



European Patent Office



EP 0 716 404 A1

(43) Veröffentlichungstag:
12.06.1996 Patentblatt 1996/24

(51) Int. Cl.⁶: **G08C 19/28**

(21) Anmeldenummer: 95118878.8

(22) Anmeldetag: 30.11.1995

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AT CH DE ES FR GB IT LI NL SE

(30) Priorität: 09.12.1994 DE 4443959

(71) Anmelder:

- **Mehnert, Walter, Dr.**
D-85521 Ottobrunn (DE)
- **Theil, Thomas, Dr.**
D-82340 Feldafing (DE)

(72) Erfinder:

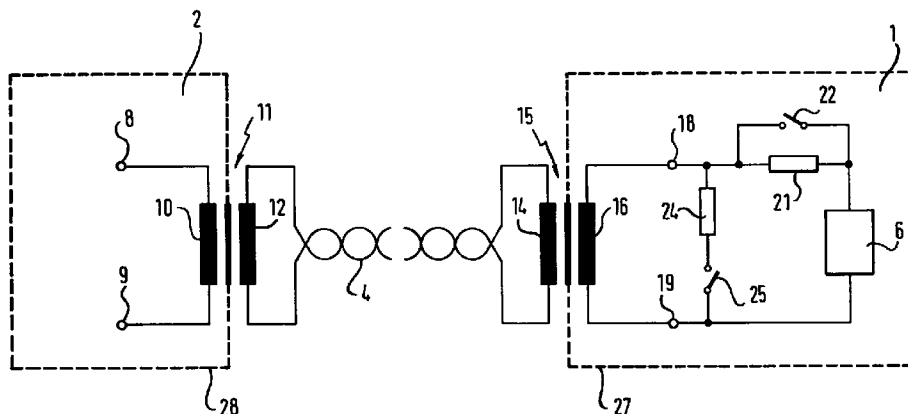
- **Mehnert, Walter, Dr.**
D-85521 Ottobrunn (DE)
- **Theil, Thomas, Dr.**
D-82340 Feldafing (DE)

(74) Vertreter: **Strasser, Wolfgang, Dipl.-Phys et al**
Patentanwälte
Strohschänk, Uri, Strasser & Englaender
Innere Wiener Strasse 8
D-81667 München (DE)

(54) Verfahren zur seriellen Übertragung von digitalen Messwerten

(57) Bei einem Verfahren zur seriellen Übertragung der von einem Sensor fortlaufend gelieferten, senderseitig in digitaler Form vorliegenden Meßwerte an einen Empfänger, werden zur Erzielung einer möglichst hohen Übertragungsrate bei minimalem Aufwand hinsichtlich der benötigten Übertragungsleitungen die Meßwerte in so kurzen zeitlichen Abständen ermittelt, daß ihre Abweichung vom jeweils vorausgehend ermittelten Meßwert im Regelfall durch lediglich zwei Bit darstellbar ist, von denen das eine das Vorzeichen und das andere den Wert der Abweichung wiedergibt. Von den innerhalb

eines vorgegebenen Zeitraumes anfallenden Meßwerten wird nur jeweils einer vollständig als Absolutwert übertragen, während von den anderen nur jeweils die auf diesen einen Meßwert bezogenen inkrementalen Änderungswerte übertragen werden. Empfängerseitig werden den senderseitig anfallenden Meßwerten entsprechende, "virtuelle" Meßwerte dadurch synthetisiert, daß die übertragenen Inkrementalwerte wert- und vorzeichenrichtig zu dem vollständig übertragenen Absolutwert hinzugefügt werden.



Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren der im Oberbegriff des Anspruchs 1 genannten Art.

Solche Verfahren kommen beispielsweise dann zum Einsatz, wenn fortlaufend Meßwerte von einem peripher angeordneten Sensor zu einer zentralen, als Verwender fungierenden Auswerte- und Verarbeitungseinheit übertragen werden sollen. Nach dem Stand der Technik ergibt sich dabei das Problem, daß die Übertragungsrate proportional zur Genauigkeit bzw. zum Auflösungsvermögen sinkt, mit denen die Meßwerte gewonnen und übermittelt werden, da hohe Genauigkeit bzw. hohes Auflösungsvermögen eine hohe Anzahl von Bit je Meßwert erforderlich machen.

Wenn diese Bitzahl pro Meßwert in eine Größenordnung von zwölf oder mehr Bit kommt, geht man daher häufig zu einer parallelen Übertragung über, die aber den Nachteil aufweist, daß eine große Zahl von parallelen, schlecht abzuschirmenden Übertragungsleitungen mit einer entsprechend großen Anzahl von Sende- und Empfangseinheiten erforderlich ist. Der Nachteil der parallelen Datenübertragung wird vor allem dann sichtbar, wenn die Übertragungsleitungen potentialfrei angeboten werden müssen.

Demgegenüber liegt der Erfindung die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren der eingangs genannten Art so weiterzubilden, daß der den seriellen Übertragungsverfahren eigene Vorteil der geringen Zahl von Übertragungsleitungen erhalten bleibt und gleichzeitig eine Übertragungsrate erreicht wird, die mit den Übertragungsraten der parallelen Übertragungsverfahren nicht nur vergleichbar ist, sondern diese sogar noch übertrifft.

Zur Lösung dieser Aufgabe sieht die Erfindung die im Anspruch 1 zusammengefaßten Merkmale vor.

Das erfindungsgemäße Verfahren geht von Sensorsystemen aus, die fortlaufend in einem vom Sensorsystem vorgegebenen Zeittakt Meßwerte liefern, die entweder nur als Absolutwerte oder sowohl als Absolutwerte als auch als inkrementale Änderungswerte anfallen.

Aus diesen Meßwerten werden Übertragungswerte gebildet, die hinsichtlich ihres Informationsgehaltes zwei Kategorien zugeordnet werden.

Die Übertragungswerte der ersten Kategorie werden als Absolutwerte gesendet, d.h. es werden sämtliche Bit, die den jeweils zugehörigen absoluten Meßwert darstellen, mit Hilfe eines geeigneten Modulationsverfahrens senderseitig nach und nach in die Übertragungsleitung eingespeist und empfängerseitig unter Berücksichtigung des Stellenwerts, der jedem dieser Bit zukommt, zu einem empfangenen Meßwert zusammengesetzt, der sowohl zwischengespeichert als auch einer weiteren Verarbeitung zugeführt wird.

