederherstellung und Wiedergabe der ursprünglichen Messdaten akzeptiert (d.h. einen gewissen Verlust akzeptiert), das Komprimierungsverhältnis dann zum Nachteil einer geringeren Genauigkeit bei der

Wiedergabe auf der Empfängerseite erhöht werden. Das Verlustverhältnis oder das Komprimierungsverhältnis kann als programmierbarer oder einstellbarer Parameter vorgesehen sein, der den Komprimierungsmodus bestimmt oder einstellt.

[0038] Als anschauliche und nicht beschränkende Beispiele für Datenkomprimierungsalgorithmen kann im Rahmen des erfindungsgemäßen Verfahrens in Betracht gezogen werden: eine differenzielle Komprimierung (Delta-Kodierung) in Verbindung mit einer Huffman-Kodierung, eine Lauflängenkodierung (RLE-Kodierung) oder vorzugsweise eine adaptive binäre arithmetische Kodierung (CABAC-Kodierung).

[0039] Nebengeordnet beansprucht die vorliegende Erfindung zudem einen Sensor, welcher hergerichtet ist für den lokalen Einsatz in einem eine Mehrzahl von lokalen Sensoren umfassenden Versorgungsnetz zur Verteilung eines Verbrauchsmediums, wie z.B. Wasser, Gas, Elektrizität, Treibstoff oder Wärme. Der Sensor kann vorteilhafterweise nach einem Verfahren gemäß mindestens einem der Verfahrensansprüche 1 bis 32 betrieben werden. Ein solcher Sensor kann Bestandteil eines Verbrauchszählers sein. Er ermöglicht es, im Rahmen des Betriebs eines Versorgungsnetzes den Verbrauch sowie weitere Zustandsigenschaften in sehr hoher Auflösung entlang des zeitlichen Verlaufs lückenlos und kontinuierlich zu gewährleisten.

[0040] Weiter beansprucht die vorliegende Erfindung zudem einen Datensammler. Der Datensammler kann vorteilhafterweise nach einem Verfahren gemäß mindestens einem der Verfahrensansprüche 1 bis 32 betrieben werden.

[0041] Schließlich betrifft die vorliegende Erfindung auch ein Versorgungsnetz zur Verteilung eines Verbrauchsmediums wie z.B. Gas, Wasser, Elektrizität, Treibstoff oder Wärme mit mindestens einem lokalen Sensor vorzugsweise einer Mehrzahl von lokalen Sensoren zum Generieren und/oder Weiterleiten von Zeitstempelungen aufgrund von Rohmessdaten auf der Basis des Korrelationsmodells, vorzugsweise Rohmessdaten in Zusammenhang mit einem Verbrauch an Verbrauchsmedium und/oder einem Betriebszustand eines Verbrauchszählers, mit einem Datensammler, einer primären Kommunikationsstrecke zwischen dem jeweiligen Sensor und dem Datensammler, einem Head-End zur Auswertung der Daten sowie einer tertiären Kommunikationsstrecke zwischen Datensammler und Head-End. Gemäß der vorliegenden Erfindung ist das Versorgungsnetz dadurch gekennzeichnet, dass der oder die darin befindliche(n) Sensor(en) nach einem Verfahren gemäß mindestens einem der Ansprüche 1 bis 32 betrieben werden.

Beschreibung der Erfindung anhand von Ausführungsbeispielen

[0042] Nachstehend wird die vorliegende Erfindung anhand verschiedener Ausführungsbeispiele näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 eine stark vereinfachte schematische Darstellung eines Beispiels von Kommunikationsstrecken eines Versorgungsnetzes zum Sammeln und/oder Weiterleiten von Daten, die von einer Vielzahl von Verbrauchszählern aufgenommen werden, an einen Datensammler und ein Head-End;

Fig. 2 eine stark vereinfachte schematische Darstellungsweise eines Beispiels der Übertragung von Zeitstempelungen charakteristischer Rohmessdaten über die primäre Kommunikationsstrecke von **Fig. 1** zum Datensammler;

Fig. 3 ein Beispiel für eine Nachrichtenstruktur, die von der Messdatenaufbereitung des Verbrauchszählers gemäß **Fig. 2** über die primäre Kommunikationsstrecke emittiert bzw. abgefragt wird;

Fig. 4 ein Beispiel für ein Chronogramm von Zeitstempelungen von den von einem Sensor ausgelesenen Rohmessdaten zwischen zwei Uplink-Übertragungsvorgängen (Nachrichten oder Telegramme, die zu den Zeitpunkten T_{E-1} und T_E emittiert werden), in einem Kontext der Fernablesung des Volumenverbrauchs (in diesem Fall enthält das Paket PA_j N Zeitstempelungen);

Fig. 5 ein Beispiel für das Zusammenfügen der die Zeitstempelungen enthaltenen Datenpakte bzw. Nachrichten bzw. Telegramme sowie Rekonstruktionen zu einem zeitkontinuierlichen Rohmessdatenstrom einschließlich dessen Auswertemöglichkeiten in stark vereinfachter schematischer Darstellungsweise;

Fig. 6 ein Beispiel eines Sensors eines Verbrauchszählers in Form eines mechanischen Durchflusszählers mit einem Flügelrad, mit dem entsprechende Zeitstempelungen von Rohmessdaten für den Durchfluss erzeugt werden können;

Fig. 7 ein Beispiel eines auf Korrelationsmodells zur Generierung von Zeitstempelungen auf Basis der von dem Sensor gemäß **Fig. 6** erfassten Rohmessdaten;

Fig. 8 ein Beispiel eines Temperatursensors in vereinfachter Darstellung;

Fig. 9 ein weiteres Beispiel eines Korrelationsmodells zur Generierung von Zeitstempelungen auf Basis der von dem Sensor gemäß **Fig. 8** erfassten Rohmessdaten;

Fig. 10 eine stark vereinfachte schematische Darstellung der Netzwerkstruktur mit Sensorzeit und Standardzeit;

Fig. 11 eine beispielhafte vereinfachte schematische Sequenz zur Kompensation des zeitlichen Versatzes zwischen Head-End, Datensammler und Sensor bzw. Verbrauchszähler; sowie

Fig. 12 eine alternative beispielhafte vereinfachte schematische Sequenz zur Kompensation des zeitlichen Versatzes zwischen Head-End, Datensammler und Sensor bzw. Verbrauchszähler.

[0043] **Fig. 1** zeigt ein Versorgungsnetz zur Verteilung von Verbrauchsmedien, wie z.B. Gas, Wasser, Elektrizität, Treibstoff oder Wärme. Das Versorgungsnetz umfasst eine Vielzahl von einzelnen lokalen Verbrauchszählern **10**, die z.B. unterschiedlichen Wohneinheiten eines Mehrfamilienhauses zugeordnet sein können. Die einzelnen Verbrauchszähler **10**, z. B. Wasserzähler, Wärmezähler, Elektrizitätszähler oder Gaszähler, sind über eine drahtlose Kommunikationsstrecke mit einem Datensammler **3**, der als Master bzw. Konzentrator fungieren kann, verbunden.

[0044] Jeder einzelne Verbrauchszähler **10** kann zweckmäßigerweise mit einer zugehörigen ID (Adresse) versehen sein, sodass jeder einzelne Verbrauchszähler **10** vom Datensammler **3** direkt adressiert werden kann und die im jeweiligen Verbrauchszähler **10** vorhandenen Daten abgerufen werden können.

[0045] Die Übertragung über die primäre Kommunikationsstrecke **5** wird durch ein BUS-Übertragungsprotokoll vorgegeben, wie z.B. durch das wireless M-BUS-Übertragungsprotokoll.

[0046] Der jeweilige Datensammler **3** steht über eine sogenannte tertiäre Kommunikationsstrecke **6** mit einem sogenannten Head-End **4** in Verbindung. Im Head-End **4** laufen die Daten des gesamten Versorgungsnetzes zusammen. Bei der tertiären Kommunikationsstrecke **6** kann es sich um eine drahtgebundene Kommunikationsstrecke oder um eine auf Funktechnologie basierende Kommunikationsstrecke (z.B. Mobilfunk-Kommunikationsstrecke) handeln. Alternativ können die Daten des jeweiligen Datensammlers **3** bei Bedarf auch von einer portablen Leseeinrichtung ausgelesen und am Head-End **4** wieder eingelesen werden. Die Daten können entlang der tertiären Kommunikationsstrecke **6** auf unterschiedliche Art und Weise übertragen werden, beispielsweise via LAN, GPRS, LTE, 3G usw.

[0047] Die einzelnen Verbrauchszähler **10** können mit einer eigenständigen Energieversorgung (Akku) betrieben werden.

[0048] Wie in **Fig. 1** schematisch dargestellt, werden die vorzugsweise komprimierten und formatierten Zeitstempelungen **TS** jedes betreffenden Sensors **1** bzw. Verbrauchszählers **10** an den Datensammler **3**, der ein lokales Netzwerk einer Vielzahl von ihm zugeordneten Verbrauchszählern **10** bzw. Sensoren **1** verwaltet, übertragen. Von dem Datensammler **3** werden die vorzugsweise komprimierten und formatierten Zeitstempelungen **TS** jedes der Sensoren **1**, die Teil des Versorgungsnetzes sind, an das Head-End **4** übertragen.

[0049] Der Datensammler **3** kann die von den jeweiligen Sensoren **1** bzw. Verbrauchszählern **10** abgerufenen Zeitstempelungen **TS** entweder über ein Zeitintervall (z.B. einen Tag) speichern und dann an einen Verarbeitungsstandort bzw. an das Head-End **4** weiterleiten. Alternativ können die Daten vom Datensammler **3** auch sofort an das Head-End **4** weitergeleitet werden.

[0050] Gemäß **Fig. 2** umfasst der jeweilige Verbrauchszähler **10** einen mit mindestens einem Messelement **9** ausgestatteten Sensor **1**. Der Sensor **1** ist dazu vorgesehen, über das Messelement **9** Rohmessdaten zu erzeugen, die einer Messdatenaufbereitung **14** zugeführt werden. Die Rohmessdaten entsprechen vom Messelement **9** gelieferten elementaren Messeinheiten der mindestens einen physikalischen oder physikalisch-chemischen Größe oder des mindestens einen physikalischen oder physikalisch-chemischen Parameters. Bei den Rohmessdaten kann es sich beispielsweise um Rohdaten in Zusammenhang mit dem Durchfluss eines Mediums durch eine Versorgungsleitung **16**, z.B. Wasserleitung, handeln, insbesondere die Durchflussmenge, die Trübung, das Vorhandensein von Schadstoffen oder das Vorhandensein eines festen und/oder gasförmigen Anteils bzw. fester und/oder gasförmiger Anteile.

[0051] Die Messwertaufbereitung **14** des Verbrauchszählers **10** umfasst Speichermittel **7**, eine Zeitreferenzeinrichtung **15** (Quarz) sowie einen Mikroprozessor **8**. Die vorgenannten Komponenten können getrennt oder als integrierte Gesamtkomponente vorgesehen sein. Der Verbrauchszähler **10** kann eine (nicht dargestellte) eigene Stromversorgung in Form einer Batterie oder dergleichen bei Bedarf umfassen. Somit kann der Verbrauchszähler **10** energieautark betrieben werden.

[0052] Im Vorfeld zu den in **Fig. 2** dargestellten Schritten werden im Rahmen des Korrelierungsmodells ein bestimmter Wert, eine bestimmte Wertänderung oder eine bestimmte Wertdifferenz der mindestens einen physikalischen oder physikalisch-chemischen Größe oder des mindestens einen physikalischen oder physikalisch-chemischen Parameters für die Zuordnung einer Zeitstempelung **TS** festgelegt.

[0053] Erfindungsgemäß erfolgen im Bereich des jeweiligen Verbrauchszählers **10** folgende Schritte:

- Auslösen einer Zeitstempelung **TS** bei einem Erfassen des bestimmten Werts, der bestimmten Wertänderung oder der bestimmten Wertdifferenz durch das Messelement **9**.
- Abspeichern der Zeitstempelungen **TS** in den Speichermitteln **7** des Sensors **1** bzw. des Verbrauchszählers **10**.
- Übertragen der Zeitstempelungen **TS**, vorzugsweise in komprimierter Form, über eine Funkstrecke **11**, indem in der Messdatenaufbereitung **14** Zeitstempelung-Telegramme $17_i, 17_{i+1}, 17_{i+n}$ vorbereitet werden, die sukzessive an eine zentrale Verarbeitungsanlage, wie z. B. ein Head-End **4**, übertragen werden.

