

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

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro

(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
05. November 2020 (05.11.2020)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2020/221702 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:
H04Q 9/02 (2006.01) *H04W 56/00* (2009.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2020/061648

(22) Internationales Anmeldedatum:
27. April 2020 (27.04.2020)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2019 206 105.2
29. April 2019 (29.04.2019) DE

(71) Anmelder: **FRAUNHOFER-GESELLSCHAFT ZUR
FÖRDERUNG DER ANGEWANDTEN FORSCHUNG
E.V.** [DE/DE]; Hansastraße 27c, 80686 München (DE).

DIEHL METERING GMBH [DE/DE]; Industriestraße 13, 91522 Ansbach (DE).

(72) Erfinder: **KAUPPERT, Thomas**; Am Waldrand 28, 90455 Nürnberg (DE). **PETKOV, Hristo**; Jülicherstr. 7, 90425 Nürnberg (DE). **MZYK, Raphael**; Steingruberstr. 4, 91126 Kammerstein (DE). **GOTTSCHALK, Klaus**; Schulstrasse 9, 90610 Winkelhaid (DE). **KILIAN, Gerd**; c/o Fraunhofer-Institut für Integrierte Schaltungen IIS, Am Wolfsmantel 33, 91058 Erlangen (DE). **BERNHARD, Josef**; c/o Fraunhofer-Institut für Integrierte Schaltungen IIS, Am Wolfsmantel 33, 91058 Erlangen (DE). **KNEISSL, Jakob**; c/o Fraunhofer-Institut für Integrierte Schaltungen IIS, Am Wolfsmantel 33, 91058 Erlangen (DE). **WECHSLER, Johannes**; c/o Fraunhofer-Institut für Integrierte Schaltungen IIS, Am Wolfsmantel 33, 91058 Erlangen (DE). **SOLLER, Dominik**; c/o Fraunhofer-Institut für Integrierte Schaltungen IIS, Am Wolfsmantel 33, 91058 Erlangen (DE). **ROTH, Maximilian**; c/o Fraunhofer-Institut für Inte-

(54) Title: RECEIVER-SIDE DETERMINATION OF A POINT IN TIME OF A TRANSMITTER-SIDE EVENT

(54) Bezeichnung: EMPFÄNGERSEITIGE ERMITTLUNG EINES ZEITPUNKTS EINES SENDERSEITIGEN EREIGNISSES

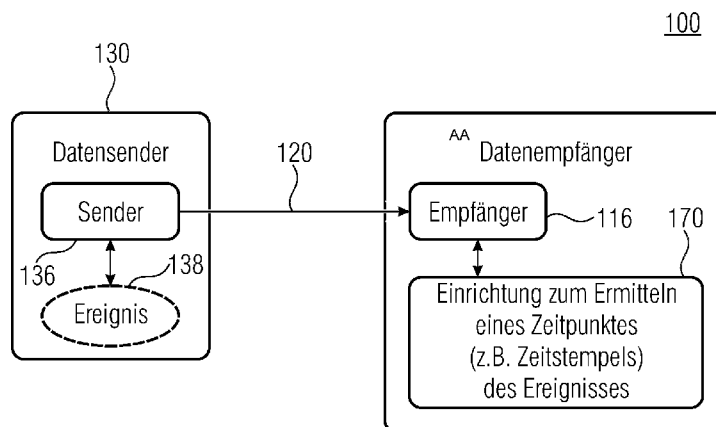


Fig. 9

AA Data sink
116 Receiver
130 Data source
136 Transmission
138 Event
170 Device for determining a point in time (e.g. time stamp) of the event

(57) Abstract: According to embodiments, the invention provides a data sink which is configured to receive a signal of a data source, the signal being emitted by the data source in response to an event and the data sink being configured to determine a point in time of the event based on a time delay between the event and the reception of the signal.

(57) Zusammenfassung: Ausführungsbeispiele schaffen einen Datenempfänger, der konfiguriert ist, um ein Signal eines Datensenders zu empfangen, wobei das Signal von dem Datensender ansprechend auf ein Ereignis ausgesendet wird, wobei der Datenempfänger konfiguriert ist, um einen Zeitpunkt des Ereignisses basierend auf einer Zeitverzögerung zwischen dem Ereignis und dem Empfang des Signals zu ermitteln.

grierte Schaltungen IIS, Am Wolfsmantel 33, 90408 Nürnberg (DE). **SCHLICHT, Michael**; c/o Fraunhofer-Institut für Integrierte Schaltungen IIS, Am Wolfsmantel 33, 91058 Erlangen (DE).

(74) **Anwalt: SCHLENKER, Julian** et al.; Schoppe, Zimmermann, Stöckeler, Zinkler, Schenk & Partner mbB, Radlkofenstr. 2, 81373 München (DE).

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

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

Veröffentlicht:

— mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)

Empfängerseitige Ermittlung eines Zeitpunkts eines senderseitigen Ereignisses

Beschreibung

5

Ausführungsbeispiele der vorliegenden Erfindung beziehen sich auf einen Datenempfänger eines Kommunikationssystems, und im speziellen, auf einen Datenempfänger, der einen Zeitpunkt eines datensenderseitigen Ereignisses ermittelt. Manche Ausführungsbeispiele
10 beziehen sich auf eine genaue Messung von Ereignissen (engl. events). Manche Ausführungsbeispiele beziehen sich auf eine genaue Bestimmung von Sensorwerten.