Die Übertragungswerte der zweiten Kategorie werden dagegen immer nur von einem Vorzeichenbit und einem Wertebit so gebildet, daß sie jeweils den inkrementalen Änderungswert bezüglich des vorausgehenden Meßwertes darstellen.

Bei Sensorsystemen, die neben den absoluten Meßwerten auch die Inkrementalwerte liefern, können letztere unmittelbar als Übertragungswerte der zweiten Kategorie verwendet werden. Stellt das Sensorsystem nur Absolutwerte zur Verfügung, so werden die Übertragungswerte der zweiten Kategorie senderseitig durch Differenzbildung der aufeinanderfolgenden Absolutwerte gewonnen.

Sobald ein Übertragungswert der ersten Kategorie vollständig beim Empfänger angekommen ist, kann für jeden der nachfolgend vom Sensor erzeugten absoluten Meßwerte, von denen aber nur der inkrementale Änderungswert übertragen wird, empfängerseitig ein "virtueller" absoluter Meßwert erzeugt werden, indem zu dem vollständig übertragenen Absolutwert die nachfolgenden Inkremente vorzeichenrichtig hinzugefügt, d.h. bei positivem Vorzeichen addiert und bei negativem Vorzeichen subtrahiert werden. Das Inkrement mit dem Wert Null führt zu keiner Änderung des empfängerseitig gebildeten, virtuellen Meßwertes. Die Inkremente können somit mit Hilfe von zwei Bit dargestellt werden, indem beispielsweise der Änderung -1 die Bitfolge 01, der Änderung +1 die Bitfolge 10 und der "Änderung" 0 die Bitfolge 11 zugeordnet werden. Die ebenfalls mögliche Bitfolge 00 bleibt entweder ungenutzt, wobei ihr Erscheinen als Anzeichen dafür gewertet werden kann, daß ein Fehler aufgetreten ist, oder sie dient beispielsweise dazu, nachfolgende Bit als Protokollbit zu kennzeichnen.

Die unter allen Umständen auftretende, maximale Änderungsgeschwindigkeit der vom Sensor messend erfaßten physikalischen Größe gibt den unteren Grenzwert der Frequenz vor, mit der die Übertragungswerte gesendet werden müssen.

Der zeitliche Abstand, mit dem unmittelbar aufeinanderfolgende Meßwerte vom Sensor erzeugt werden, muß so klein sein, daß im Regelfall die in dieser Zeitspanne eintretende Änderung der physikalischen Größe und somit die Differenz von zwei aufeinanderfolgenden Meßwerten kleiner/gleich dem Absolutbetrag des Inkrementwertes ist. Letzterer kann allerdings gemäß einer bevorzugten Variante in der Weise variabel gewählt werden, daß bei großen Änderungsgeschwindigkeiten dem durch jeweils ein Bit dargestellten Inkrementwert eine grössere Differenz zugeordnet wird als bei kleinen Änderungsgeschwindigkeiten.

Mit anderen Worten: Die übertragenen Inkrementalwerte werden bei hohen Änderungsgeschwindigkeiten empfängerseitig nicht mehr zu der Stelle des dort fortgeschriebenen virtuellen Meßwertes hinzugefügt (addiert oder subtrahiert) die die niedrigste Wertigkeit besitzt, sondern zu der Stelle mit der zweitniedrigsten oder sogar einer noch höheren Wertigkeit. Dies hat zwar eine entsprechende Verminderung des Auflösungsvermögens zur Folge, stellt aber bei derart hohen Änderungsgeschwindigkeiten der zu überwachenden physikalischen Größe im allgemeinen keinen Nachteil dar.

Die obere Grenzfrequenz, mit der die Übertragungswerte gesendet werden, muß so hoch gewählt werden,

daß neben den Bit-Paaren, die die Inkrementalwerte und das Vorzeichen der zur zweiten Kategorie gehörenden Übertragungswerte darstellen, auch noch die "Zusatzinformationen" übertragen werden können, zu denen die Bit gehören, die die Übertragungswerte der ersten Kategorie und Protokoll Daten darstellen, mit deren Hilfe empfängerseitig erkannt werden kann, zu welcher Kategorie das jeweilige Bit gehört, welche Größe einem Inkrementalschritt zu dem jeweiligen Zeitpunkt zuzuordnen ist, und welche Länge die übertragenen Worte besitzen, in denen in einer vorgebbaren Reihenfolge und Anzahl Bit der ersten Kategorie, Bit der zweiten Kategorie und Protokollbit enthalten sind.

Damit die obere Grenzfrequenz so niedrig bleibt, daß der zu ihrer Handhabung erforderliche technische Aufwand nicht zu groß wird, muß einerseits die Anzahl der Zusatzinformationen klein gehalten werden und müssen andererseits die mathematisch erzeugten Korrekturwerte zu einem stetigen synthetischen Meßwert führen, so daß innerhalb der Zeit, in der ein solcher Korrekturwert auftritt, ein kompletter Absolutwert übertragen werden kann.

In der deutschen Offenlegungsschrift 42 24 225 ist eine Auswertelektronik für einen Positionsgeber beschrieben, die die Meßwerte mit Hilfe einer Regelschleife ermittelt. Dabei eilt der in digitaler Form zur Verfügung gestellte Meßwert immer dann hinter der tatsächlichen (Winkel) Stellung her, wenn sich diese ändert. Die Schaltungsanordnung ist aber so ausgebildet, daß dann, wenn diese Änderung mit konstanter Geschwindigkeit erfolgt, zur Kompensation des eben erwähnten Schleppfehlers ein Korrekturwert gebildet und so zum momentanen Meßwert hinzugefügt wird, daß der korrigierte Meßwert die momentane tatsächliche Stellung exakt wiedergibt.