[0054] Dementsprechend werden zeitlich nacheinander Datentelegramme $17_i, 17_{i+1}, \dots, 17_{i+n}$ übertragen, die fortlaufende Zeitstempelungen **TS** enthalten. Aus diesen Zeitstempelungen **TS** kann empfängerseitig unter Anwendung des Korrelierungsmodells ein kontinuierlicher lückenloser Rohmessdatenstrom von sehr hoher Auflösung rekonstruiert werden.

[0055] Wie in **Fig. 3** beispielhaft dargestellt, kann zudem vorgesehen sein, zusammen mit den \mathbf{PA}_j -Paketen der Zeitstempelungen **TS** auch die Identität (Adresse) **I** des betreffenden Sensors **1** und/oder den absoluten oder kumulierten Wert **VA** der bzw. des vom betreffenden Sensor **1** gemessenen physikalischen oder physikalisch-chemischen Größe oder Parameters in dem jeweiligen Datentelegramm $17_i, 17_{i+1}, \dots, 17_{i+n}$ zu übertragen, wobei der Wert **VA** mit einem Zeitstempel versehen oder einem der elementaren zeitgestempelten Messdaten, beispielsweise einem Indexwert eines Fluidzählers zugeordnet sein kann. Der Wert **VA** kann - gemäß Ausführungsbeispiel - z. B. der Zählerstand eines Wasserzählers zu einem bestimmten Zeitpunkt oder die Durchflussmenge durch den Wasserzähler seit einer vorherigen Datenübertragung (z. B. entspricht die Summe Σ der Zeitstempelungen TS_i der Summe Σ der Durchflussmenge; siehe **Fig. 4**) sein.

[0056] Das Verfahren kann auch darin bestehen, mit den \mathbf{PA}_j -Paketen von Zeitstempelungen **TS** den Wert mindestens eines anderen physikalischen oder physikalisch-chemischen Parameters **PPC** der Umgebung des betreffenden Sensors **1** oder des von diesem letzteren gemessenen Fluids zu einem bestimmten Zeitpunkt auszulesen und zu übertragen, wie beispielsweise die Leitfähigkeit des Fluids, die Temperatur des Fluids, den pH-Wert des Fluids, den Druck des Fluids, und/oder einen Parameter, der für die Qualität und/oder die Zusammensetzung des Fluids und/oder die Temperatur der Einbaumgebung des Sensors **1** kennzeichnend ist.

[0057] **Fig. 3** zeigt beispielhaft die einzelnen Datentelegramme $17_i, 17_{i+1}, \dots, 17_{i+n}$ gemäß **Fig. 2** etwas detaillierter. Die Datentelegramme $17_i, 17_{i+1}, \dots, 17_{i+n}$ umfassen jeweils zum einen eine Mehrzahl von Datenpaketen $\mathbf{PA}_1-\mathbf{PA}_6$ bzw. $\mathbf{PA}_7-\mathbf{PA}_{12}$, den absoluten oder kumulierten Wert **VA**, die Identität (Adresse) **I** des betreffenden Sensors **1** sowie den Wert mindestens eines anderen physikalischen oder physikalisch-chemischen Parameters **PPC** der Umgebung des betreffenden Sensors **1** oder des von letzterem zu einem bestimmten Zeitpunkt gemessenen Fluids, wie z.B. die Leitfähigkeit des Fluids, die Temperatur des Fluids, den pH-Wert des Fluids, den Druck des Fluids, einen Parameter, der für die Qualität und/oder die Zusammensetzung des Fluids und/oder die Temperatur der Einbaumgebung des Sensors **1** kennzeichnend ist.

[0058] Wie in **Fig. 3** weiterhin als Beispiel dargestellt ist, kann vorgesehen sein, die komprimierten Zeitsstempelungen **TS** durch Formatierung der \mathbf{PA}_j -Pakete, deren Größe einen vorgegebenen Maximalwert nicht überschreiten darf, zu verpacken, wobei jedes Mal, wenn die akkumulierten Daten die Größe eines Pakets \mathbf{PA}_j erreichen, ein neues Paket bzw. Telegramm gebildet wird bzw. eine neue Übertragung ausgelöst wird, sofern das vorgegebene Zeitintervall nicht vorher abgelaufen ist.

[0059] Gemäß einer bevorzugten Variante der Erfindung werden die Zeitstempelungen **TS** vor deren Übertragung komprimiert. Die Komprimierung der Rohdaten kann verlustfrei durchgeführt werden.

[0060] Alternativ kann die Komprimierung der Zeitsstempelungen **TS** auch mit einem vorgegebenen zulässigen Verlustniveau durchgeführt werden. In der Tat kann, wenn der Benutzer oder Betreiber eine Energieeinsparung bevorzugt und eine gewisse Ungenauigkeit bei der Wiederherstellung und Wiedergabe der ursprünglichen Rohmessdaten akzeptiert (d. h. einen gewissen Verlust akzeptiert), das Komprimierungsverhältnis dann zum Nachteil einer geringeren zeitlichen Genauigkeit bei der Wiedergabe auf der Empfangsseite erhöht werden. Dieses Verlustverhältnis oder das Komprimierungsverhältnis kann als programmierbarer oder einstellbarer Parameter vorgesehen werden, der den Komprimierungsmodus bestimmt oder einstellt.

[0061] Als anschauliche und nicht beschränkende Beispiele für Datenkomprimierungsalgorithmen kann im Rahmen des erfindungsgemäßen Verfahrens in Betracht gezogen werden, eine differentielle Kodierung (Delta-Kodierung) in Verbindung mit einer Huffman-Kodierung, eine Lauflängenkodierung (RLE-Kodierung) oder vorzugsweise eine adaptive binäre arithmetische Kodierung (CABAC-Kodierung) anzuwenden.

[0062] Es besteht die Möglichkeit, dass die Zeitsstempelungen **TS** in den Speichermitteln **7** des Verbrauchszählers **10** erst dann gelöscht werden, wenn die Übertragung der Zeitstempelungen **TS** vom Empfänger bzw. Datensammler **3** bestätigt worden ist.

[0063] Dank der Erfindung ist es möglich, am Datensammler **3** bzw. Empfangsort (z. B. Head-End **4**) über Informationen zu verfügen, die eine originalgetreue und vollständige Rekonstruktion aller von den verschiedenen Sensoren **1** gelieferten Zeitstempelungen **TS** in sehr hoher zeitlicher Auflösung ermöglichen und eine unbegrenzte Flexibilität bei der Auswertung dieser Daten zulassen. So kann man einfach und zentral die Erweiterungsfähigkeit von „Business“-Funktionen berücksichtigen, ohne die Funktionsweise oder gar den Aufbau von Baugruppen (Sensoren, Kommunikationsmittel, und dergleichen) zu beeinflussen.

[0064] Der Aufbau des Sensors **1** kann im Vergleich zu bisher bekannten Lösungen einfacher und sein Betrieb sicherer sein. Ferner ist der Energieverbrauch der Baugruppe aus dem Sensor **1** und den Kommunikationsmitteln **2** geringer als bei den aktuellen Ausführungen, welche die Daten lokal auswerten.

[0065] Die Erfindung kann auf die Messung und Fernauslesung verschiedenster Parameter und Größen angewendet werden. Es genügt, eine elementare (vom Sensor **1** messbare) Veränderung eines Parameters oder einer Größe in Übereinstimmung mit der Auflösung des betrachteten Sensors **1** genau datieren zu können (die Zeitstempelung **TS** kann der Auflösung des Sensors **1** oder möglicherweise einem Vielfachen dieser Auflösung entsprechen).

[0066] Wenn sich die gemessene Größe oder der gemessene Parameter auch dekrementell ändern kann, sind die Zeitstempelungen **TS** mit Vorzeichen versehene elementare Maßeinheiten (positive oder negative Einheiten).

[0067] Im Zusammenhang mit einer vorteilhaften Anwendung der Erfindung, verbunden mit dem Begriff des Verbrauchs, kann vorgesehen sein, dass die oder eine der gemessenen physikalischen Größe (n) sich auf ein Strömungsmedium bezieht, wobei jede Zeitstempelung **TS** einer elementaren Fluidmenge entspricht, die durch den Sensor **1**, abhängig von seiner Messgenauigkeit, gemessen wird. Das gemessene Fluid kann beispielsweise Gas, Wasser, Kraftstoff oder eine chemische Substanz sein.

[0068] Alternativ oder kumulativ zu der oben genannten Ausführungsvariante kann die Erfindung auch vorsehen, dass die oder eine der gemessene(n) physikalischchemische(n) Größe(n) ausgewählt ist aus der Gruppe, die gebildet wird durch die Temperatur, den pH-Wert, die Leitfähigkeit und den Druck

eines durch den betreffenden Sensor **1** hindurchströmenden oder von diesem kontaktierten Fluids.

[0069] Wenn alternativ oder kumulativ mindestens ein Parameter gemessen wird, kann dieser oder einer dieser gemessene(n) physikalische(n) oder physikalischchemische(n) Parameter kennzeichnend sein für die Qualität und/oder Zusammensetzung eines Fluids, das den betreffenden Sensor **1** durchströmt oder mit ihm in Kontakt kommt, wie z. B. Trübung, das Vorhandensein von Schadstoffen oder das Vorhandensein eines festen und/oder gasförmigen Anteils bzw. fester und/oder gasförmiger Anteile.

[0070] Die oben genannten Größen und Parameter sind selbstverständlich nur Beispiele, die nicht beschränkend sind.

[0071] Dementsprechend werden fortlaufend Datentelegramme **17** zu einem bestimmten Zeitpunkt gebildet und sukzessive übertragen. Die einzelnen Datenpakete **PA₁**, ..., **PA_n** bilden im Anschluss daran in ihrer Summe einen fortlaufenden zeitgestempelten Rohmessdatenstrom **13**.

[0072] **Fig. 4** zeigt exemplarisch ein Beispiel für eine Nachrichtenstruktur, die vom Sensor **1** bzw. Verbrauchszähler **10** an den Datensammler **3** bzw. an das Head-End **4** übertragen wird. Jede Zeitstempelung **TS₁** bis **TS_N** entspricht hierbei im Rahmen des Korrelierungsmodells einer elementaren Fluidmenge, die durch den Sensor **1** gemessen wird. Das gemessene Fluid kann beispielsweise Gas, Wasser, Kraftstoff oder eine chemische Substanz sein. In dem Zeitintervall **T_{E-1}** bis **T_E** werden so N Impulse gemessen und die Zeitstempelungen **TS₁** bis **TS_N** gespeichert, was bei einer Menge von z.B. einem Liter pro Zeitstempelung **TS** einer Durchflussmenge von insgesamt N Liter innerhalb dieses Zeitintervalls entspricht. Die Messwertaufbereitung bildet ein Datenpaket **PA_j**, welches N Zeitstempelungen **TS₁** bis **TS_N** enthält. Aus der Mehrzahl von Datenpaketen z. B. **PA₁** bis **PA₆** bzw. **PA₇** bis **PA₁₂** werden gemäß **Fig. 3** Datentelegramme **17_i**, **17_{i+1}** gebildet.

[0073] Damit sich das erfindungsgemäße Verfahren an Veränderungen in der Entwicklung des Parameters oder der Messgröße anpassen kann und gleichzeitig eine zufriedenstellende Aktualisierung der verfügbaren Momentandaten gewährleistet ist, kann das Verfahren vorteilhafterweise insbesondere darin bestehen, ein neues Paket bzw. Telegramm **17** zu bilden bzw. eine neue Datenübertragung in Form einer Nachricht oder eines Telegramms durchzuführen, sobald mindestens eine der beiden nachfolgenden Bedingungen erfüllt ist:

- (a) Ein vorgegebenes Zeitintervall ist abgelaufen und/oder
- (b) eine vorgegebene Menge an insbesondere komprimierten gesammelten Daten bzw. Zeitsstempelungen **TS** seit der vorherigen Übertragung ist erreicht.