Herkömmlicherweise werden zur Bestimmung von Umweltparametern, wie z.B. Temperatur, Druck, Luftfeuchtigkeit, usw., Sensorknoten eingesetzt, die einen Sensor für den zu
15 bestimmenden Umweltparameter aufweisen. Der mit dem Sensor bestimmte Sensorwert, der den Umweltparameter in der Umgebung des Sensorknotens beschreibt, wird von dem Sensorknoten in gewissen Zeitabständen (z.B. regelmäßig oder periodisch) oder auf Anfrage mittels eines Signals, das den Sensorwert und ggf. weitere Nutzdaten aufweist, zu einem Datenempfänger, wie z.B. einer Basisstation im Falle eines Sensorsystems mit einer großen
20 Anzahl an Sensorknoten, übertragen.

Aus Kostengründen sind die in den Sensorknoten eingesetzten Sensoren jedoch meist sehr ungenau. Zudem ist es erforderlich weitere Sensorknoten vorzusehen, falls die vorhandenen Sensorknoten keinen Sensor für den gewünschten Umweltparameter aufweisen.

25

Ferner ist die zeitliche Genauigkeit der Bestimmung von Umweltparametern herkömmlicher Sensorknoten sehr ungenau und liegt im Bereich von Sekunden.

Der vorliegenden Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, die bestehende Situation zu
30 verbessern.

Diese Aufgabe wird durch die unabhängigen Patentansprüche gelöst.

Vorteilhafte Weiterbildungen finden sich in den abhängigen Patentansprüchen.

35

Ausführungsbeispiele schaffen einen Datenempfänger, wobei der Datenempfänger konfiguriert ist, um ein Signal eines Datensenders zu empfangen, wobei das Signal von dem

Datensender ansprechend auf ein Ereignis ausgesendet wird, wobei der Datenempfänger konfiguriert ist, um einen Zeitpunkt des Ereignisses basierend auf einer Zeitverzögerung zwischen dem Ereignis und dem Empfang des Signals zu ermitteln.

- 5 Bei Ausführungsbeispielen kann der Datenempfänger konfiguriert sein, um einen Zeitpunkt des Empfangs des Signals basierend auf einem Empfang einer Korrelationssequenz oder Trainingssequenz des Signals zu ermitteln.

- 10 Bei Ausführungsbeispielen kann das Signal keine Information über einen Zeitpunkt [z.B. absoluten Zeitpunkt] des Ereignisses aufweisen.

Bei Ausführungsbeispielen kann der Datenempfänger konfiguriert sein, um die Zeitverzögerung zu ermitteln [z.B. zu schätzen].

- 15 Bei Ausführungsbeispielen kann die Zeitverzögerung zwischen dem Ereignis und dem Empfang des Signals eine Verarbeitungszeit im Datensender, einer Laufzeit des Signals zwischen dem Datensender und dem Datenempfänger, und eine Verarbeitungszeit im Datenempfänger umfassen.

- 20 Bei Ausführungsbeispielen kann der Datenempfänger konfiguriert sein, um die Laufzeit des Signals basierend auf einer Entfernung zwischen dem Datensender und dem Datenempfänger und/oder basierend auf einer Phasendrehung des Signals zu ermitteln [z.B. zu schätzen].

- 25 Bei Ausführungsbeispielen kann die Zeitverzögerung zwischen dem Ereignis und dem Empfang des Signals eine Zeitdifferenz zwischen dem Ereignis und dem Senden des Signals umfassen.

- 30 Bei Ausführungsbeispielen kann das Signal eine Information über die Zeitdifferenz zwischen dem Ereignis und dem Senden des Signals aufweisen, wobei der Datenempfänger konfiguriert sein kann, um den Zeitpunkt des Ereignisses basierend auf der Zeitdifferenz zwischen dem Ereignis und dem Senden des Signals zu ermitteln [z.B. zu schätzen].

Beispielsweise kann in einer Payload des Signals ein relativer Abstand zu dem Ereignis signalisiert werden.

Bei Ausführungsbeispielen kann das Signal über zumindest einen Repeater weitergeleitet werden, wobei die Zeitverzögerung zwischen dem Ereignis und dem Empfang des Signals eine Verarbeitungszeit des zumindest einen Repeaters umfasst.

- 5 Beispielsweise kann der Repeater ein Funkrepeater sein oder aber auch ein drahtgebundener Repeater, der z.B. über Ethernet, das Signal [z.B. mit den Nutzdaten (engl. payload)] weiterleitet.

- 10 Bei Ausführungsbeispielen kann das Signal mit einer Information über die Verarbeitungszeit des zumindest einen Repeaters versehen sein, wobei der Datenempfänger konfiguriert ist, um den Zeitpunkt des Ereignisses basierend auf der Verarbeitungszeit des zumindest einen Repeaters zu ermitteln [z.B. zu schätzen].

- 15 Beispielsweise kann der zumindest eine Repeater seine Verarbeitungszeit in eine Payload des Signals reinschreiben.

- 20 Bei Ausführungsbeispielen kann das Signal über mehrere Repeater weitergeleitet werden, wobei das Signal mit einer Information über die Verarbeitungszeiten der mehreren Repeater versehen ist.

Beispielsweise kann das Signal über eine mehrere Repeater weitergeleitet werden, wobei jeder Repeater zwischen Datensender und Datenempfänger eine Payload des Signals mit seiner Verarbeitungszeit versieht.

- 25 Bei Ausführungsbeispielen kann der Datenempfänger konfiguriert sein, um in Abhängigkeit von dem ermittelten Zeitpunkt des Ereignisses einen Zeitstempel für das Ereignis zu generieren, und um das Ereignis mit dem Zeitstempel zu versehen [z.B. zu verknüpfen].

- 30 Bei Ausführungsbeispielen kann das Ereignis eine Erfassung eines Umweltparameters in einer Umgebung des Datensenders sein.