Wendet man auf die Übertragung der Meßwerte dieses bekannten Sensorsystems das erfindungsgemäße Verfahren an, so werden die Inkrementalwerte von den unkorrigierten Meßwerten abgeleitet und die mit der Schleppfehler-Korrektur versehenen Meßwerte Übertragungswerten der ersten Kategorie zugeordnet. Das bedeutet, daß immer dann, wenn eine Änderung des Schleppfehler-Korrekturwertes auftritt, ein kompletter Absolutwert übertragen sein muß. Wegen der im Vergleich zur Geschwindigkeit elektronischer Meß- und Übertragungsverfahren außerordentlich großen Trägheit von mechanischen Systemen, wie z.B. einer rotierenden Welle, ist die in einem solchen Fall anfallende Datenmenge bei Anwendung des erfindungsgemäßen Verfahrens mit einer Übertragungsfrequenz im Bereich von einigen 100 kHz bis einigen MHz ohne weiteres zu bewältigen.

Es genügt dann, zur Übertragung eine verdrehte, auf jeder Seite über einen Transformator angekoppelte Zweidrahtleitung zu verwenden, um auf der Empfängerseite in Echtzeit die auf der Senderseite anfallenden Meßwerte in virtueller Form nachbilden zu können.

Prinzipiell wäre es möglich, bei Systemen, bei denen keine Änderungen von Korrekturwerten auftreten,

die von der Inkrementenbildung nicht erfaßt werden, nur einen einzigen Absolutwert zu übertragen und von diesem ausgehend mit Hilfe der übertragenen Inkrementalwerte empfängerseitig die virtuellen Meßwerte fortzuschreiben. Vorzugsweise werden aber auch in diesen Fällen in vorgebbaren zeitlichen Abständen immer wieder Übertragungswerte der ersten Kategorie gesendet. Dies bietet der Empfängerseite die Möglichkeit, durch einen Vergleich eines solchen komplett übertragenen Absolutwertes mit dem von ihr fortgeschriebenen virtuellen Meßwert Fehler zu erkennen und zu korrigieren, wobei in den meisten Fällen anhand einfacher Plausibilitätskriterien ermittelt werden kann, ob eine festgestellte Abweichung von einer Störung stammt, die während der Übertragung des Absolutwertes aufgetreten ist oder ob der fortgeschriebene Wert fehlerhaft ist. Dies gilt auch für den Fall, daß eine Abweichung aufgetreten ist, weil der Sensor außerhalb der definierten Grenzwerte betrieben wurde.

Es ist nicht erforderlich, die Bit, die einen kompletten Übertragungswert der ersten Kategorie darstellen, unmittelbar aufeinanderfolgend zu senden. Vorzugsweise wird vielmehr so vorgegangen, daß diese Bit gruppenweise oder einzeln mit Bit verschachtelt übertragen werden, die die inkrementalen Änderungen darstellen. Somit dauert es beim Einschalten des Systems zwar einige Mikrosekunden, bis beim Empfänger ein erster vollständiger Meßwert vorliegt, von dem ausgehend ein Rückschluß auf die bis dahin angefallenen Meßwerte möglich ist und die folgenden virtuellen Meßwerte fortgeschrieben werden können; diese Zeitspanne ist aber kürzer als die reguläre Anlaufzeit, die derartige Systeme ohnehin benötigen.

Auch die Protokoll Daten können mit den die Inkrementalwerte darstellenden Bit so verschachtelt übertragen werden, daß empfängerseitig eine lückenlose Fortschreibung der virtuellen Meßwerte möglich ist.

Ein besonders vorteilhaftes Übertragungsverfahren ergibt sich, wenn zwischen Sender und Empfänger eine angepaßte, verdrehte Zweidrahtleitung vorgesehen wird, auf der eine stehende Wechselspannungswelle mit der nach den oben erläuterten Kriterien festgelegten Übertragungsfrequenz und fester Spannungsamplitude erzeugt wird. Sowohl die hierfür erforderliche als auch die zur Versorgung des Sensors und seiner Elektronik erforderliche elektrische Energie können von der Empfängerseite her eingespeist werden. Zur Informationsübertragung wird die stehende Welle strom-moduliert, was durch Öffnen und Schließen einer schnellen steuerbaren Schalteranordnung auf Seiten des Senders erfolgen kann. Mit zwei aufeinanderfolgenden Halbwellen (eine positiv, eine negativ), lassen sich dann vier verschiedene Zustände (erste Halbwelle belastet oder unbelastet; zweite Halbwelle belastet oder unbelastet) darstellen, von denen z.B. zur Übertragung eines Inkrementalwertes (mit Vorzeichen) nur drei benötigt werden. Der vierte Zustand kann dann zur Fehlererkennung oder dazu verwendet werden, die nachfolgenden Daten als Protokoll Daten zu kennzeichnen.

Aus dem oben Gesagten ergibt sich, daß z.B. dann, wenn die zu übertragenden Meßwerte mit einer mittleren Folgefrequenz von 1 MHz senderseitig anfallen und eine Übertragungsfrequenz von 2 MHz gewählt wird, durch das erfindungsgemäße Verfahren empfängerseitig die Meßwerte praktisch in Echtzeit virtuell nachgebildet werden können und immer noch 50 % der Zeit zur Verfügung stehen, um "Zusatzdaten" wie Meßwerte der ersten Kategorie und Protokollinformationen zu übertragen. Dabei spielen Schwankungen der Frequenz, mit der die Meßwerte vom Sensor geliefert werden, keine Rolle, solange sie nicht allzu groß sind. Hier liegt ein weiterer entscheidender Vorteil des erfindungsgemäßen Verfahrens gegenüber Parallelübertragungsverfahren, da letztere mit Laufzeitproblemen zu kämpfen haben, wenn die Folgefrequenz der Meßwerte schwankt. Außerdem ist eine verdrehte Zweidrahtleitung wesentlich einfacher zu handhaben und weit weniger stör anfällig als zwölf oder mehr Parallelleitungen, auf denen eine entsprechend große Anzahl von Bit gleichzeitig mit hoher Geschwindigkeit übertragen werden soll.