[0074] Die Anwendung der genannten Bedingung (b) kann beispielsweise darin bestehen, nachdem eine vorgegebene Anzahl neuer Zeitstempelungen **TS** erstellt wurde, regelmäßig die Größe aller neuen Zeitstempelungen **TS** in komprimierter oder verdichteter Form zu überprüfen. Wenn diese Größen nahe einer kritischen Größe liegen, beispielsweise nahe der Größe eines durch das Übertragungsprotokoll festgelegten Pakets, wird ein neuer Übertragungsvorgang durchgeführt (Bedingung (b) vor Bedingung (a) erfüllt), es sei denn, das vorgegebene Zeitintervall zwischen zwei aufeinanderfolgenden Übertragungen ist zuerst abgelaufen (Bedingung (a) vor Bedingung (b) erfüllt).

[0075] Fig. 5 zeigt die Weiterverarbeitung der einzelnen in Datentelegrammen **17**, bis **17_{i+n}** bereitgestellten Zeitstempelungen **TS** zu einer fortlaufenden zusammenhängenden Zuordnung, aus der anhand des Korrelierungsmodells ein lückenloser Rohmessdatenstrom **13** rekonstruiert werden kann. Hierbei werden die einzelnen Datentelegramme **17**, bis **17_{i+n}** so zusammengefügt, dass die jeweiligen Daten bzw. Datenpakete (**PA_j**) bzw. die darin enthaltenen Zeitsstempelungen **TS** in Zeitrelation mit denen der benachbarten Datenpakete **PA_j** gebracht werden.

[0076] In Fig. 6 ist lediglich beispielhaft ein mechanischer Durchflusszähler **10** mit einem Sensor **1** für den Durchfluss dargestellt. Der Sensor **1** umfasst ein Flügelrad **20**, ein Messelement **9** in Form z.B. eines Hallsensors sowie ein Impulsgeberbauelement **19**, welches sich abhängig von dem Durchfluss durch den Durchflusszähler **10** hindurch mehr oder weniger dreht. Die Drehbewegung des Flügelrads **20** wird von dem Messelement **9** als Spannungswert erfasst, der von dem Impulsgeberbauelement **19** angeregt wird, sofern sich der betreffende Flügel des Flügelrads **20** in der Position des Messelements **9** befindet. Durch das Korrelierungsmodell ist beim Auswerten bekannt, welchem Durchflussvolumen eine Umdrehung entspricht. So kann eine Umdrehung des Flügelrads **20** z.B. einem Liter an Fluid entsprechen.

[0077] In der Messwertaufbereitung **14** ist ein Korrelierungsmodell hinterlegt, mit dem die Bedingungen für das Generieren von Zeitstempelungen **TS** bei bestimmten Rohmesswerten vorher festgelegt sind. Fig. 7 zeigt ein vereinfacht dargestelltes Beispiel eines solchen Korrelierungsmodells z. B. für eine fortlaufende kumulierende Durchflussmessung. Die Messeinheit ist hierbei z. B. ein vom Messelement **9** des in Fig. 6 dargestellten Sensors **1** erfasster Im-

puls z. B. ein Spannungsimpuls, der einer Umdrehung des Flügelrads **20** entspricht. Die vordefinierte Auflösung des Messverfahrens entspricht daher in diesem Beispiel einer Umdrehung des Flügelrads **20**. Die Rohmesswerte, also die durch die Umdrehungen ausgelösten Impulse sowie die zugehörige Zeiten **T**, werden in den Speichermitteln **7** des Sensors **1** abgespeichert. Die Messwertaufbereitung **14** generiert für jeden Rohmesswert (d. h. für jede Umdrehung/Impuls) eine zugehörige Zeitstempelung **TS₁**, **TS₂**.....bis **TS_{n+1}**. Die Zeitstempelungen **TS** werden fortlaufend in den Speichermitteln **7** abgelegt. Dreht sich das Flügelrad **20** nicht, wird kein Impuls erzeugt und somit auch keine Zeitstempelung vorgenommen. Dreht sich das Flügelrad **20** langsamer, erfolgt der Zeitpunkt der Erfassung des Impulses entlang der Zeitachse **T** entsprechend später. Dementsprechend wird in diesem Fall eine spätere Zeitstempelung **TS** erzeugt. Wie aus Fig. 7 ersichtlich, werden somit eine Vielzahl von Zeitstempelungen **TS** generiert, die den über die betreffende Zeitspanne kontinuierlich gemessenen Durchfluss definieren.

[0078] Die Zeitstempelungen **TS** werden in Datenpaketen **PA_j** zusammengefasst und gemäß Fig. 2 als Datentelegramme **17_i**, **17_{i+1}**, **17_{i+n}** sukzessive nach Aufforderung durch den Datensammler **3** über die primäre Kommunikationsstrecke **5** an diesen übertragen. Die Datenübertragung kann hierbei vorzugsweise in komprimierter Form erfolgen. Es handelt es sich folglich um einen kontinuierlichen lückenlosen Zeitsstempelungs-Datenstrom von sehr hoher Auflösung, der in Form der einzelnen fortlaufenden Datentelegramme **17_i**, **17_{i+1}**, ..., **17_{i+n}** entlang der primären Kommunikationsstrecke **5** übertragen wird.

[0079] Die Sammlung von Daten ist nicht auf eine Durchflussmessung beschränkt. Fig. 8 zeigt beispielweise einen Sensor **1** in Form eines auf Widerstandsmessung basierenden Temperaturfühlers. Der Temperaturföhrer umfasst zwei im Bereich einer Messstelle miteinander verbundener Metalleiter (A, B) mit unterschiedlicher Wärmeleitfähigkeit. Im Falle eines Temperaturunterschieds **ΔT** zwischen der Messstelle und dem gegenüberliegenden Ende der beiden Leiter kann eine Spannung **V** bzw. Spannungsänderung abgegriffen werden. In diesem Fall kann als Korrelierungsmodell eine Zeitstempelung **TS** für eine Änderung der vom Sensor erfassten Spannung festgelegt werden.

[0080] Fig. 9 zeigt ein Beispiel für eine entsprechende Rohmessdatenkurve von Spannungswerten **V** zur Generierung von entsprechenden Zeitstempelungen **TS** bei einer Temperaturmessung. Dementsprechend wird bei jedem Anstieg oder Abfall der Spannung z. B. um 0,5 mV eine zugehörige Zeitstempelung **TS** generiert. Die festgelegte Auflösung des Verfahrens beträgt somit 0,5 mV. Da der Kurvenverlauf bei einer Temperaturmessung aufsteigend so-

wie abfallend sein kann, werden in diesem Fall die Zeitstempelungen mit einem Vorzeichen „+“ für ansteigend oder „-“ für abfallend versehen. Wie aus **Fig. 9** deutlich wird, erhält man auch hier eine kontinuierliche Abfolge von Zeitstempelungen **TS**, die den gemessenen Spannungsverlauf und somit die Temperatur über den betrachteten Zeitraum sehr genau und lückenlos abbilden. Ändert sich die Temperatur d. h. die Spannung V nicht, wird keine Zeitstempelung generiert. Im Übrigen entspricht das Verfahren den in Zusammenhang mit dem eingangs beschriebenen Beispiel der Durchflussmessung dargelegten Maßnahmen.

[0081] Das in **Fig. 10** dargestellte Sensor-Netzwerk umfasst in der Komponentenebene einen Sensor **1** bzw. einen Verbrauchszähler **10**, einen Datensammler **3** sowie ein Head-End **4**. Der Sensor **1** bzw. der Verbrauchszähler **10** verfügen in der Referenzzeitebene über eine eigene Sensorzeit **T_s**, welche beispielsweise über einen Schwingquarz im Sensor **1** bzw. im Verbrauchszähler **10** bestimmt wird. Das Head-End **4** und der Datensammler **3** sind mit einer Standardzeit synchronisiert, wie beispielsweise der koordinierten Weltzeit (UTC). Die Standardzeit kann beispielsweise von einem Server mittels Network Time Protocol (NTP) abgerufen werden. Sofern es sich um ein unidirektionales Sensor-Netzwerk handelt, kann es mehrere Zeitzonen geben aufgrund des fehlenden Downlinks vom Datensammler **3** bzw. vom Head-End **4** an den Sensor **1** bzw. an den Verbrauchszähler **10** zur Synchronisation der Zeit des Sensors **1** bzw. des Verbrauchszählers **10**. Somit ist es notwendig, dass das System die individuellen variierenden Zeiten des Sensors **1** bzw. des Verbrauchszählers **10** mit der Weltzeit koordiniert und/oder kompensierte.

[0082] Die Sensorzeit **T_{Sensor}** zum Messzeitpunkt am Sensor **1** bzw. am Verbrauchszähler **10** wird für die Generierung von Zeitstempelungen **TS** auf der Basis des Korrelierungsmodells von Rohmessdaten verwendet. Der Messzeitpunkt ist daher üblicherweise mit einem Zeitversatz im Vergleich zum Empfangszeitpunkt am Datensammler **3** behaftet. Für den Sendezeitpunkt eines Telegramms vom Sensor **1** bzw. vom Verbrauchszähler **10** kann die Annahme getroffen werden, dass dieser identisch bzw. nahezu identisch mit dem Empfangszeitpunkt dieses Telegramms am Datensammler **3** ist.

[0083] Bei der in **Fig. 11** gezeigten Ausgestaltung der Erfindung ist die Kompensation des zeitlichen Versatzes **200** entkoppelt und unabhängig von der tatsächlichen Übertragung der Daten bzw. der Zeitstempelungen **100**. Die vom Sensor **1** bzw. Verbrauchszähler **10** aufgenommenen Zeitstempelungen **TS** von Rohmessdaten auf der Basis des Korrelierungsmodells werden gebündelt in Form von Zeitstempelungs-Telegrammen **100** in einem Zeitintervall

t_D an den Datensammler **3** weiter gesendet. Die Zeitintervalle in denen der Sensor **1** bzw. der Verbrauchszähler **10** die Zeitstempelungen **TS** generieren sind somit kürzer als die Zeitintervalle in denen die Zeitstempelungen **TS** weiter an den Datensammler **3** übertragen werden. Die Zeitstempelungen **TS** werden beispielsweise in den Speichermitteln **7** des Verbrauchszählers **10** bis zur Übertragung als Zeitstempelungs-Telegramm **100** zwischengespeichert. Anschließend werden die Zeitstempelungen **TS** zum Weitersenden vom Verbrauchszähler **10** an den Datensammler **3** als Zeitstempelungs-Telegramme **100** vorbereitet. Die Zeitstempelungs-Telegramme **100** enthalten die Zeitstempelungen **TS**, welche beispielsweise durch Arrays aus Zeitpunkten dargestellt werden. Zusätzlich können die Zeitstempelungs-Telegramme **100** die Sendezeit basierend auf der Sensorzeit **T_{Sensor}** senden. Ein Zeitstempelungs-Telegramm **100** kann demnach ein Datentelegramm **17** oder ein Datenpaket **PA**, sein bzw. dieses enthalten. Die Zeitstempel des Sensors **1** bzw. des Verbrauchszählers **10** entsprechen dabei keiner Standardzeit. Der Sensor **1** bzw. der Verbrauchszähler **10** senden die Zeitstempelungs-Telegramme **100** entsprechend eines vordefinierten Sendeintervalls. Diese Sendeintervalle sind üblicherweise asynchron zum Zeitgeber im Datensammler **3** bzw. Head-End **4**, wodurch eine korrekte Zeitkorrelation zwischen der aktuellen Sensorzeit **T_{Sensor}** und der Standardzeit UTC nicht direkt möglich ist. Um eine Zeitkorrelation zwischen dem Sensor **1** bzw. dem Verbrauchszähler **10** und dem Datensammler **3** bzw. dem Head-End **4** herzustellen, sendet der Sensor **1** bzw. der Verbrauchszähler **10** zusätzlich synchrone und gegebenenfalls nummerierte Kompensations-Telegramme **200**. Diese Kompensations-Telegramme **200** weisen eine im System bekannte Periodizität auf.