Bei Ausführungsbeispielen kann das Signal eine Information über den Umweltparameter [z.B. einen Sensorwert, der den Umweltparameter beschreibt] aufweisen.

- 35 Bei Ausführungsbeispielen kann das Ereignis eine Erfassung einer Mehrzahl von Umweltparametern sein, wobei die Mehrzahl von Umweltparametern zu unterschiedlichen Zeiten erfasst sind, wobei das Signal eine Information über die Mehrzahl von

Umweltparametern aufweist, wobei das Signal eine Information über Zeitdifferenzen zwischen der Erfassung der Mehrzahl von Umweltparametern und dem Senden des Signals aufweist, wobei der Datenempfänger konfiguriert ist, um Zeitpunkte der Erfassung der Mehrzahl von Umweltparametern basierend auf der Information über Zeitdifferenzen zwischen der Erfassung der Mehrzahl von Umweltparametern und dem Senden des Signals zu ermitteln.

Bei Ausführungsbeispielen kann das Ereignis eine Erfassung einer Mehrzahl von Umweltparametern sein, wobei die Mehrzahl von Umweltparametern periodisch erfasst sein können, wobei das Signal eine Information über die Mehrzahl von Umweltparametern aufweisen kann, wobei das Signal eine Information über eine Zeitdifferenz zwischen der Erfassung eines [z.B. des letzten] der Mehrzahl von Umweltparametern und dem Senden des Signals aufweist, wobei der Datenempfänger konfiguriert sein kann, um Zeitpunkte der Erfassung der Mehrzahl von Umweltparametern basierend auf der Information über die Zeitdifferenz zwischen der Erfassung eines der Mehrzahl von Umweltparametern und dem Senden des Signals zu ermitteln.

Bei Ausführungsbeispielen kann das Signal eine Information über eine Periodizität der Erfassung der Mehrzahl von Umweltparametern aufweisen, wobei der Datenempfänger konfiguriert sein kann, um Zeitpunkte der Erfassung der Mehrzahl von Umweltparametern basierend auf der Information über die Periodizität der Erfassung der Mehrzahl von Umweltparametern zu ermitteln.

Bei Ausführungsbeispielen kann das Signal oder eine Erzeugung des Signals von einem Taktsignal eines Taktgebers des Datensenders abhängig sein, wobei der Datenempfänger konfiguriert sein kann, um einen Signalparameter des Signals zu ermitteln, und um basierend auf dem Signalparameter einen Umweltparameter zu ermitteln, dem der Taktgeber des Datensenders oder das Signal ausgesetzt ist.

Bei Ausführungsbeispielen kann der Signalparameter von einem Modulationsinhalt des Signals unabhängig sein.

Bei Ausführungsbeispielen kann das Signal ein digital modulierte Signal sein, wobei der Datenempfänger konfiguriert ist, um einen analogen Signalparameter des digital modulierten Signals zu ermitteln.

Bei Ausführungsbeispielen kann der Signalparameter

- eine Empfangsträgerfrequenz,

- ein Empfangszeitpunkt,
 - eine Empfangssymbolrate,
 - ein Empfangsmodulationsindex,
 - eine Dopplerfrequenz,
 - 5 - ein Signal- zu Rauschverhältnis,
 - eine Signalleistung,
 - eine Kanalphase,
 - eine Kanaldämpfung,
 - eine Kanaldispersion und/oder
 - 10 - eine Polarisationsdrehung
- oder eine Änderung derselben bzw. desselben sein.

Bei Ausführungsbeispielen kann der Umweltparameter

- eine Temperatur,
 - 15 - eine Luftfeuchtigkeit,
 - ein Atmosphärendruck,
 - eine elektromagnetische Strahlung,
 - eine Helligkeit,
 - eine Bewegung und/oder
 - 20 - eine Vibration
- oder eine Änderung derselben bzw. desselben sein.

Bei Ausführungsbeispielen kann der Datenempfänger ein Datenempfänger eines drahtlosen Kommunikationssystems sein.

25 Bei Ausführungsbeispielen kann der Datenempfänger eine Basisstation sein.

Bei Ausführungsbeispielen kann der Datensender ein Sensorknoten sein.

30 Weitere Ausführungsbeispiele schaffen einen Datensender, wobei der Datensender konfiguriert ist, um ein Signal ansprechend auf ein Ereignis auszusenden, wobei der Datensender konfiguriert ist, um das Signal mit einer Information über eine Zeitdifferenz zwischen dem Ereignis und dem Senden des Signals zu versehen.

35 Weitere Ausführungsbeispiele schaffen ein System mit einem Datenempfänger gemäß einem der hierin beschriebenen Ausführungsbeispiele und einem Datensender gemäß einem der hierin beschriebenen Ausführungsbeispiele.

Weitere Ausführungsbeispiele schaffen ein Verfahren zum Ermitteln eines Zeitpunktes eines Ereignisses. Das Verfahren umfasst einen Schritt des Empfangens eines Signals, wobei das Signal ansprechend auf ein Ereignis ausgesendet wird. Ferner umfasst das Verfahren einen Schritt des Ermitteln eines Zeitpunktes des Ereignisses basierend auf einer Zeitverzögerung zwischen dem Ereignis und dem Empfang des Signals.

Bei Ausführungsbeispielen wird die absolute Zeit [z.B. der absolute Zeitpunkt] des Ereignisses (engl. event) nicht übertragen.

Bei Ausführungsbeispielen kann die relative Zeitdifferenz zum Ereignis [z.B. Messung] übertragen werden.

Bei Ausführungsbeispielen können im Repeater zusätzliche Verzögerungen hinzuaddiert werden.