Um bei den Systemen, die senderseitig mathematische Korrekturwerte erzeugen, welche von den Inkrementalwerten nicht erfaßt werden, nicht jedesmal dann einen kompletten Absolutwerte übertragen zu müssen, wenn sich der Korrekturwert ändert, kann gemäß einer bevorzugten Variante vorgesehen sein, auch senderseitig virtuelle Meßwerte zu bilden und diese ständig mit den dort anfallenden absoluten Meßwerten zu vergleichen. Wird bei diesem Vergleich eine Abweichung erkannt, kann der Sender entsprechende Korrekturinkremente bilden und als Übertragungswerte der zweiten Kategorie senden.

Die eben erwähnten und weitere Ausgestaltungsmöglichkeiten und Vorteile des erfindungsgemäßen Verfahrens sind in den Unteransprüchen niedergelegt.

Ein besonders bevorzugtes Ausführungsbeispiel einer zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens geeigneten Übertragungsanordnung wird im folgenden unter Bezugnahme auf die eine einzige Figur umfassende Zeichnung beschrieben.

In der Zeichnungsfigur sind in stark schematisierter Weise ein Sender 1, in welchem fortlaufend zu übertragende Daten in digitaler Form anfallen, und eine Empfängerseite 2 angedeutet, an welche diese Daten zur weiteren Verarbeitung übertragen werden sollen. Die Verbindung zwischen Sender 1 und Empfänger 2 bildet eine verdrehte 2-Draht-Leitung 4.

Diese 2-Draht-Leitung 4 dient einerseits dazu, von der Empfängerseite 2 an den Sender 1 die elektrische Energie zu übertragen, die zum Betrieb der in letzterem enthaltenen Schaltungsanordnungen benötigt wird. Gleichzeitig dient sie aber auch zur Übertragung der vom Sender 1 zur Verfügung gestellten Daten an den auf der Empfängerseite 2 angeordneten Verwender dieser Daten. Die Ausdrücke "Sender" und "Empfänger" beziehen sich somit auf die Flußrichtung der zu übertragenden Meßdaten, während elektrische Versorgungsenergie und gewünschtenfalls Steuerbefehle auf der 2-

Draht-Leitung 4 in entgegengesetzter Richtung, d.h. vom Empfänger 2 an den Sender 1 übertragen werden.

Für die folgende Beschreibung wird davon ausgegangen, daß sich auf der Seite des Senders 1 ein Meßfühler befindet, der irgendeine physikalische Größe messend erfaßt und in ein elektrisches Signal umsetzt. Beispielsweise kann es sich bei diesem Sensor um einen Temperaturfühler, einen Positionsdetektor wie z.B. einen Drehgeber usw. handeln. Weiterhin befindet sich auf der Senderseite eine elektronische Aufbereitungs- und Zwischenspeicher-Schaltung, die das vom Sensor gelieferte elektrische Signal aufbereitet und in digitaler Form für eine Übertragung an die Empfängerseite 2 zur Verfügung bzw. auf Abruf bereitstellt. Ein derartiger Sensor und zugehörige Elektronikschaltungen sind beispielsweise der europäischen Offenlegungsschrift 93 111 319.5 entnehmbar. Im vorliegenden Zusammenhang wird dieser Sensor zusammen mit seiner kompletten Elektronik kurz als "Verbraucher" bezeichnet, der in der Figur durch den mit dem Bezugszeichen 6 gekennzeichneten Block wiedergegeben ist.

Es versteht sich, daß die Empfängerseite 2 eine im vorliegenden Zusammenhang auch als "Verwender" bezeichnete Auswertelektronik, die die vom Sender 1 gelieferten Daten weiterverarbeitet, eine Stromversorgungseinheit, die die vom Sender 1 benötigte elektrische Energie in geeigneter Form zur Verfügung stellt, sowie weitere, im folgenden noch kurz erläuterte Schaltungsanordnungen umfaßt, die in der Figur aber nicht dargestellt sind, da ihr Aufbau und ihre gegenseitige Verschaltung für den Fachmann selbstverständlich sind.

Wesentlich ist lediglich, daß die von der erwähnten Energieversorgungsschaltung erzeugte, für den Betrieb des Senders 1 erforderliche elektrische Energie in Form einer hochfrequenten Wechselspannung an den Anschlußklemmen 8, 9 eingespeist wird, an denen auch die vom Sender 1 kommenden Daten abgegriffen werden können.

Wie man der Figur entnimmt, sind die Anschlußklemmen 8, 9 mit der einen Wicklung 10 eines Übertragers 11 verbunden, dessen andere Wicklung 12 mit dem empfängerseitigen Ende der 2-Draht-Leitung 4 verbunden ist. Es wurde hier bewußt auf die Verwendung der Ausdrücke "Primärwicklung" und "Sekundärwicklung" verzichtet, weil die Wicklung 10 hinsichtlich der zu übertragenden elektrischen Versorgungsenergie die Primärseite, hinsichtlich der vom Sender an den Empfänger zu übertragenden Daten aber die Sekundärseite des Übertragers 11 bildet. Für die Wicklung 12 gilt entsprechendes umgekehrt.

Die Wicklungen 10, 12 des Übertragers 11 sind so ausgelegt, daß die an den Anschlüssen 8, 9 eingespeiste, zur Versorgung des Senders 1 dienende Wechselspannung nach unten transformiert wird, um die durch hochfrequente Querströme entstehenden Verluste auf der 2-Draht-Leitung 4 möglichst klein zu halten.

Um auf der Senderseite 1 wieder eine ausreichend hohe Wechselspannung zu erhalten, ist das dortige Ende der 2-Draht-Leitung 4 ebenfalls mit der einen Wick-

lung 14 eines zweiten Übertragers 15 abgeschlossen, dessen andere Wicklung 16 an den Anschlüssen 18, 19 die für die Versorgung des Senders 1 erforderliche und wieder hochtransformierte Wechselspannung abgibt. Zusätzlich zu dieser Spannungstransformation erfüllen die Übertrager 11, 15 weitere, wesentliche und sehr vorteilhafte Aufgaben, die weiter unten noch genauer erläutert werden.