[0084] Der Sensor **1** bzw. der Verbrauchszähler **10** verwenden für die Erstellung der Kompensations-Telegramme **200** zeitdiskrete Werte **201**. Diese zeitdiskreten Werte **201** können beispielsweise von einem Schwingquarz abgeleitet werden.

[0085] Der Datensammler **3** empfängt die Zeitstempelungs-Telegramme **100** sowie die Kompensations-Telegramme **200**. Der Datensammler **3** misst präzise den Empfangszeitpunkt **T_E** der Kompensations-Telegramme **200**. In **Fig. 11** sind beispielhaft drei Kompensations-Telegramme **200-1** bis **200-3** dargestellt. Der Datensammler **3** berechnet den Zeitversatz und/oder den zeitlichen Drift **err_T** durch den Abstand zwischen den Kompensations-Telegrammen **200**. Der Abstand **tsync** zwischen den Kompensations-Telegrammen **200** muss hierfür kurz genug sein. Dadurch ist die Annahme gerechtfertigt, dass kein signifikanter zeitlicher Drift zwischen zwei bzw. mehreren Kompensations-Telegrammen **200** auftritt. In **Fig. 11** werden die Kompensations-Telegramme **200-1** bis **200-3** mit einem zeitlichen Abstand von **tsync** vom Sen-

sor **1** bzw. vom Verbrauchszähler **10** ausgesendet. Der Datensammler **3** bestimmt den zeitlichen Abstand zwischen den empfangenen Kompensations-Telegrammen **200-1** bis **200-3** durch die Empfangszeitpunkte T_E . Sofern die Zeitintervalle zwischen den Empfangszeitpunkten T_E nicht dem Zeitintervall t_{sync} entsprechen, wird ein Fehler err_{1T} bzw. err_{2T} bestimmt. Durch die Nummerierung der Kompensations-Telegramme **200** kann der Zeitversatz und/oder der zeitliche Drift err_T ermittelt werden, beispielsweise durch eine Mittelung des Fehlers err_{1T} bis err_{100T} von hundert Kompensations-Telegrammen **200**.

[0086] Der Datensammler **3** bereitet die empfangenen Zeitstempelungs-Telegramme **100**, welche beispielsweise Arrays mit Zeitstempelungen **TS** auf Basis der Sensorzeit T_{Sensor} enthalten, zusammen mit dem für den Sensor **1** bzw. Verbrauchszähler **10** ermittelten Zeitversatz und/oder zeitlichen Drift err_T als Zeitstempelungs-Paket **101** zum Hochladen an das Head-End **4** vor. Die Zeitstempelungs-Pakete **101** werden gemäß einem vorher festgelegten Zeitintervall hochgeladen. Die Berechnung des Zeitversatzes und/oder des zeitlichen Drifts err_T kann neben dem Datensammler **3** auch beispielsweise im Head-End **4** erfolgen. In diesem Fall enthalten die Zeitstempelungs-Pakete **101** zudem für jeden Sensor **1** bzw. Verbrauchszähler **10** individuelle Arrays mit den Empfangszeiten T_E aus denen der Zeitversatz und/oder der zeitliche Drift err_T berechnet werden kann. Für ein Array aus Zeitstempelungen **TS** gilt ein zeitlicher Drift, wogegen für die einzelne Zeitstempelung ein Versatz gilt. Durch Kenntnis des Versatzes kann zudem der zeitliche Drift kompensiert werden.

[0087] Das Head-End **4** empfängt Zeitstempelungs-Pakete **101** von einer Vielzahl von Datensammern **3**. Das Head-End **4** überwacht den aktuellen Zeitversatz und/oder den aktuellen zeitlichen Drift aller Sensoren **1** bzw. Verbrauchszähler **10**, die unter der Verwaltung des Head-Ends **4** stehen. Sobald das Head-End **4** ein Update für den Zeitversatz und/oder den zeitlichen Drift eines Sensors **1** bzw. Verbrauchszählers **10** erhält, koordiniert das Head-End **4** den empfangenen neuen Wert mit dem aktuellen Wert und führt eine Validierung durch. Das Head-End **4** ordnet die Arrays aus Zeitstempelungen **TS** entsprechend dem für den Sensor **1** bzw. Verbrauchszähler **10** individuell validierten Zeitversatz und/oder zeitlichen Drift neu an und persistiert die Daten bzw. hält die Daten über einen längeren Zeitraum bereit.

[0088] In der in **Fig. 12** dargestellten Ausgestaltung ist die Zeitkompensation in die reguläre Übertragung der Zeitstempelungen **TS** bzw. in die Zeitstempelungs-Telegramme **100** integriert. Dadurch besteht eine enge Kopplung zwischen den Zeitstempelungen **TS** und der Messzeit innerhalb der Dateneinheiten. Sofern Zeitstempelungen **TS** innerhalb des Systems ausgetauscht bzw. übertragen werden, besteht für je-

de Einheit zur Datenverarbeitung die Möglichkeit, auf beide Informationen zuzugreifen. Andererseits ist es notwendig, dass der Sensor **1** bzw. der Verbrauchszähler **10** das Senden der Zeitstempelungen **TS** anpasst. Hierfür kann der Sendezeitpunkt auf Basis der Sensorzeit T_{Sensor} innerhalb des entsprechenden Zeitstempelungs-Telegramm **100** übermittelt werden. Der Datensammler **3** zeichnet für jedes empfangene Zeitstempelungs-Telegramm **100** den Empfangszeitpunkt T_E basierend auf der Realzeit, wie UTC, auf.

[0089] Ein Datagramm aus Zeitstempelungen **TS** enthält eine Mehrzahl an Zeitstempelungen **TS** sowie zusätzlich den exakten Übertragungszeitpunkt. Unter der Annahme, dass der Empfangszeitpunkt T_E am Datensammler **3** und der Sendezeitpunkt am Sensor **1** bzw. Verbrauchszähler **10** identisch sind, ist der Datensammler **3** in der Lage, den Zeitversatz und/oder den zeitlichen Drift zwischen seiner eigenen Standardzeit UTC und der Sensorzeit T_{Sensor} zu berechnen. Es muss davon ausgegangen werden, dass zwischen dem Senden und dem Empfangen kein signifikanter zeitlicher Versatz auftritt.

[0090] Hierfür ist es beispielsweise notwendig im Sensor **1** bzw. im Verbrauchszähler **10** das Zeitstempelungs-Telegramm **100** mit der Sendezeit des Verbrauchszählers **10** versehen werden, welche sich z. B. vom Zeitgeber des Verbrauchszählers **10** ableitet. Im Datensammler **3** kann beim Empfang dieses Zeitstempelungs-Telegramms **100** die mitgesendete Sendezeit des Verbrauchszählers **10** mit der Empfangszeit im Datensammler **3** verglichen werden. Sofern kein Zeitversatz und/oder zeitlicher Drift err_T zwischen Verbrauchszähler **10** und Datensammler **3** vorliegt, würde unter der oben beschriebenen Annahme, dass der Sendezeitpunkt des Zeitstempelungs-Telegramms **100** identisch ist mit dem Empfangszeitpunkt dieses Zeitstempelungs-Telegramms **100**, die vom Verbrauchszähler **10** gesendete Sendezeit mit der Empfangszeit im Datensammler **3** übereinstimmen. Sofern die Sendezeit und Empfangszeit nicht identisch sind, kann daraus ein Zeitversatz und/oder zeitlicher Drift err_T zwischen dem Zeitgeber des Verbrauchszählers **10** und dem Zeitgeber des Datensammlers **3** berechnet werden. Sofern der Zeitversatz der Sensorzeit T_{Sensor} zur Realzeit bekannt ist, können dazu relative Zeitstempelungen **TS** telegrammatisch berichtet werden.

[0091] Bei den in **Fig. 11** sowie in **Fig. 12** dargestellten Ausgestaltungen ist es unerheblich für die Anwendbarkeit des Verfahrens, ob die Korrektur des Zeitversatzes und/oder des zeitlichen Drifts err_T im Datensammler **3** oder im Head-End **4** durchgeführt wird. Da das Head-End **4** sowie der Datensammler **3** mit derselben Standardzeit koordiniert sind, z. B. mit der koordinierten Weltzeit UTC, sind demnach Datensammler **3** sowie Head-End **4** in der Lage, die Korrek-

tur des Zeitversatzes und/oder des zeitlichen Drifts durchzuführen.

[0092] Durch die erfindungsgemäße Sammlung von Zeitstempelungen **TS**, die von den Sensoren **1** bzw. Verbrauchszählern **10** des oder eines bestimmten Netzwerks geliefert werden, ermöglicht die Erfindung alle Arten von Auswertung, Analyse, Überprüfung, Überwachung sowie allgemein nützlicher oder gewünschter Verarbeitung und Verwertung, da die grundlegende einzelne Rohinformation zur Verfügung steht. Die Auswertung der bereitgestellten Zeitstempelungen **TS** erfolgt vorzugsweise im Bereich des Head-Ends **4** über Auswertemittel **18** und ergibt eine Vielzahl wichtiger Informationen, die für die Verwaltung des Versorgungsnetzes notwendig sind, bisher aber noch nicht generiert werden konnten, wie z.B. Verbrauch, Zählerindex, zeitzugeordneter Verbrauch, Leckage-Detektion, Over-/Underflow, historischer Verlauf und/oder Manipulation. Informationen können somit jederzeit auch retrospektive zeitlückenlos abgerufen und einer bisherigen Auswertung zugeführt werden.

[0093] Die aus den Zeitstempelungen **TS** rekonstruierten Rohmessdaten liegen im Head-End **4** erfindungsgemäß als Rohmessdatenstrom **13** in sehr hoher Auflösung bzw. Granularität ohne zeitliche Lücken vor. Demzufolge liegen im Gegensatz zu bisherigen Verfahren aufgrund des erfindungsgemäßen Verfahrens im Head-End **4** sehr viel mehr verwertbare Daten vor als bisher.

[0094] Der im Head-End **4** vorliegende Rohmessdatenstrom **13** besitzt vorzugsweise eine Auflösung im Sekundenbereich, Zehntelsekundenbereich, Hundertstelsekundenbereich oder Tausendstelsekundenbereich.

[0095] Gegenstand der Erfindung ist auch, wie in **Fig. 1** schematisch dargestellt, ein Versorgungsnetz zur Verteilung eines insbesondere fluiden Verbrauchsguts unter Einsatz entsprechend hergerichteter Verbrauchszähler **10**, die in dem Versorgungsnetz betrieben werden. Der jeweilige Verbrauchszähler **10** umfasst, vgl. **Fig. 2**, mindestens einen Sensor **1**, welcher über ein Messelement **9** Rohmessdaten erfassen kann. Des Weiteren umfasst der jeweilige Verbrauchszähler **10** eine Messdatenaufbereitung **14**, die einen Mikroprozessor **8**, Speichermittel **7** sowie eine Zeitreferenzeinrichtung **15** beinhaltet. In der Messdatenaufbereitung **14** erfolgt eine Zeitstempelung **TS** aufgrund der Rohmessdaten, eine Komprimierung der Zeitstempelungen **TS** sowie eine Aufbereitung in ein Format, das zur Übertragung über eine Funkstrecke **11** bzw. über die primäre Kommunikationsstrecke **5** gemäß einem bestimmten Protokoll geeignet ist.

[0096] Der Verbrauchszähler **10** kann eine (nicht dargestellte) eigene Stromversorgung in Form einer Batterie oder dergleichen bei Bedarf umfassen. So mit kann der Verbrauchszähler **10** energieautark betrieben werden.

[0097] Im Bereich des Head-Ends **4** sind Auswertemittel **18** vorgesehen, die in der Lage sind, die Zeitstempelungen **TS** in den einzelnen Datentelegrammen **17_i** - **17_{i+n}** bzw. deren Datenpakete **PA_j** zeitkontinuierlich und ohne Lücken zu einem fortlaufenden lückenlosen Rohmessdatenstrom **13** zusammenzuführen und hieraus entsprechende Dekomprimierungen, Auswertungen, Berechnungen und dergleichen vorzunehmen. Die entsprechenden Daten umfassen vorzugsweise alle in dem Versorgungsnetz befindlichen Verbrauchszähler **10**.