Bei Ausführungsbeispielen kann mehr als ein gemessener Wert übertragen werden, um Redundanz zu erhalten.

Ausführungsbeispiele schaffen einen Datenempfänger, wobei der Datenempfänger ausgebildet ist, um ein Signal eines Datensenders zu empfangen, wobei das Signal oder eine Erzeugung des Signals von einem Taktsignal eines Taktgebers [z.B. eines Frequenzgebers, wie z.B. Oszillators bzw. Quarzes] des Datensenders abhängig ist, wobei der Datenempfänger ausgebildet ist, um einen Signalparameter [z.B. eine Signaleigenschaft] des Signals zu ermitteln [z.B. auszuwerten], und um basierend auf dem Signalparameter einen Umweltparameter [z.B. eine Temperatur oder Temperaturänderung] zu ermitteln [z.B. zu schätzen], dem der Taktgeber des Datensenders oder das Signal ausgesetzt ist.

Der vorliegenden Erfindung liegt die Idee zugrunde, Umweltparameter [z.B. Temperatur, Druck, Luftfeuchtigkeit oder eine Änderung derselben] durch Auswertung von Empfangsparametern zu bestimmen. Die Signalparameter des empfangen Signals (Empfangsparameter) hängen von einem Taktsignal eines Taktgebers [z.B. einer Frequenz eines Frequenzgebers] ab, basierend auf dem der Datensender das Signal erzeugt, wobei das von dem Taktgeber des Datensenders bereitgestellte Taktsignal von den Umweltparametern in der Umgebung des Datensenders abhängig ist.

Bei Ausführungsbeispielen kann der Signalparameter von einem Modulationsinhalt des Signals unabhängig sein.

5 Bei Ausführungsbeispielen kann das Signal ein digital modulierte Signal sein, wobei der Datenempfänger ausgebildet sein kann, um einen analogen Signalparameter [z.B. eine analoge Signaleigenschaft] des digital modulierten Signals zu ermitteln.

Beispielsweise kann der Signalparameter von einem Modulationsinhalt des digital modulierten Signals unabhängig sein.

10

Bei Ausführungsbeispielen kann der Datenempfänger ausgebildet sein, um für die Ermittlung des Signalparameters bekannte Symbole [z.B. Pilotsymbole] in dem Signal zu verwenden.

15

Bei Ausführungsbeispielen können die bekannten Symbole in Gruppen aufgeteilt sein, wobei sich die Gruppen von Symbolen an verschiedenen Stellen des Signals [z.B. am Anfang und am Ende] befinden können.

20

Bei Ausführungsbeispielen kann der Datenempfänger ausgebildet sein, um für die Ermittlung des Signalparameters mindestens 4 bekannte Symbole, vorzugsweise 20 bekannte Symbole und besonders vorzugsweise 40 bekannte Symbole zu verwenden.

Bei Ausführungsbeispielen kann das Signal eine Mehrzahl von Sub-Datenpaketen aufweisen, wobei die bekannten Symbole über mehrere Sub-Datenpakete verteilt sind.

25

Bei Ausführungsbeispielen kann der Datenempfänger ausgebildet sein, um für die Ermittlung des Signalparameters keine bekannten Symbole zu verwenden.

30

Bei Ausführungsbeispielen kann das Signal neben einer modulierten Primärinformation [z.B. eine ID des Datensenders, eine Synchronisationssequenz, Nutzdaten und/oder Dummy-Daten] eine Information über den Umweltparameter in dem Signalparameter aufweisen.

35

Bei Ausführungsbeispielen kann das Signal in gewissen Zeitabständen [z.B. gleichen oder ungleichen Zeitabständen] ausgesendet werden, wobei eine Aussendung des Signals oder eine echte Teilmenge der Aussendungen des Signals zusätzlich eine Information über den Umweltparameter [z.B. eine sensorisch bestimmte Version des Umweltparameters] in der modulierten Primärinformation aufweisen kann, wobei der Datenempfänger ausgebildet sein kann, um die Ermittlung [z.B. Schätzung oder Ableitung] des Umweltparameters basierend auf

dem Signalparameter basierend auf der in der modulierten Primärinformation enthaltenen Information über den Umweltparameter zu kalibrieren.

Beispielsweise kann der Datenempfänger ausgebildet sein, um das Signal in einer Mehrzahl von Zeitabschnitten einer Abfolge von Zeitabschnitten zu empfangen, wobei das in einer ersten Teilmenge von Zeitabschnitten der Abfolge von Zeitabschnitten empfangene Signal zusätzlich eine Information über den Umweltparameter [z.B. eine sensorisch bestimmte Version des Umweltparameters] in der modulierten Primärinformation aufweist, wobei der Datenempfänger ausgebildet ist, um die Ermittlung [z.B. Schätzung oder Ableitung] des Umweltparameters basierend auf dem Signalparameter basierend auf der in der modulierten Primärinformation enthaltenen Information über den Umweltparameter zu kalibrieren, wobei das in einer zweiten Teilmenge von Zeitabschnitten der Abfolge von Zeitabschnitten empfangene Signal in der modulierten Primärinformation keine Information über den Umweltparameter enthält, wobei die erste Teilmenge von Zeitabschnitten und die zweite Teilmenge von Zeitabschnitten disjunkt sind.

Bei Ausführungsbeispielen kann die modulierte Primärinformation keine Information über den Umweltparameter enthalten.

Bei Ausführungsbeispielen kann der Datenempfänger ausgebildet sein, um den Umweltparameter basierend auf einer Abbildungsfunktion aus dem Signalparameter zu ermitteln.

Bei Ausführungsbeispielen kann dem Datenempfänger die Abbildungsfunktion bekannt sein.