Wie man der Figur weiterhin entnimmt, ist die eine Seite des Verbrauchers 6 unmittelbar mit dem Anschluß 19 verbunden, während seine andere Seite an den Anschluß 18 über einen Widerstand 21 angeschlossen ist, zu dem ein schneller steuerbarer Schalter 22 parallel geschaltet ist.

Parallel zu der aus dem Widerstand 21 und dem Verbraucher 6 bestehenden Serienschaltung liegt über den Anschlüssen 18, 19 eine aus einem Widerstand 24 und einem schnellen steuerbaren Schalter 25 bestehende weitere Serienschaltung. Diese eben erwähnten, zusätzlich zum Verbraucher 6 vorgesehenen Widerstände 21, 24 und Schalter 22, 25 dienen dazu, die vom Verbraucher 6 in digitaler Form gelieferten Daten durch Strommodulation auf die 2-Draht-Übertragungsleitung 4 aufzuprägen und an den auf der Empfängerseite 2 befindlichen Verwender zu übertragen, wie dies im folgenden genauer erläutert wird. Die zur Durchführung dieser Modulation die Schalter 22, 25 betätigende Steuerschaltung ist im Verbraucher 6 enthalten und wird hier nicht beschrieben, da ihr Aufbau dem Fachmann ohne weiteres geläufig ist.

Zunächst sei darauf hingewiesen, daß es bei der beschriebenen Übertragungsanordnung darauf ankommt, den Sender 1 und den Empfänger 2 mit Hilfe einer möglichst kostengünstigen Leitung zu verbinden. Um die Einstreuung von Störsignalen zu verhindern, wird daher eine verdrehte 2-Draht-Leitung gewählt, an deren Hochfrequenzeigenschaften aber keine hohen Anforderungen gestellt werden können, so daß insbesondere ein kleiner Wellenwiderstand und ein kleiner Querwiderstand in Kauf genommen werden müssen. Um den Querstrom dennoch möglichst klein zu halten, sind, wie bereits oben erwähnt, die Übertrager 11, 15 so ausgelegt, daß die zwischen den beiden Drähten der Leitung 4 vorhandene Spannung wesentlich niedriger als die vom Verbraucher 6 benötigte Versorgungsspannung ist.

Um eine einschwingungsfreie Datenübertragung z.B. durch binäre Strom-Modulation zu gewährleisten, ist vorgesehen, auf der 2-Draht-Leitung vom Empfänger 2 her zumindest für einen Binärzustand eine stehende Wechselspannungs-Welle auszubilden, die am Eingang des Senders 1 einen Schwingungsbauch aufweist. Um dies zu erreichen, ist es erforderlich, daß die Länge der Leitung 4 gleich $\lambda/4$ bzw. einem ungeradzahligem Vielfachen hiervon ist, wenn λ die Wellenlänge der Wechselspannungswelle ist. Vorzugsweise werden die Frequenz der an den Anschlüssen 8, 9 eingespeisten Versorgungs-Wechselspannung und die Länge der Leitung 4 so aufeinander abgestimmt, daß letztere gleich ein Vier-

tel λ ist, weil dies die niedrigstmögliche Frequenz der Versorgungs-Wechselspannung ergibt.

Da die Länge und/oder die relative Dielektrizitätskonstante ϵ_r der Leitung 4 von Anwendungsfall zu Anwendungsfall unterschiedliche Werte besitzen können, ist auf seiten des Empfängers 2 eine nicht dargestellte Schaltungsanordnung vorgesehen, die zumindest bei der ersten Inbetriebnahme des Systems einen kurzen Impuls über die Anschlüsse 8, 9 und den Übertrager 11 in die Leitung 4 einspeist und aus der Laufzeit τ , die dieser Impuls bis zum Sender 1 und nach seiner dortigen Reflexion zurück zum Empfänger 2 benötigt, die entsprechende Frequenz f für $\lambda/4$ aus

$$f = \frac{1}{2\tau}$$

ermittelt.

Das Vorhandensein eines Schwingungsbauches der in die Leitung 4 eingespeisten, stehenden Wechselspannungswelle am Eingang des Senders 1 ist eine der Voraussetzungen dafür, daß senderseitig zum Zweck der Strommodulation vorgenommene Laständerungen auf seiten des Empfängers 1 eine maximale Rückwirkung zeigen.

Eine weitere Bedingung hierfür ist, daß die Abschlußwiderstände, zwischen denen zur Erzeugung dieser Laständerungen hin- und hergeschaltet wird, zu einer möglichst günstigen Änderung des am Sendereingang wirksamen Reflexionsfaktors führen. Um dies zu erreichen, ist vorgesehen, zur Strommodulation zwischen einem ersten Modulationszustand, in welchem die 2-Draht-Leitung 4 durch den die ideale Leistungsanpassung bewirkenden Widerstand abgeschlossen ist und einem zweiten Modulationszustand hin- und herzuschalten, in dem ein im Vergleich zum eben genannten Widerstand deutlich größerer Widerstand die Leitung 4 abschließt und damit verstimmt.

Ohne den Übertrager 15 wäre der die Leitung 4 zur idealen Leistungsanpassung abschließende Widerstand gleich ihrem Wellenwiderstand ζ_L . Da der Übertrager 15 diesen Wert um das Quadrat seines Übersetzungsverhältnisses n erhöht, muß zwischen den Anschlüssen 18, 19 für eine ideale Leistungsanpassung der Widerstandswert $n^2 \cdot \zeta_L$ erscheinen.

Wird aus diesem ersten in einen zweiten Modulationszustand umgeschaltet, in welchem ein wesentlich größerer Widerstand, beispielsweise $3 \cdot n^2 \cdot \zeta_L$ zwischen den Anschlüssen 18, 19 wirksam wird, so steigt die zwischen diesen Anschlüssen 18, 19 zur Verfügung stehende Spannung entsprechend an.