[0098] Darüber hinaus umfasst das vorgenannte System für das betreffende oder jedes geografische Gebiet, in dem die Verbrauchszähler **10** installiert sind, einen festen Datensammler **3** (Konzentrator), der mit den Verbrauchszählern **10** des Gebietes, das ihm zugewiesen ist, eine primäre Kommunikationsstrecke **5** des Versorgungsnetzes bildet. Die primäre Kommunikationsstrecke **5** kann beispielsweise als Funkstrecke **11** ausgebildet sein. Der Datensammler **3** ist wiederum über eine tertiäre Kommunikationsstrecke **6** mit dem Head-End **4** verbunden. Die Daten können entlang der tertiären Kommunikationsstrecke **6** auf unterschiedliche Art und Weise übertragen werden, beispielsweise via LAN, GPRS, LTE, 3G, 4G usw.

[0099] Vorzugsweise bilden die Speichermittel **7** eines jeden Sensors **1** bzw. Verbrauchszählers **10** einen Pufferspeicher und sind geeignet und dazu hergerichtet, den Inhalt mehrerer **PA_j**-Pakete von Zeitstempelungen **TS** insbesondere im komprimierten Zustand zu speichern, wobei der Inhalt oder ein Teil des Inhalts dieses Pufferspeichers bei jeder Übertragung bzw. Abruf durch den Datensammler **3** übertragen wird.

[0100] Die von jedem Datensammler **3** gesammelten Informationen werden direkt oder indirekt an das Head-End **4** übermittelt. Dort werden auch die „Business“-Funktionen definiert und ausgeführt.

[0101] Mit dem erfindungsgemäßen Verfahren können somit beliebige Rohmessdaten abgetastet und als Auslöser für Zeitstempelungen **TS** verwendet werden. Bei den Zeitstempelungen **TS** kann es sich insbesondere um Zeitpunkte oder Zeitdifferenzen handeln. Vorzugsweise ist ein Startzeitpunkt definiert.

[0102] Vorzugsweise werden die Zeitstempelungen **TS** in den Speichermitteln **7** des Verbrauchszählers **10** erst dann gelöscht, wenn die Übertragung der

Zeitstempelungen **TS** über die primäre Kommunikationsstrecke **5** vom Empfänger bzw. Datensammler **3** bestätigt worden ist.

[0103] Der Fachmann versteht selbstverständlich, dass die Erfindung auf die Messung und Fernauslesung verschiedenster Parameter und Größen angewendet werden kann: Es genügt, eine elementare (vom Sensor **1** messbare) Veränderung eines Parameters oder einer Größe in Übereinstimmung mit der Auflösung des betrachteten Sensors **1** genau datieren zu können (die zeitgestempelte elementare Variation kann der Auflösung des Sensors oder möglicherweise einem Vielfachen dieser Auflösung entsprechen).

[0104] Selbstverständlich ist die Erfindung nicht auf die in den beigefügten Zeichnungen beschriebenen und dargestellten Ausführungsformen beschränkt. Änderungen bleiben möglich, insbesondere hinsichtlich der Beschaffung der verschiedenen Elemente oder durch technische Entsprechungen, ohne dass dadurch der Schutzbereich der Erfindung verlassen wird. Vom Gegenstand der Offenbarung umfasst, sind ausdrücklich auch Kombinationen von Teilmerkmalen oder Untergruppen von Merkmalen untereinander.

Bezugszeichenliste

1	Sensor
2	Funk-Kommunikationsmittel
3	Datensammler
4	Head-End
5	primäre Kommunikationsstrecke
6	tertiäre Kommunikationsstrecke
7	Speichermittel
8	Mikroprozessor
9	Messelement
10	Verbrauchszähler
11	Funkstrecke
13	Rohmessdatenstrom
14	Messdatenaufbereitung
15	Zeitreferenzeinrichtung
16	Versorgungsleitung
17	Datentelegramm
18	Auswertemittel
19	Impulsgeberelement
20	Flügelrad
22/23	Ultraschallwandlerelement

24	Ultraschallmessstrecke
100	Zeitstempelungs-Telegramm
101	Zeitstempelungs-Paket
200	Kompensations-Telegramm
201	Zeitdiskreter Wert
300	sync NTP
W	Pulsweite
T_{Sensor}	Sensorzeit
T_E	Empfangszeitpunkt
err_T	Zeitversatz / zeitlicher Drift
PA_j	Datenpaket
TS	Zeitstempelung

Patentansprüche

1. Verfahren zum Sammeln von Daten, vorzugsweise Daten in Zusammenhang mit einem Verbrauch, einem physikalischen oder physikalisch-chemischen Parameter und/oder einem Betriebszustand im Rahmen eines Betriebs eines lokalen Sensors (1), vorzugsweise eines Sensors (1) für einen Verbrauchszähler (10), als Bestandteil eines mindestens einen lokalen Sensor (1) vorzugsweise eine Mehrzahl von lokalen Sensoren (1) umfassendes Versorgungsnetzes zur Verteilung eines Verbrauchsguts, wobei der Sensor (1) ein Messelement (9) enthält, das Messelement (9) des jeweiligen Sensors (1) elementare Messeinheiten, die mindestens einer physikalischen oder physikalisch-chemischen Größe oder mindestens eines physikalischen oder physikalisch-chemischen Parameters entsprechen, als Rohmessdaten liefert, und der Sensor (1) Funk-Kommunikationsmittel (2) sowie Speichermittel (7) umfasst, **dadurch gekennzeichnet**, dass zur Festlegung der Messauflösung des Sensors (1) die Bedingungen für ein Generieren von Zeitstempelungen (TS) unter Anwendung eines Korrelierungsmodells vorher festgelegt werden, auf der Basis des Korrelierungsmodells Zeitstempelungen (TS) von aufeinanderfolgenden Rohmessdaten in dem Sensor (1) generiert werden, die Zeitstempelungen (TS) über eine drahtgebundene Verbindung und/oder über eine Funkstrecke übertragen werden, so dass auf Basis der Zeitstempelungen (TS) unter Anwendung des Korrelierungsmodells die vom Messelement (9) erfassten Rohmessdaten rekonstruiert und ausgewertet werden, wobei der zeitliche Versatz zwischen einem Sensor (1) und einem Empfänger korrigiert wird, indem zur Kompensation des zeitlichen Versatzes Telegramme gesendet werden.

2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass der oder die lokalen Sensor(en) (1)

über eine primäre Kommunikationsstrecke (5) mit einem Datensammler (3) in Verbindung stehen, zwischen dem Datensammler (3) und einem Head-End (4) eine tertiäre Kommunikationsstrecke (6) vorgesehen ist und

die von Sensoren (1) und/oder von Verbrauchszählern (10) übertragenen Zeitstempelungen (TS) im Datensammler (3) und/oder im Head-End (4) gesammelt, gespeichert und/oder ausgewertet werden.

3. Verfahren nach mindestens einem der Ansprüche 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass im Rahmen des Korrelierungsmodells ein bestimmter Wert, eine bestimmte Wertänderung oder eine bestimmte Wertdifferenz der mindestens einen physikalischen oder physikalisch-chemischen Größe oder des mindestens einen physikalischen oder physikalisch-chemischen Parameters für die Zuordnung einer Zeitstempelung (TS) festgelegt wird, bei einem Erfassen des bestimmten Werts, der bestimmten Wertänderung oder der bestimmten Wertdifferenz durch das Messelement (9) eine Zeitstempelung (TS) ausgelöst und in den Speichermitteln (7) des Sensors (1) abgespeichert wird.

4. Verfahren nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass im Rahmen des Korrelierungsmodells ein schrittweise oder inkrementell sich erhöhender Zählerstand und/oder eine Wertetabelle mittels Zeitstempelungen (TS) abgebildet wird.

5. Verfahren nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Zeitstempelungen (TS) mit einem Vorzeichen versehen sind.

6. Verfahren nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass eine Mehrzahl von Zeitstempelungen (TS) entlang der primären Kommunikationsstrecke (5) jeweils als Datenpaket (17_i, 17_{i+n}) übertragen werden.

7. Verfahren nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass auf Basis der beim Datensammler (3) und/oder beim Head-End (4) ankommenden Zeitstempelungen (TS) unter Anwendung des Korrelierungsmodells ein Rohmessdatenstrom (13) generiert wird.

8. Verfahren nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass vom Sensor (1) zum Empfänger eine unidirektionale drahtgebundene Verbindung und/oder Funkverbindung besteht.

9. Verfahren nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Telegramme zur Kompensation des zeitlichen Versatzes durchnummierter werden.

10. Verfahren nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass durch die Empfangszeit der Telegramme zur Kompensation des zeitlichen Versatzes ein Fehlerwert berechnet wird.

11. Verfahren nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Periodizität der Telegramme zur Kompensation des zeitlichen Versatzes bekannt ist und darauf basierend der Fehlerwert berechnet wird.

12. Verfahren nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Datensammler (3) und/oder das Head-End (4) die Telegramme zur Kompensation des zeitlichen Versatzes empfangen und einen zeitlichen Fehler basierend auf dem zeitlichen Abstand zwischen Telegrammen zur Kompensation des zeitlichen Versatzes ermittelt.

13. Verfahren nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Daten-Telegramme (17) asynchron zu den Telegrammen zur Kompensation des zeitlichen Versatzes vom Sensor (1) gesendet werden.

14. Verfahren nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass das zeitliche Sendeintervall der Telegramme zur Kompensation des zeitlichen Versatzes unterschiedlich ist als das zeitliche Sendeintervall der Zeitstempelungen (TS).

15. Verfahren nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Zeitstempelungen zusammen mit den Telegrammen zur Kompensation des zeitlichen Versatzes vom Datensammler (3) an das Head-End (4) gesendet werden.

16. Verfahren nach Anspruch 15, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Datensammler (3) und/oder das Head-End (4) die Telegramme zur Kompensation des zeitlichen Versatzes einer Vielzahl von Sensoren (1) koordinieren und gemäß den individuellen zeitlichen Fehlerwerten ordnen.

17. Verfahren nach mindestens einem der Ansprüche 1 bis 12, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Zeitstempelungen (TS) zusammen mit den Telegrammen zur Kompensation des zeitlichen Versatzes vom Sensor (1) gesendet werden.

18. Verfahren nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass der zeitliche Fehler zwischen dem Sensor (1) und einer Standardzeit auf Grundlage des Unterschieds zwischen dem Sendezeitpunkt eines Telegramms im Sensor (1) und dem Empfangszeit-

punkt dieses Telegramms im Empfänger, insbesondere im Datensammler (3) und/oder im Head-End (4) bestimmt wird.

19. Verfahren nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Rohmessdatenstrom (13) in der Weiterfolge der Datenverarbeitung abgesehen von der Messauflösung des Sensors (1) auf einer zeithistorischen Basis zeitlückenlos auswertbar ist.

20. Verfahren nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass es sich bei den elementaren Messeinheiten um die elektrische Spannung oder um die Stromstärke handelt.

21. Verfahren nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die gemessene physikalische Größe sich auf ein Versorgungsmedium, vorzugsweise Wasser, Strom, Treibstoff oder Gas, eines Versorgungsnetzes bezieht.

22. Verfahren nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass der oder einer der gemessene(n) physikalische(n) oder chemisch-physikalische(n) Parameter kennzeichnend ist für die Menge, die Qualität und/oder Zusammensetzung eines Fluids, das durch den betreffenden Sensor (1) strömt oder von diesem kontaktiert wird.

23. Verfahren nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die elementare Messeinheit (9) eine Zeitstempelung (TS) generiert, sobald die elementare Messeinheit (9) einen Impuls empfängt.

24. Verfahren nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Rohmessdatenstrom (13) eine zeitliche Auflösung besitzt, die durch die Sensor-Abtastrate bzw. Messelement-Abtastrate oder ein Vielfaches derselben festgelegt oder bedingt ist.