Bei Ausführungsbeispielen kann der Datenempfänger ausgebildet sein, um die Abbildungsfunktion basierend auf zumindest einer von einem Sensor bestimmten Information über den Umweltparameter zu kalibrieren.

Bei Ausführungsbeispielen kann der Datenempfänger ausgebildet sein, um die Abbildungsfunktion basierend auf zumindest zwei von einem Sensor bestimmten Informationen über den Umweltparameter zu ermitteln.

Bei Ausführungsbeispielen kann der Datenempfänger ausgebildet sein, um die Abbildungsfunktion basierend auf einer Polynomapproximation in Abhängigkeit von den zumindest zwei von dem Sensor bestimmten Informationen über den Umweltparameter zu ermitteln.

Bei Ausführungsbeispielen kann der Datenempfänger ausgebildet sein, um die Abbildungsfunktion basierend auf zumindest einer von einem Sensor bestimmten Information über den Umweltparameter aus einem Satz von Abbildungsfunktionen auszuwählen.

5

Bei Ausführungsbeispielen kann der Datenempfänger ausgebildet sein, um einen Mittelwert und eine Streuung über zumindest zwei von dem Sensor bestimmten Informationen über den Umweltparameter zu ermitteln, wobei der Datenempfänger ausgebildet sein kann, um die Abbildungsfunktion basierend auf dem Mittelwert und der Streuung aus dem Satz von

10

Bei Ausführungsbeispielen kann das Signal in gewissen Zeitabständen [z.B. gleichen oder ungleichen Zeitabständen] ausgesendet werden, wobei zumindest eine Aussendung des Signals oder eine echte Teilmenge der Aussendungen des Signals [z.B. in der modulierten Primärinformation] die zumindest eine von dem Sensor bestimmte Information über den Umweltparameter aufweist.

15

Bei Ausführungsbeispielen kann die Abbildungsfunktion eine Temperaturkurve des Taktgebers des Datensenders sein.

20

Bei Ausführungsbeispielen kann das Signal in gewissen Zeitabständen [z.B. gleichen oder ungleichen Zeitabständen] ausgesendet werden, wobei der Datenempfänger ausgebildet sein kann, um basierend auf zumindest zwei Aussendungen des Signals zumindest zwei Signalparameter zu ermitteln, wobei der Datenempfänger ausgebildet sein kann, um den Umweltparameter basierend auf den zumindest zwei Signalparametern zu ermitteln.

25

Bei Ausführungsbeispielen kann der Datenempfänger ausgebildet sein, um die zumindest zwei Signalparameter zu kombinieren [z.B. durch Differenzbildung], um einen kombinierten Signalparameter zu erhalten, wobei der Datenempfänger ausgebildet sein kann, um den Umweltparameter basierend auf dem kombinierten Signalparameter zu ermitteln.

30

Bei Ausführungsbeispielen kann der Datenempfänger ausgebildet sein, um zumindest zwei Signalparameter [z.B. Frequenz und Modulationsfehler] des Signals zu ermitteln, wobei der Datenempfänger ausgebildet sein kann, um basierend auf den zumindest zwei Signalparametern jeweils einen Umweltparameter [z.B. eine Temperatur oder Temperaturänderung] zu ermitteln [z.B. zu schätzen], dem der Taktgeber des Datensenders oder das Signal ausgesetzt ist.

35

Beispielsweise kann der Datenempfänger basierend auf den zumindest zwei Signalparametern gleiche Umweltparameter [z.B. Temperaturen oder Temperaturdifferenzen] oder unterschiedliche Umweltparameter [z.B. Temperatur und Druck, oder
5 Temperaturdifferenz und Druckdifferenz] ermitteln.

Bei Ausführungsbeispielen kann der Datenempfänger ausgebildet sein, um die ermittelten Umweltparameter zu kombinieren [z.B. durch Mittelwertbildung], um einen kombinierten Umweltparameter zu erhalten.

10

Bei Ausführungsbeispielen kann das Signal oder eine Erzeugung des Signals ferner von einem weiteren Taktsignal eines weiteren Taktgebers [z.B. Frequenzgeber und Zeitgeber] des Datensenders abhängig sein, wobei der Datenempfänger ausgebildet sein kann, um zwei Signalparameter des Signals zu ermitteln, und um den Umweltparameter basierend auf den
15 zwei Signalparametern zu ermitteln.

Bei Ausführungsbeispielen kann das Signal in gewissen Zeitabständen [z.B. gleichen oder ungleichen Zeitabständen] ausgesendet werden, wobei zumindest eine Aussendung des Signals oder eine echte Teilmenge der Aussendungen des Signals [z.B. in der modulierten
20 Primärinformation] eine Information über eine Abweichung der zwei Taktgeber des Datensenders aufweist, wobei der Datenempfänger ausgebildet sein kann, um die Ermittlung des Umweltparameters basierend auf der Abweichung der zwei Taktgeber des Datensenders zu kalibrieren.

Beispielsweise kann die Abweichung der zwei Taktgeber des Datensenders die aktuelle Differenz der Frequenzen der zwei Taktgeber angegeben. Zum Beispiel können die beiden Taktgeber [z.B. Quarze] gegeneinander vermessen werden, um einen Wert [z.B. in ppm, wie z.B. 20 ppm] festzustellen, der angibt, um wieviel die beiden Taktgeber auseinanderlaufen. Der Wert kann mitgesendet werden. Der Datenempfänger [z.B. Basisstation] kann die Zeit
30 [Empfangszeitpunkt] und Frequenz [Empfangsfrequenz] schätzen und die Information, um die Quarztemperaturkurven des Zeitquarzes oder des Frequenzquarzes am Knoten zu bestimmen/kalibrieren.