Zwar ist es prinzipiell möglich, durch eine der allgemein üblichen Schaltungsanordnungen aus dieser sich ändernden Anschlußspannung eine konstante Versorgungsspannung für den Verbraucher 6 abzuleiten. Besonders einfach gestaltet sich das zur Verfügungstellen einer konstanten Versorgungsspannung jedoch dann, wenn dafür gesorgt wird, daß der Verbraucher 6 im ersten Modulationszustand direkt mit der an den Anschlüssen 18, 19 zur Verfügung stehenden Spannung

versorgt wird und im zweiten Modulationszustand als zweites Glied eines Spannungsteilers an den Anschlüssen 18, 19 über einen Vorwiderstand 21 liegt, der die erhöhte Spannung gerade so weit reduziert, daß die am Verbraucher 6 verbleibende Spannung gegenüber dem ersten Modulationszustand unverändert bleibt. Dies geschieht mit Hilfe des zum Widerstande 21 parallelen schnellen steuerbaren Schalters 22, der im ersten Modulationszustand geschlossen ist und somit den Widerstand 21 wirkungslos macht, bzw. dafür sorgt, daß der Verbraucher 6 unmittelbar an der zwischen den Anschlüssen 18 und 19 abfallenden Spannung liegt.

Im zweiten Modulationszustand ist der Schalter 22 geöffnet, so daß der Verbraucher 6 mit dem Widerstand 21 einen Spannungsteiler bildet, der die an den Anschlüssen 18, 19 erscheinende, erhöhte Spannung gerade so herabsetzt, daß die Spannung am Verbraucher 6 im Vergleich zum ersten Modulationszustand unverändert bleibt.

Um dies zu ermöglichen, müssen die Widerstandswerte des Verbrauchers 6 einerseits und des Widerstandes 21 andererseits geeignet gewählt werden. Vorzugsweise geschieht dies so, daß der Widerstandswert des Verbrauchers 6 gleich $2 \cdot n^2 \cdot \zeta_L$ ist. Dies kann entweder mit Hilfe von geeigneten, nicht schaltbaren und in der Figur nicht gezeigten Serien- bzw. Parallelwiderständen erfolgen. Eine andere Möglichkeit besteht darin, das Übersetzungsverhältnis n des Übertragers 15 so zu wählen, daß der schaltungstechnisch fest vorgegebene Widerstand des Verbrauchers 6 gleich $2 \cdot n^2 \cdot \zeta_L$ ist.

Um dennoch im ersten Modulationszustand die 2-Draht-Leitung 4 mit dem zu einer idealen Leistungsanpassung führenden Wellenwiderstand abschließen zu können, ist der bereits erwähnte Widerstand 22 vorgesehen, dessen Widerstandswert gleich dem Widerstandswert des Verbrauchers also gleich $2 \cdot n^2 \cdot \zeta_L$ ist. Da der mit diesem Widerstand 22 in Reihe liegende Schalter 25 im ersten Modulationszustand geschlossen ist, ergibt sich zum Leitungsabschluß ein Gesamtwiderstand $n^2 \cdot \zeta_L$. Im zweiten Modulationszustand ist der Schalter 25 geöffnet, so daß die Übertragungsleitung 4 mit dem sich aus den Widerstandswerten des Widerstandes 21 und des Verbrauchers 6 zusammensetzenden Gesamtwiderstand $3 \cdot n^2 \cdot \zeta_L$ abgeschlossen ist.

Für den ersten Modulationszustand ergibt sich somit ein Reflexionsfaktor $r = 0$, d.h., die gesamte, von der Empfängerseite 2 her in die 2-Draht-Leitung 4 eingespeiste elektrische Energie kann reflexionsfrei in den Sender 1 eintreten und dort zur Stromversorgung dienen. Im zweiten Modulationszustand ergibt sich ein Reflexionsfaktor $r = 0,5$, was im Vergleich zum ersten Modulationszustand zu einer Erhöhung der an den Anschlüssen 18, 19 anliegenden Spannung um 50 % führt. Da der vom Widerstand 21 und vom Verbraucher 6 gebildete Spannungsteiler diese erhöhte Spannung im Verhältnis 1:2 teilt, wobei zwei Drittel am Verbraucher 6 abfallen, bleibt für diesen beim Umschalten von einem in den anderen

Modulationszustand die Versorgungsspannung unverändert. Andererseits ist ein Reflexionsfaktor $r = 0,5$ völlig ausreichend, um am Eingang der 2-Draht-Übertragungsleitung, d.h. auf Seiten des Empfängers 2 eine ausreichende Rückwirkung zu erzielen, die eine einwandfreie Datenübertragung ermöglicht.

Neben der Verringerung der in der Übertragungsleitung 4 auftretenden Verluste und der Möglichkeit der Anpassung des Wellenwiderstandes der 2-Draht-Leitung 4 an den Widerstandswert des Verbrauchers 6 bieten die beiden Übertrager 11, 15 den Vorteil, daß sowohl der Sender 1 als auch die Empfängerseite 2 von der 2-Draht-Leitung 4 galvanisch völlig getrennt sind und als Faraday'sche Käfige ausgebildet werden können, wie dies durch die gestrichelten Linien 27, 28 angedeutet ist.

Somit können auf die 2-Draht-Leitung 4 eingekoppelte Überspannungen weder in den Sender 1 noch in den Empfänger 2 eindringen. Es erfolgt allenfalls ein Überschlag auf die geerdeten Gehäuse, so daß es lediglich zu einer Beschädigung der 2-Draht-Leitung 4 nicht aber der sender- und/oder empfängerseitigen Elektronik kommen kann.

Wesentliche Voraussetzung hierfür ist, daß Sender 1 und Empfänger 2 nur durch eine einzige 2-Draht-Leitung 4 miteinander verbunden sind, auf der sowohl die Energieversorgung des Senders 1 als auch die Datenübertragung vom Sender 1 an den Empfänger 2 stattfindet.

Würde man zwei derartige Leitungen vorsehen, so müßten diese und die Übertrager ideal aufeinander abgestimmt werden. Da dies in der Praxis kaum möglich ist, würde immer die Gefahr bestehen, daß es beim Einschlag von Überspannungen zu Laufzeitunterschieden auf den beiden Leitungen kommt und kurze, hohe Spannungsspitzen in den Sender 1 bzw. Anwender 2 eindringen und dort die Elektronik zerstören.