25. Verfahren nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Rohmessdatenstrom (13) unter Zugrundelegung einer stetigen zeitlichen Auflösung kontinuierlich und/oder vollständig ist.

26. Verfahren nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass es umfasst, eine neue Datenübertragung in Form einer Nachricht oder eines Telegramms durchzuführen, sobald mindestens eine der beiden Bedingungen

(a) Ablauf eines vorgegebenen Zeitintervalls und

(b) Erreichen einer vorgegebenen Menge an komprimierten gesammelten Daten seit der vorherigen Übertragung erfüllt ist.

27. Verfahren nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass es umfasst, die Zeitstempelungen (TS) durch Formatierung in Datenpaketen (PA_j) vorbestimmter fester Größe zu verpacken, wobei jedes Mal, wenn die akkumulierten Daten die Größe eines Datenpaketes (PA_j) erreichen oder das vorgegebene Zeitintervall abgelaufen ist, eine neue Übertragung ausgelöst wird.

28. Verfahren nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Datenübertragung mit einer Redundanz durchgeführt wird.

29. Verfahren nach Anspruch 28, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Redundanz in der Übertragung durch wiederholtes Senden derselben Zeitstempelungen (TS) und/oder wiederholtes Senden desselben Datenpakets (PA_j) in mehreren aufeinanderfolgenden Übertragungsvorgängen erreicht wird.

30. Verfahren nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Zeitstempelungen (TS) in komprimierter Form übertragen werden.

31. Verfahren nach Anspruch 30, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Zeitstempelungen (TS) komprimiert werden und die Komprimierung der Zeitstempelungen (TS) verlustfrei durchgeführt wird.

32. Verfahren nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Komprimierung der Zeitstempelungen (TS) mit einem vorgegebenen zulässigen Verlustniveau durchgeführt wird.

33. Sensor (1), **dadurch gekennzeichnet**, dass dieser nach einem Verfahren gemäß mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche 1 bis 32 betrieben wird.

34. Datensammler (3), **dadurch gekennzeichnet**, dass der Datensammler (3) nach einem Verfahren gemäß mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche 1 bis 32 betrieben wird.

35. Versorgungsnetz zur Verteilung eines Verbrauchsmediums mit mindestens einem lokalen Sensor (1) vorzugsweise einer Mehrzahl von lokalen Sensoren (1) zum Generieren und/oder Weiterleiten von Zeitstempelungen (TS) von Rohmessdaten auf der Basis des Korrelierungsmodells, vorzugsweise Rohmessdaten in Zusammenhang mit einem Verbrauch an Verbrauchs-

medium, einem physikalischen oder physikalisch-chemischen Parameter und/oder einem Betriebszustand eines Verbrauchszählers (10),
einem Datensammler (3),
einer primären Kommunikationsstrecke (5) zwischen dem jeweiligen Sensor (1) und dem Datensammler (3),
einem Head-End (4) zur Auswertung der Daten, sowie
einer tertiären Kommunikationsstrecke (6) zwischen Datensammler (3) und Head-End (4), **dadurch gekennzeichnet**, dass der oder die Sensor(en) (1) nach einem Verfahren gemäß mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche 1 bis 32 betrieben wird bzw. werden.

Es folgen 10 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

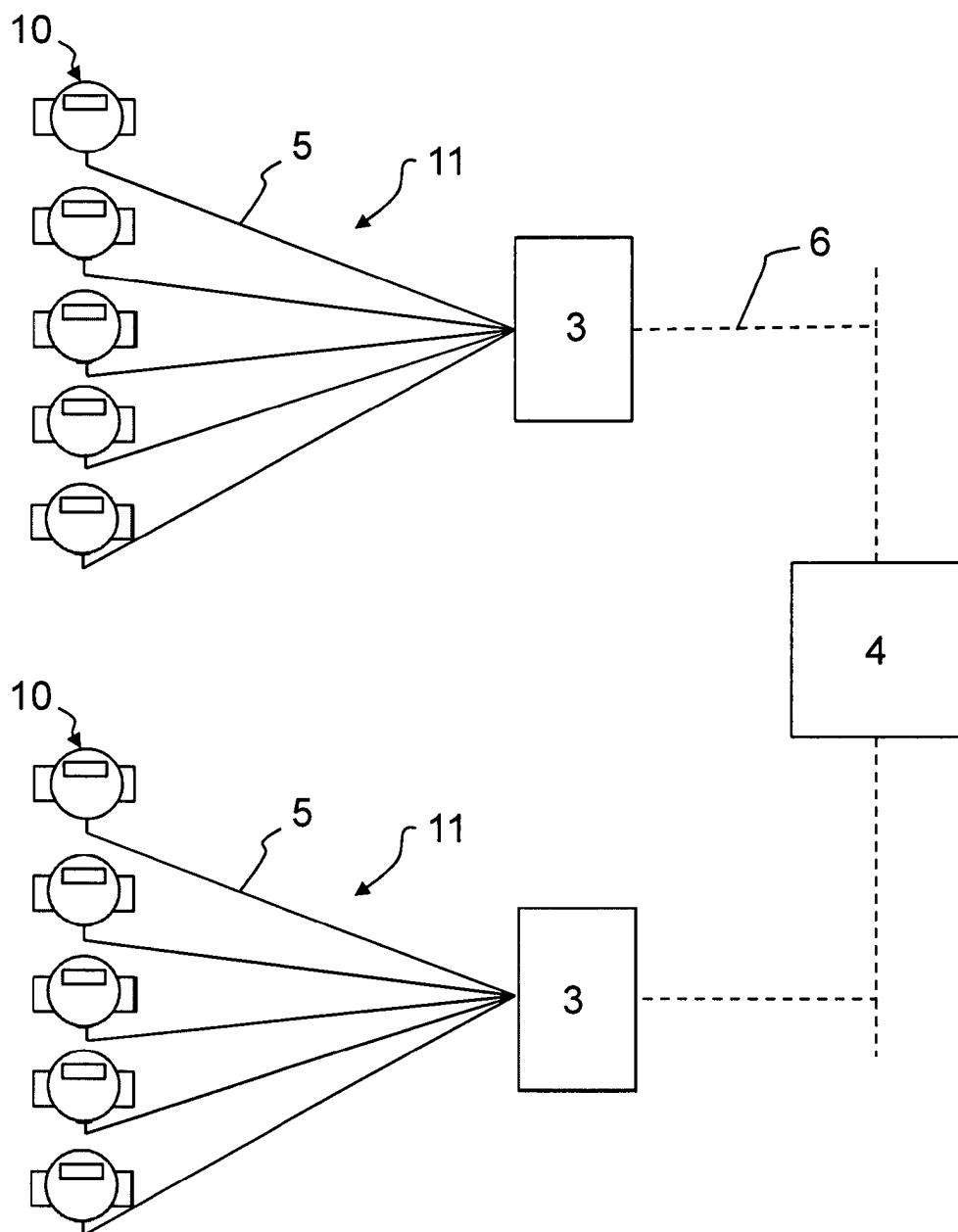
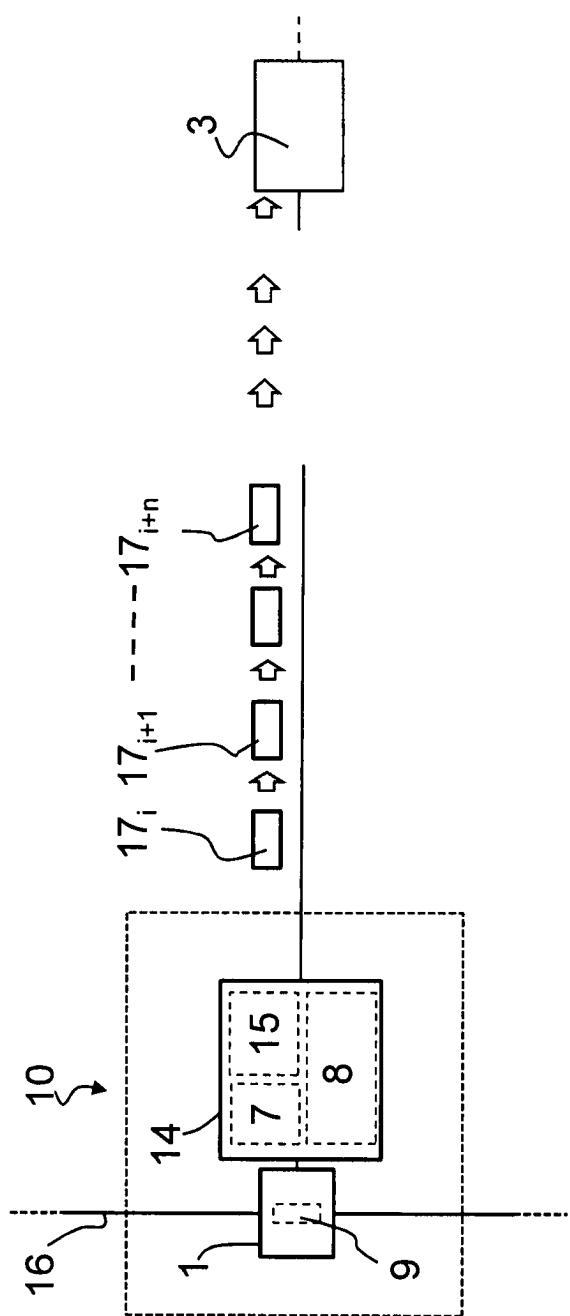