Bei Ausführungsbeispielen kann der Datenempfänger ausgebildet sein, um ein weiteres Signal von einem weiteren Datensender zu empfangen, wobei das weitere Signal oder eine Erzeugung des weiteren Signals von einem Taktsignal eines Taktgebers des weiteren Datensenders abhängig ist, wobei der Datensender und der weitere Datensender im
35

Wesentlichen dem gleichem Umweltparameter ausgesetzt sind [z.B. im gleichen Raum angeordnet sind], wobei der Datenempfänger ausgebildet sein kann, um einen weiteren Signalparameter des weiteren Signals zu ermitteln, und um den Umweltparameter basierend auf dem Signalparameter und dem weiteren Signalparameter zu ermitteln.

5

Bei Ausführungsbeispielen kann der Datenempfänger ausgebildet sein, um den Signalparameter und den weiteren Signalparameter zu kombinieren, um einen kombinierten Signalparameter zu erhalten, und um den Umweltparameter basierend auf dem kombinierten Signalparameter zu ermitteln.

10

Bei Ausführungsbeispielen können der Signalparameter und der weitere Signalparameter einzeln die Ermittlung eines relativen Umweltparameters [z.B. Temperaturänderungen] ermöglichen, wobei der Datenempfänger ausgebildet sein kann, um basierend auf dem Signalparameter und dem weiteren Signalparameter in Kombination einen absoluten Umweltparameter zu ermitteln.

15

Bei Ausführungsbeispielen können der Datensender und der weitere Datensender unterschiedlichen Funksystemen angehörig sein [z.B. Datensender unterschiedlicher Funksysteme sind].

20

Bei Ausführungsbeispielen kann das Taktsignal des Taktgebers von dem Umweltparameter abhängig sein.

Bei Ausführungsbeispielen kann der Datenempfänger ausgebildet sein, um einen altersbedingten Einfluss des Taktgebers auf den Signalparameter zu kompensieren.

25

Beispielsweise kann dem Datenempfänger der altersbedingte Einfluss des Taktgebers auf den Signalparameter bekannt sein. Ferner oder alternativ kann der Datenempfänger ausgebildet sein, um den altersbedingten Einfluss des Taktgebers auf den Signalparameter zu ermitteln bzw. zu schätzen, z.B. basierend auf zumindest zwei aufeinanderfolgenden empfangen Signalen des Datensenders.

30

Bei Ausführungsbeispielen kann der Datenempfänger ausgebildet sein, um einen exemplarstreuungsbedingten Einfluss des Taktgebers auf den Signalparameter zu kompensieren.

35

Bei Ausführungsbeispielen kann der Signalparameter

- eine Empfangsträgerfrequenz,
 - ein Empfangszeitpunkt,
 - eine Empfangssymbolrate,
 - ein Empfangsmodulationsindex,
 - 5 - eine Dopplerfrequenz,
 - ein Signal- zu Rauschverhältnis,
 - eine Signalleistung,
 - eine Kanalphase,
 - eine Kanaldämpfung,
 - 10 - eine Kanaldispersion und/oder
 - eine Polarisationsdrehung
- oder eine Änderung derselben bzw. desselben sein.

Bei Ausführungsbeispielen kann der Umweltparameter

- 15 - eine Temperatur,
 - eine Luftfeuchtigkeit,
 - ein Atmosphärendruck,
 - eine elektromagnetische Strahlung,
 - eine Helligkeit,
 - 20 - eine Bewegung und/oder
 - eine Vibration
- oder eine Änderung derselben bzw. desselben ist.

Weitere Ausführungsbeispiele schaffen ein System mit einem Datenempfänger gemäß einem

25 der hierin beschriebenen Ausführungsbeispiele und einem Datensender, wobei der Datensender ausgebildet sein kann, um das Signal zu senden, wobei das Signal oder die Erzeugung des Signals von dem Taktsignal des Taktgebers des Datensenders abhängig ist.

Bei Ausführungsbeispielen kann der Datensender ausgebildet sein, um das Signal in gewissen

30 Zeitabständen [z.B. gleichen oder ungleichen Zeitabständen] zu senden, wobei der Datensender ausgebildet sein kann, um zumindest eine Aussendung des Signals oder eine echte Teilmenge der Aussendungen des Signals mit einer von einem Sensor bestimmten Information über den Umweltparameter zu versehen.

35 Weitere Ausführungsbeispiele schaffen ein Verfahren. Das Verfahren umfasst einen Schritt des Empfangens eines Signals eines Datensenders, wobei das Signal oder eine Erzeugung des Signals von einem Taktsignal eines Taktgebers [z.B. eines Frequenzgebers, wie z.B.

Oszillators bzw. Quarzes] des Datensenders abhängig ist. Das Verfahren umfasst ferner einen Schritt des Ermitteln [z.B. Schätzens] eines Signalparameters [z.B. eine Signaleigenschaft] des empfangenen Signals. Das Verfahren umfasst ferner einen Schritt des Ermitteln eines Umweltparameters [z.B. eine Temperatur oder Temperaturänderung], dem der Taktgeber des
5 Datensenders oder das Signal ausgesetzt ist, basierend auf dem ermittelten Signalparameter.

Bei Ausführungsbeispielen kann ein Einfluss der Umwelt auf den Taktgeber des Datensenders mindestens um den Faktor zwei oder bevorzugt um den Faktor vier größer sein als ein Einfluss der Umwelt auf einen Taktgeber eines Datenempfängers, der das Signal des Datensenders
10 empfängt.