Patentansprüche

1. Verfahren zur seriellen Übertragung der von einem Sensor fortlaufend gelieferten, senderseitig in digitaler Form vorliegenden Meßwerte an einen Empfänger, dadurch gekennzeichnet, daß die Meßwerte in so kurzen zeitlichen Abständen ermittelt werden, daß ihre Abweichung vom jeweils vorausgehend ermittelten Meßwert im Regelfall entweder +1, 0 oder -1 beträgt und somit durch lediglich zwei Bit darstellbar ist, von denen das eine das Vorzeichen und das andere den Wert der Abweichung wiedergibt, daß von den innerhalb eines vorgegebbaren Zeitraumes anfallenden Meßwerten nur jeweils einer vollständig als Absolutwert übertragen wird, während von den anderen nur jeweils die auf diesen einen Meßwert bezogenen inkrementalen Änderungswerte übertragen werden, und daß empfängerseitig den senderseitig anfallenden Meßwerten entsprechende, "virtuelle" Meßwerte dadurch synthetisiert werden, daß die übertragenen Inkrementalwerte wert- und vorzei-

chenrichtig zu dem vollständig übertragenen Absolutwert hinzugefügt werden.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch **gekennzeichnet**, daß die Bit des als Absolutwert vollständig zu übertragenden Wertes einzeln oder in kleinen Gruppen alternierend mit den jeweils einen inkrementalen Änderungswert darstellenden Bit übertragen werden. 5
3. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch **gekennzeichnet**, daß zwischen zwei nacheinander übertragenen Bit oder Bitgruppen des Absolutwertes eine Vielzahl von Inkrementalwerten übertragen wird. 10
4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch **gekennzeichnet**, daß zusätzlich zu den Bit, die die als Absolutwerte zu übertragenden Meßwerte bzw. die Inkrementalwerte darstellen, Protokollbit übertragen werden, die eine eindeutige Zuordnung der Meßwert-Bit zu den Absolut- oder den Inkrementalwerten ermöglichen. 15
5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch **gekennzeichnet**, daß die Größe des Betrages der Änderung der zu messenden Größe, die durch jeweils ein zur Übertragung der Inkrementalwert dienendes Bit beschrieben wird, zu unterschiedlichen Zeiten verschieden definiert wird. 20
6. Verfahren nach Anspruch 5, dadurch **gekennzeichnet**, daß die Wertigkeit, die zum jeweiligen Zeitpunkt einem Bit zukommt, das einen Inkrementalwert darstellt, ebenfalls mit Hilfe von zu übertragenden Protokollbit festgelegt wird. 25
7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch **gekennzeichnet**, daß empfängerseitig ein neu als Absolutwert vollständig übertragener Meßwert mit dem virtuellen Meßwert verglichen wird, der aus dem zuletzt vollständig übertragenen Absolutwert und den zwischenzeitlich übertragenen Inkrementalwerten empfängerseitig synthetisiert worden ist, und daß ein eventuell vorhandener Unterschied zur Fehlererkennung und Fehlerkorrektur verwendet wird. 30
8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch **gekennzeichnet**, daß auch senderseitig ein virtueller Meßwert gebildet und mit den dort anfallenden Absolutwerten verglichen wird und daß der Sender beim Auftreten von Differenzen zwischen diesen virtuellen Meßwerten und diesen Absolutwerten Korrekturinkremente bildet und als Übertragungswerte der zweiten Kategorie sendet. 35
9. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch **gekennzeichnet**, daß die Übertragung auf einer 2-Draht-Leitung (4) erfolgt, auf die eine stehende Wechselspannungswelle mit unveränderbarer Spannungsamplitude aufgeprägt wird, deren Frequenz so auf die 2-Draht-Leitung (4) abgestimmt ist, daß deren Länge gleich einem Viertel oder einem ungeradzahigen Vielfachen eines Viertels der Wechselspannungswellenlänge (λ) ist, und daß die Kodierung der einzelnen, zu übertragenden Bit durch Strommodulation in der Weise erfolgt, daß senderseitig mit Hilfe einer steuerbaren Schalteranordnung (22, 25) zwischen einem ersten Modulationszustand, in dem die 2-Draht-Leitung (4) mit einem ersten Widerstandswert abgeschlossen ist, und einem zweiten Modulationszustand hin- und hergeschaltet wird, in dem die 2-Draht-Leitung (4) durch einen zweiten, vom ersten Widerstandswert verschiedenen Widerstandswert abgeschlossen ist. 40
10. Verfahren nach Anspruch 9, dadurch **gekennzeichnet**, daß die stehende Wechselspannungswelle auf die 2-Draht-Leitung (4) vom Empfänger (2) aufgeprägt wird und gleichzeitig zur Stromversorgung der senderseitigen Schaltungsanordnung (1) dient. 45
11. Verfahren nach Anspruch 9 oder 10, dadurch **gekennzeichnet**, daß der Widerstandswert, auf den im ersten Modulationszustand umgeschaltet wird, der für die ideale Leistungsanpassung der Senderseite an die 2-Draht-Leitung (4) erforderliche Widerstandswert ist. 50
12. Verfahren nach einem der Ansprüche 9 bis 11, dadurch **gekennzeichnet**, daß der Widerstandswert, auf den im zweiten Modulationszustand umgeschaltet wird, gleich dem 3-fachen des für den ersten Modulationszustand verwendeten Widerstandswertes ist. 55
13. Verfahren nach Anspruch 12, dadurch **gekennzeichnet**, daß die 2-Draht-Leitung (4) und der senderseitige Verbraucher (6) so aneinander angepaßt werden, daß dessen Widerstandswert gleich dem 2-fachen des für eine ideale Leistungsanpassung erforderlichen Widerstandswertes ist, daß mit dem Verbraucher (6) ein erster Widerstand (21) in Reihe geschaltet ist, dessen Widerstandswert gleich dem für eine ideale Leistungsanpassung erforderlichen Widerstandswert ist und der durch einen parallel geschalteten, ersten steuerbaren Schalter (22) kurzschließbar ist, und daß parallel zu der aus Verbraucher (6) und erstem Widerstand (21) bestehenden Reihenschaltung eine weitere Reihenschaltung vorgesehen ist, die aus einem zweiten steuerbaren Schalter (25) und einem zweiten Widerstand (24) besteht, dessen Widerstandswert gleich dem 2-fachen des für eine ideale Leistungsanpassung erforderlichen Widerstandswertes ist. 60
14. Verfahren nach Anspruch 13, dadurch **gekennzeichnet**, daß die Anpassung zwischen der 2-

Draht-Leitung (4) und dem senderseitigen Verbraucher (6) mit Hilfe eines zwischen das Leitungsende und den Eingang (18, 19) des Senders (1) geschalteten Übertragers (15) erfolgt.