Fig. 1

Fig. 2



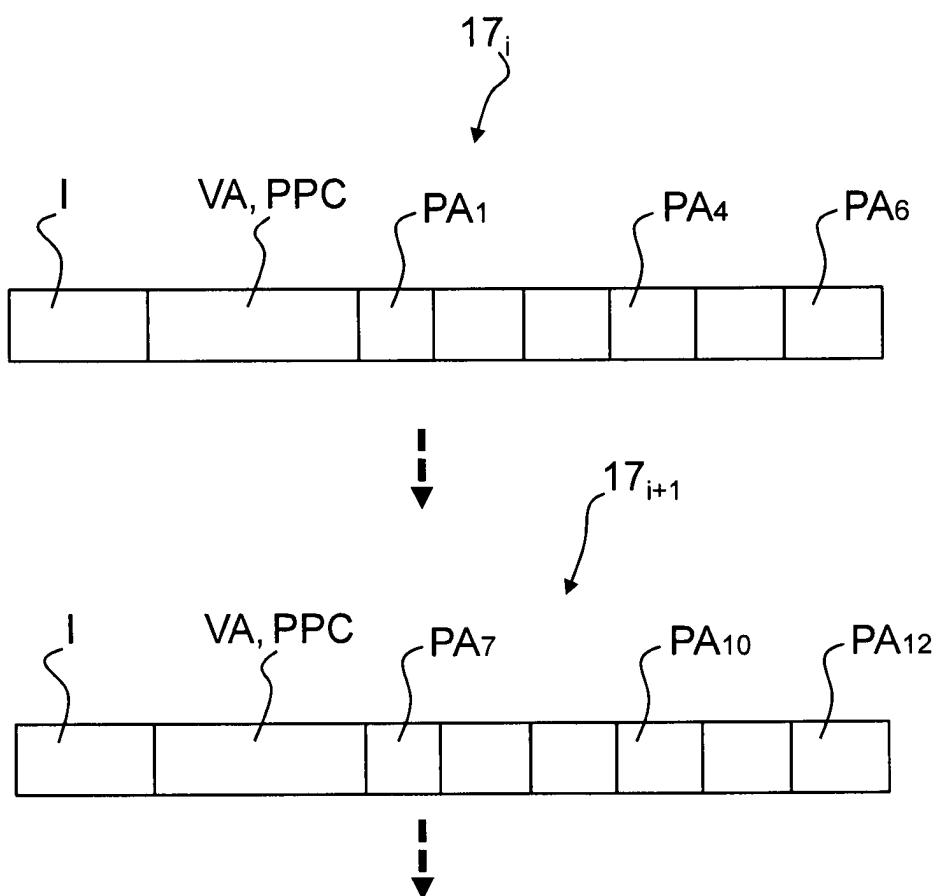


Fig. 3

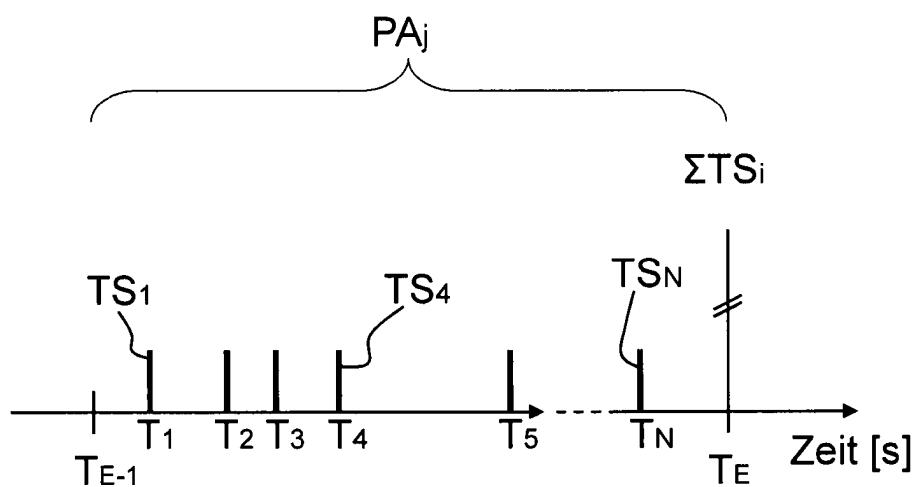


Fig. 4

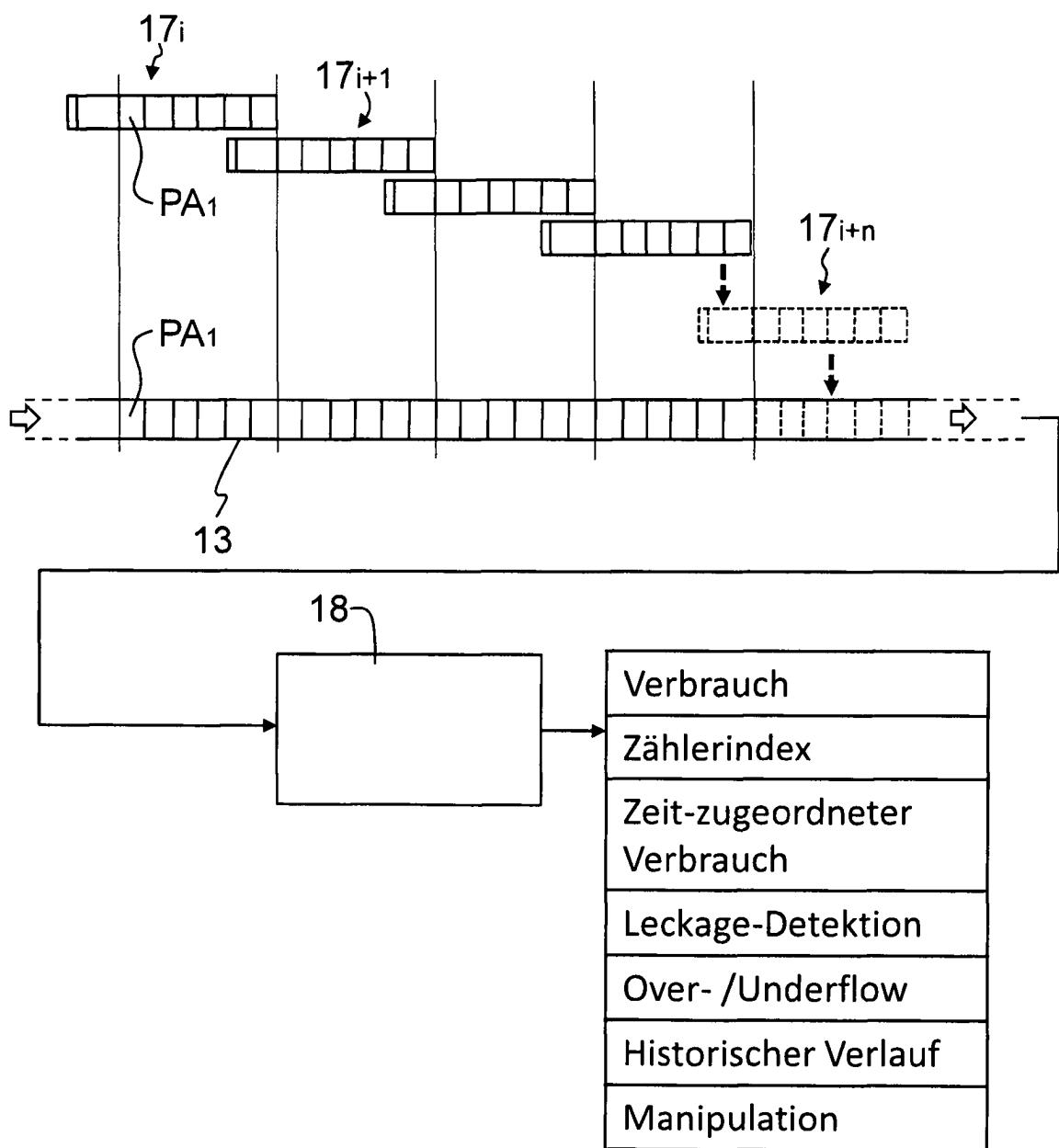


Fig. 5

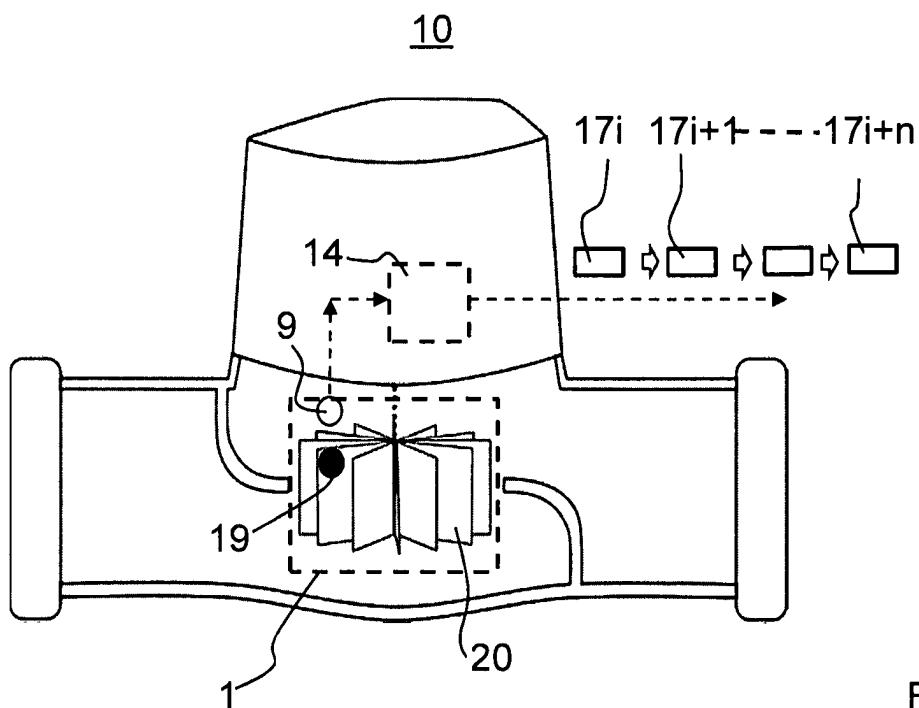


Fig. 6

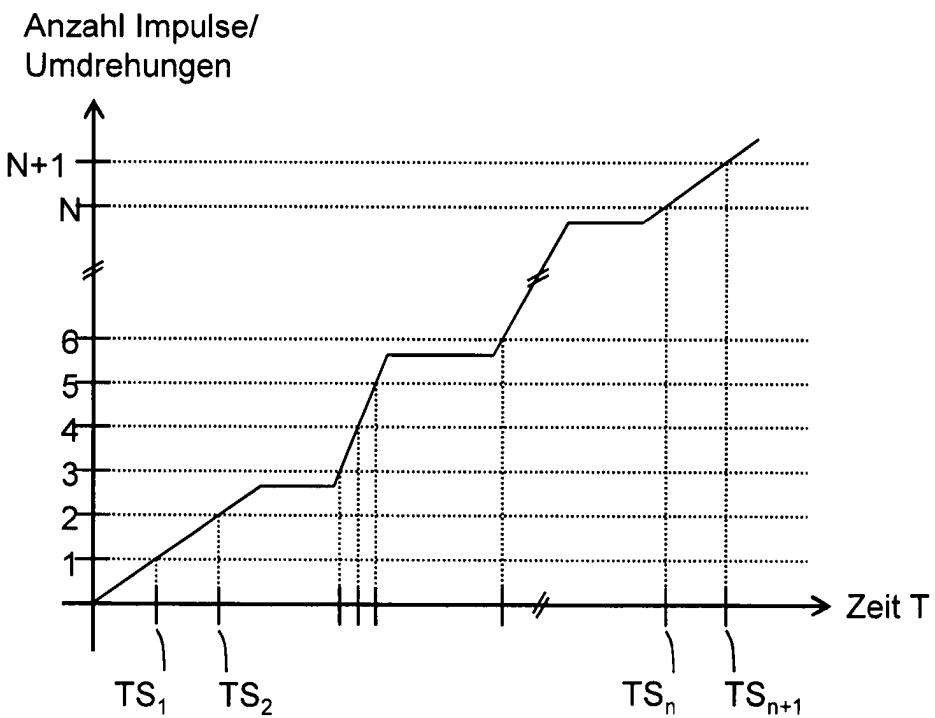