Bei Ausführungsbeispielen kann ein Einfluss der Umwelt auf einen Taktgeber eines Datenempfängers, der das Signals des Datensenders empfängt, mindestens um den Faktor zwei oder bevorzugt um den Faktor vier größer sein als ein Einfluss der Umwelt auf den
15 Taktgeber des Datensenders.

Weitere Ausführungsbeispiele schaffen ein Verfahren zum Ermitteln von Umweltparametern eines Bereichs (z.B. eines Gebiets oder Gebäudes). Das Verfahren umfasst einen Schritt des Empfangens einer Mehrzahl von Signalen von einer Mehrzahl von Datensendern, die in dem
20 Bereich angeordnet sind, wobei die Mehrzahl von Signalen von Taktsignalen von Taktgebern der jeweiligen Datensender abhängig sind. Das Verfahren umfasst ferner einen Schritt des Ermitteln von Signalparametern (z.B. Signaleigenschaften, wie z.B. Trägerfrequenzen oder Trägerfrequenzabweichungen) der Mehrzahl von empfangenen Signalen. Das Verfahren umfasst ferner einen Schritt des Ermitteln von zumindest einem Umweltparameter des
25 Bereichs, dem die Taktgeber der Datensender ausgesetzt sind, basierend auf den ermittelten Signalparametern.

Bei Ausführungsbeispielen können die Signalparameter von Modulationsinhalten der Mehrzahl von Signalen unabhängig sein.
30

Bei Ausführungsbeispielen können die Mehrzahl von Signalen digital modulierte Signale sein, wobei beim Ermitteln von Signalparametern analoge Signalparameter der Mehrzahl von digital modulierten Signalen ermittelt werden.

Beispielsweise können die analogen Signalparameter von Modulationsinhalten der Mehrzahl von digital modulierten Signalen unabhängig sein.
35

Bei Ausführungsbeispielen können die Mehrzahl von Signalen neben jeweiligen modulierten Primärinformationen [z.B. IDs der jeweiligen Datensender, Synchronisationssequenzen, Nutzdaten und/oder Dummy-Daten] Informationen über den zumindest einen Umweltparameter des Bereichs in den jeweiligen Signalparametern aufweisen.

5

Bei Ausführungsbeispielen kann das Verfahren einen Schritt des Kombinierens der ermittelten Signalparameter aufweisen, um zumindest einen kombinierten Signalparameter zu erhalten, wobei der zumindest eine Umweltparameter basierend auf dem zumindest einem kombinierten Signalparameter ermittelt wird.

10

Bei Ausführungsbeispielen können beim Kombinieren der ermittelten Signalparameter zumindest zwei Gruppen [z.B. echte Teilmengen [z.B. disjunkte oder sich überlappende Teilmengen]] von Signalparametern kombiniert werden, um für die zumindest zwei Gruppen von Signalparametern zumindest zwei kombinierte Signalparameter zu erhalten, wobei der zumindest eine Umweltparameter des Bereichs basierend auf den zumindest zwei kombinierten Signalparametern ermittelt wird.

15

Beispielsweise können zumindest zwei Gruppen von unterschiedlichen Signalparametern [z.B. erste Gruppe: Trägerfrequenzen (oder Trägerfrequenzabweichungen); zweite Gruppe: Signalleistungen] kombiniert werden, um zumindest zwei unterschiedliche kombinierte Signalparameter zu erhalten. Natürlich können auch zumindest zwei Gruppen von gleichen Signalparametern [z.B. erste Gruppe: Trägerfrequenzen (oder Trägerfrequenzabweichungen); zweite Gruppe: Trägerfrequenzen (oder Trägerfrequenzabweichungen)] kombiniert werden, um zumindest zwei gleiche kombinierte Signalparameter zu erhalten.

20

25

Beispielsweise kann für jeden der zumindest zwei kombinierten Signalparameter ein Umweltparameter des Bereichs ermittelt werden, um zumindest zwei Umweltparameter [z.B. unterschiedliche Umweltparameter [z.B. Temperatur, Luftdruck, Luftfeuchtigkeit] oder gleiche Umweltparameter [z.B. Temperaturen, Luftdrücke, Luftfeuchtigkeiten]] des Bereichs zu erhalten. Optional können die zumindest zwei Umweltparameter [z.B. im Falle von gleichen Umweltparametern] kombiniert werden, um einen kombinierten Umweltparameter zu erhalten. Natürlich können auch (jeweils) mehrere (unterschiedliche) Umweltparameter basierend auf den zumindest zwei kombinierten Signalparametern ermittelt werden.

30

35

Bei Ausführungsbeispielen können beim Kombinieren der ermittelten Signalparameter alle ermittelten Signalparameter [z.B. die Menge von ermittelten Signalparametern] oder eine

Gruppe von Signalparametern [z.B. eine (echte) Teilmenge von ermittelten Signalparametern] kombiniert werden, um einen kombinierten Signalparameter zu erhalten, wobei der zumindest eine Umweltparameter basierend auf dem einen kombinierten Signalparameter ermittelt wird.

- 5 Beispielsweise können ein Umweltparameter oder mehrere (unterschiedliche) Umweltparameter basierend auf dem einen kombinierten Signalparameter ermittelt werden.

Bei Ausführungsbeispielen kann das Verfahren einen Schritt des Kombinierens der ermittelten Signalparameter aufweisen, um eine anteilige Abbildung auf zumindest zwei
10 Umweltparameter zu ermitteln.

Beispielsweise können zwei Umweltparameter den gleichen Signalparameter beeinflussen wodurch bei einem einzelnen Signalparameter keine eindeutige Abbildung auf einen Umweltparameter möglich ist.

15 Bei Ausführungsbeispielen können die Signalparameter basierend auf einer Mittelung, Gewichtung oder Filterung kombiniert werden.