5

15. Verfahren nach Anspruch 14, dadurch **gekennzeichnet**, daß die 2-Draht-Leitung (4) auch mit dem Empfänger (2) mittels eines Übertragers (11) gekoppelt ist.

10

16. Verfahren nach Anspruch 14 oder 15, dadurch **gekennzeichnet**, daß der Sender (1) und/oder der Empfänger (2) als Faraday'scher Käfig gegen von außen kommende Fremdspannungen geschützt sind.

15

17. Verfahren nach einem der Ansprüche 9 bis 16, dadurch **gekennzeichnet**, daß auf der Empfängerseite (2) eine Schaltungsanordnung vorgesehen ist, die beim Einschalten des Systems die Länge der 2-Draht-Leitung (4) mißt und die Frequenz der vom Empfänger (2) abgegebenen Wechselspannung an die 2-Draht-Leitung (4) anpaßt.

20

25

30

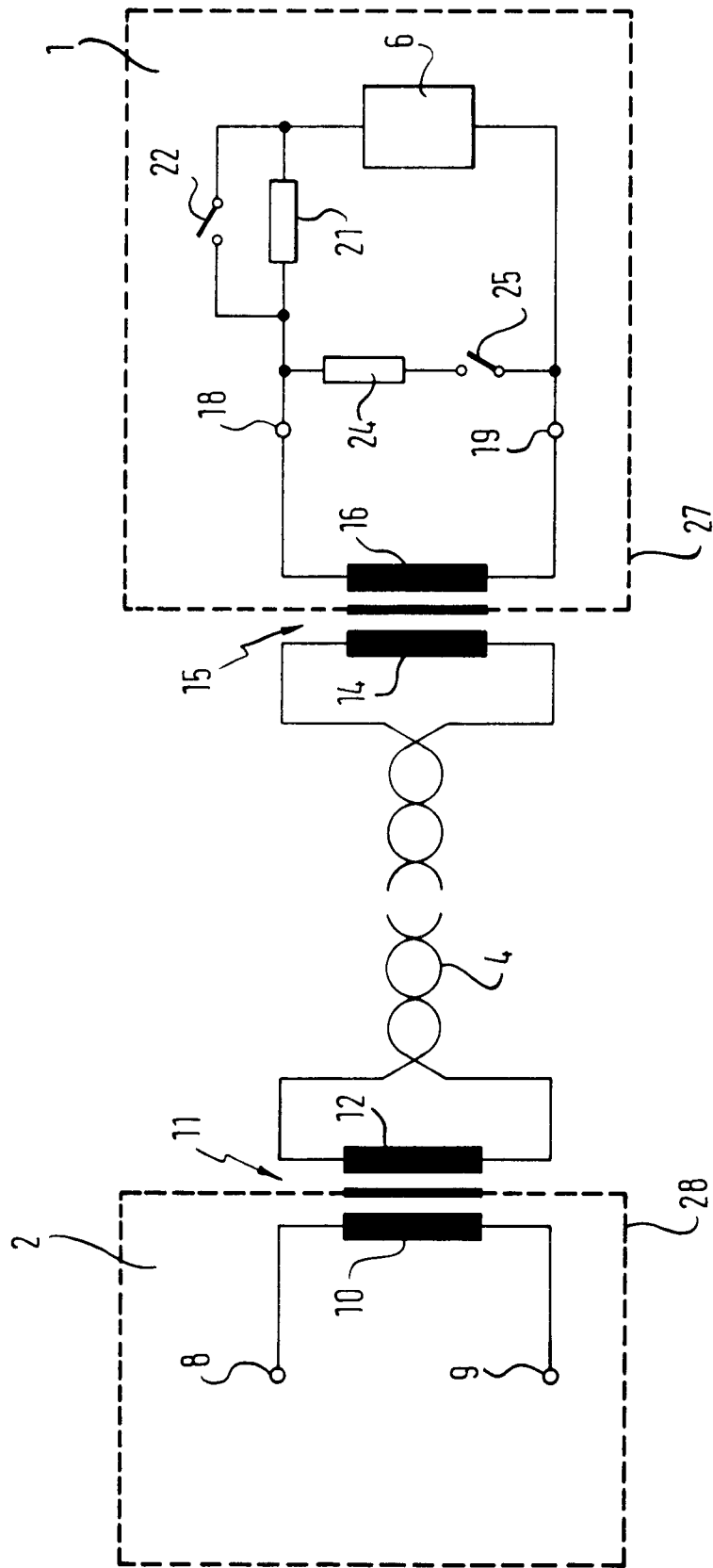
35

40

45

50

55





Europäisches
Patentamt

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 95 11 8878

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int.Cl.6)
A	DE-A-30 49 000 (BOSCH GMBH ROBERT) 9.September 1982 * Zusammenfassung * * Seite 4, Zeile 14 - Seite 5, Zeile 25; Abbildung 1 *	1	G08C19/28
A	GB-A-2 136 583 (BRITISH HOVERCRAFT CORP LTD) 19.September 1984 * das ganze Dokument *	1	
A	DE-A-34 10 752 (BOSCH GMBH ROBERT) 26.September 1985 * das ganze Dokument *	1,9,10	
A	FR-A-2 377 611 (ENDRESS HAUSER GMBH CO) 11.August 1978 * Seite 3, Zeile 28 - Seite 6, Zeile 28; Abbildung 1 *	1,9,10	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int.Cl.6)
			G08C
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Rechenort	Abschlußdatum der Recherche	Prüfer	
DEN HAAG	13.Februar 1996	Wanzeele, R	
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentedokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus andern Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	
X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer andern Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : mündliche Offenbarung P : Zwischenliteratur			

EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)