Fig. 7

1

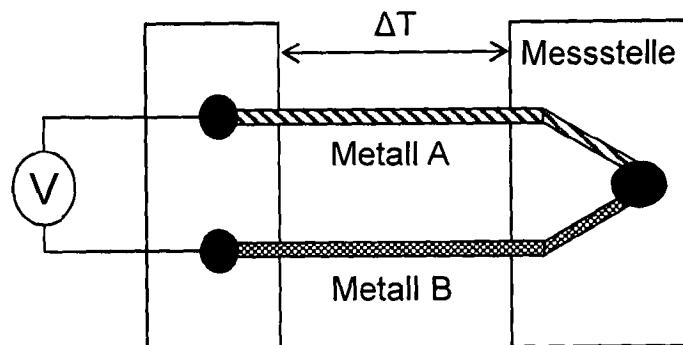


Fig. 8

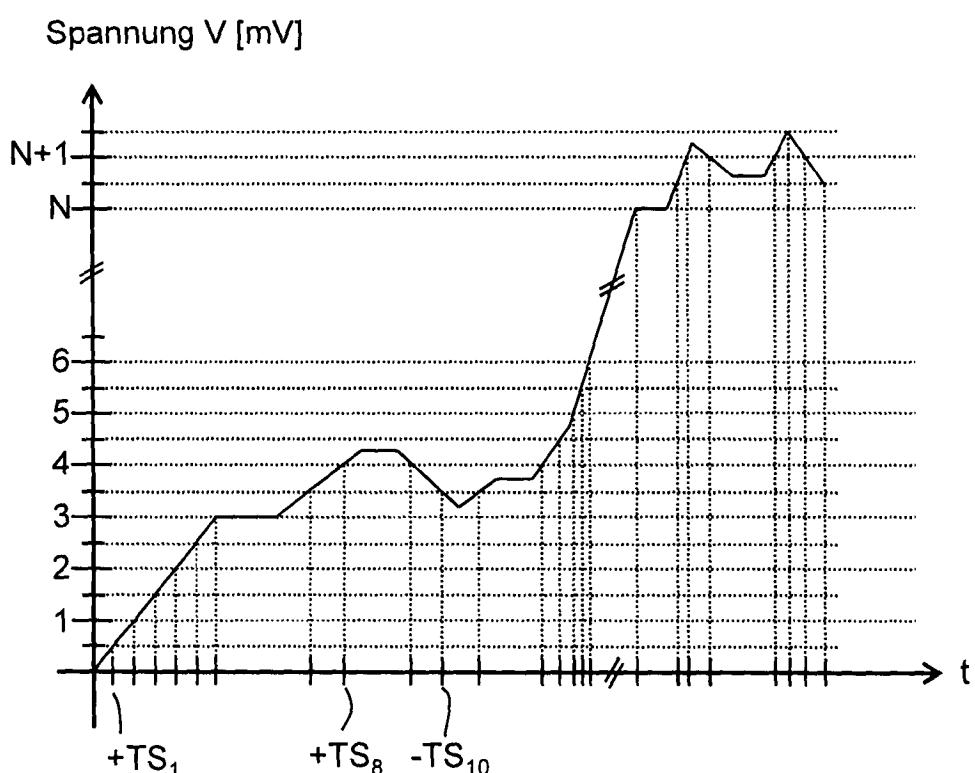


Fig. 9

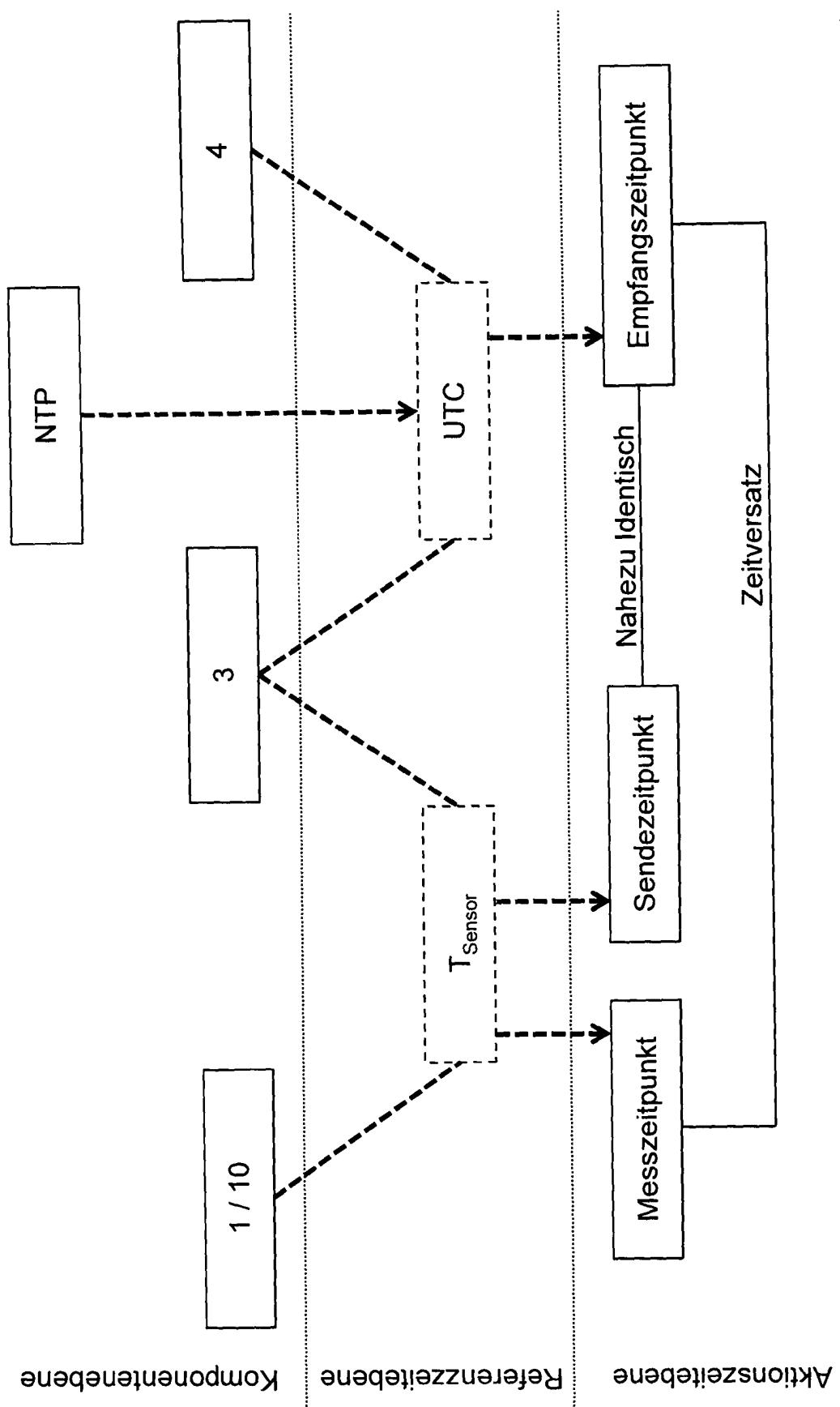


Fig. 10

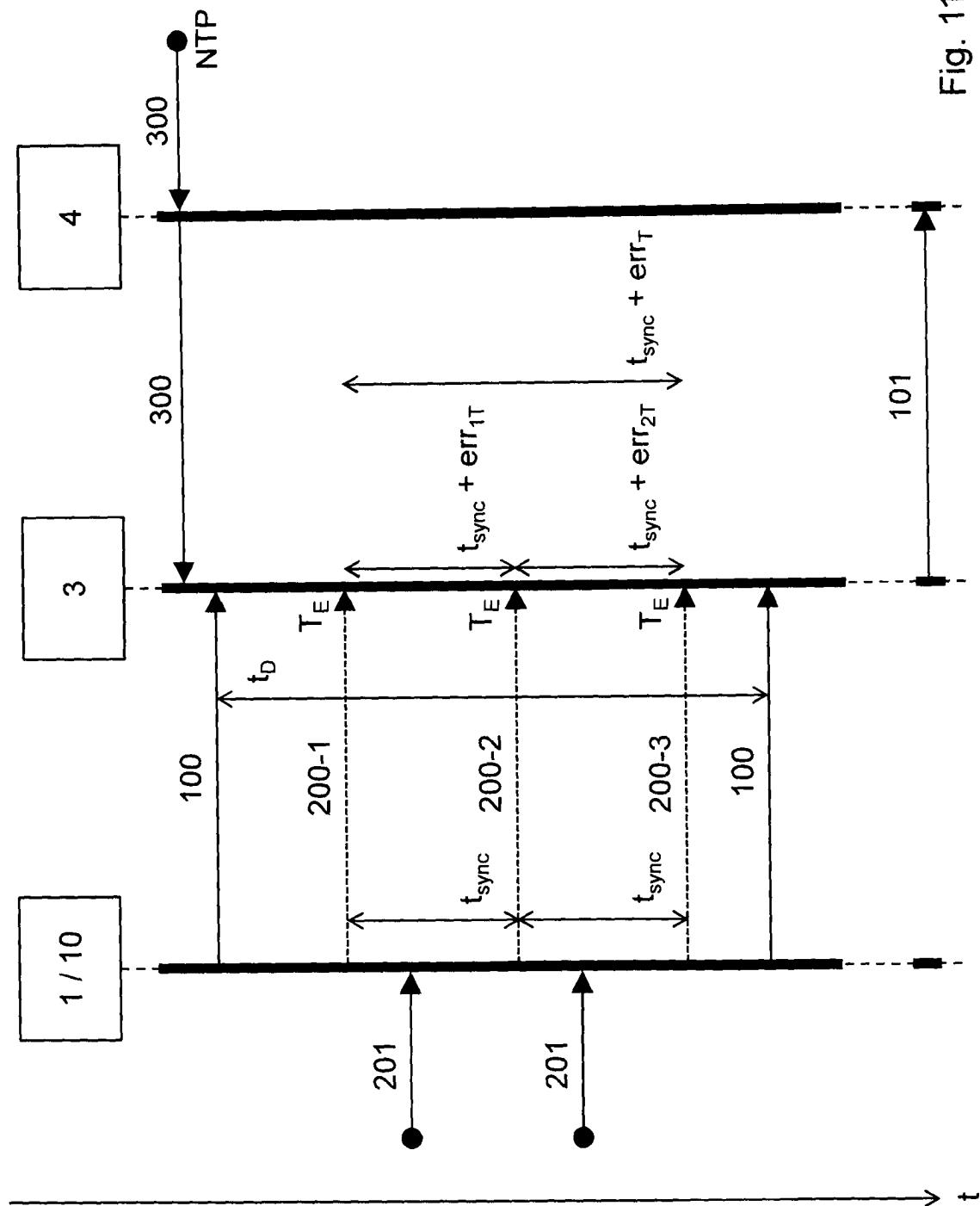


Fig. 11

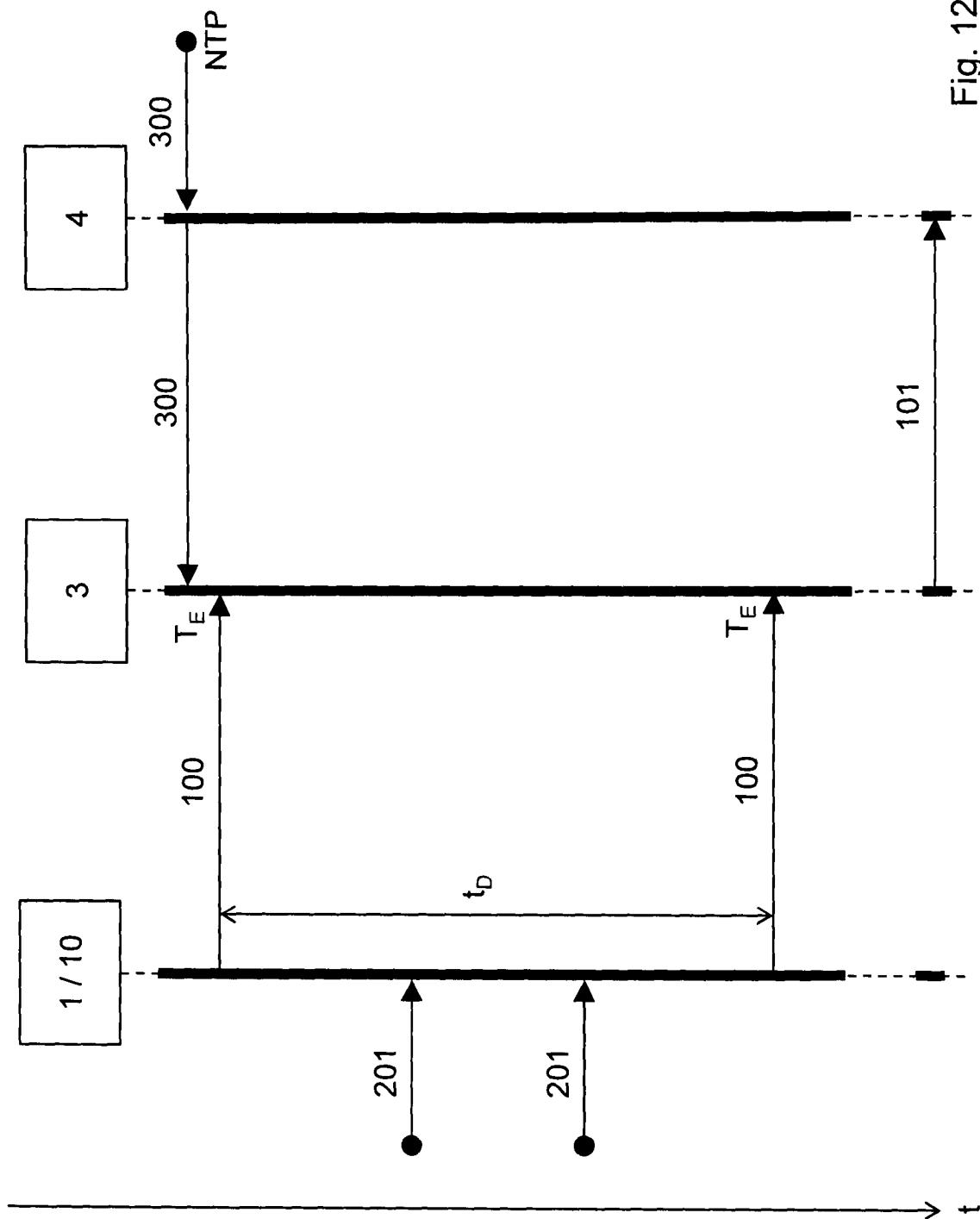


Fig. 12