Bei Ausführungsbeispielen können beim Ermitteln des zumindest einem Umweltparameters
20 zumindest zwei Umweltparameter des Bereichs ermittelt werden, wobei das Verfahren ferner einen Schritt des Kombinierens der Umweltparameter aufweist, um zumindest einen kombinierten Umweltparameter des Bereichs zu erhalten.

Beispielsweise kann zumindest für eine Teilmenge der ermittelten Signalparameter jeweils ein
25 Umweltparameter ermittelt werden [z.B. ein Umweltparameter pro ermittelten Signalparameter]. Natürlich ist es auch möglich, dass zuvor zumindest zwei Gruppen [z.B. echte Teilmengen [z.B. disjunkte oder sich überlappende Teilmengen]] von Signalparametern kombiniert werden, um für die zumindest zwei Gruppen von Signalparametern zumindest zwei kombinierte Signalparameter zu erhalten, wobei für zumindest zwei der kombinierten
30 Signalparameter jeweils ein Umweltparameter ermittelt wird. Optional können auch mehr als ein Umweltparameter [z.B. Temperatur, Luftdruck,...] je Signalparameter oder je kombinierten Signalparameter ermittelt werden.

Bei Ausführungsbeispielen können beim Ermitteln des zumindest einen Umweltparameters
35 zumindest zwei Umweltparameter des Bereichs ermittelt werden, wobei das Verfahren ferner einen Schritt des Ermitteln einer Verteilung von Umweltparametern in dem Gebiet basierend auf den zumindest zwei Umweltparametern oder kombinierten Umweltparametern aufweist.

Bei Ausführungsbeispielen können beim Ermitteln des zumindest einen kombinierten Umweltparameters zumindest zwei kombinierte Umweltparameter des Bereichs ermittelt werden, wobei das Verfahren ferner einen Schritt des Ermitteln einer Verteilung von Umweltparametern in dem Bereich basierend auf den zumindest zwei kombinierten Umweltparametern aufweist.

Bei Ausführungsbeispielen kann das Verfahren ferner einen Schritt des Ermitteln von zumindest einem Umgebungszustand [z.B. Erdbeben, Sturm, Regen, Stau] des Bereichs basierend auf der ermittelten Verteilung von Umweltparametern aufweisen.

Bei Ausführungsbeispielen kann das Verfahren ferner einen Schritt des Optimierens eines Übertragungsverfahrens eines Kommunikationssystems, das in dem Bereich angeordnet ist [z.B. eines Kommunikationssystems mit zumindest einem Teil der Datensender und dem Datenempfänger und zumindest einem weiteren Datenempfänger], basierend auf der ermittelten Verteilung von Umweltparametern aufweisen.

Bei Ausführungsbeispielen kann das Verfahren ferner einen Schritt des Optimierens eines Routings von Datenpaketen eines Kommunikationssystems, das in dem Bereich angeordnet ist [z.B. eines Kommunikationssystems mit zumindest einem Teil der Datensender und dem Datenempfänger und zumindest einem weiteren Datenempfänger], basierend auf der ermittelten Verteilung von Umweltparametern aufweisen.

Bei Ausführungsbeispielen können zumindest ein Teil der Mehrzahl von Datensendern Zähler und/oder Sensoren sein, wobei das Verfahren ferner einen Schritt des Optimierens einer Ausleseroute zum Auslesen der Zähler und/oder Sensoren basierend auf der ermittelten Verteilung von Umweltparametern aufweist.

Bei Ausführungsbeispielen kann das Verfahren ferner einen Schritt des Optimierens einer Antennenhauptstrahlrichtung des Datenempfängers [z.B. Basisstation] oder eines anderen Datenempfängers [z.B. eine andere Basisstation] basierend auf der ermittelten Verteilung von Umweltparametern aufweisen.

Bei Ausführungsbeispielen können die Mehrzahl von Datensendern zumindest zwei unterschiedlichen Funksystemen [z.B. WLAN, Bluetooth, ZigBee] angehören [z.B. Datensender unterschiedlicher Funksysteme sind].

Bei Ausführungsbeispielen können die Mehrzahl von Signalen von zumindest zwei Basisstationen empfangen werden.

5 Beispielsweise kann eine erste Gruppe [z.B. (echte) Teilmenge] von Signalen von einer ersten Basisstation empfangen werden, wobei eine zweite Gruppe [z.B. (echte) Teilmenge] von Signalen von einer zweiten Basisstation empfangen werden kann.

10 Bei Ausführungsbeispielen können zumindest zwei der Basisstationen unterschiedlichen Funksystemen [z.B. WLAN, Bluetooth, ZigBee] angehören [z.B. Basisstationen unterschiedlicher Funksysteme sind].

Bei Ausführungsbeispielen können die Signalparameter durch zumindest eine Basisstation ermittelt werden.

15 Bei Ausführungsbeispielen können die Umweltparameter durch zumindest eine Basisstation oder einem mit der zumindest einen Basisstation verbundenen Server [z.B. Head End] ermittelt werden.

20 Bei Ausführungsbeispielen kann der zumindest eine Umweltparameter basierend auf zumindest einer Abbildungsfunktion ermittelt werden.

Bei Ausführungsbeispielen kann die zumindest eine Abbildungsfunktion basierend auf Informationen von zumindest zwei Datensendern [z.B. basierend auf Signalparametern von Signalen der zumindest zwei Datensender oder einem kombinierten Signalparametern, oder
25 basierend auf zumindest einem Umweltparameter, der basierend auf den Signalparametern oder dem kombinierten Signalparameter ermittelt wurde] ermittelt oder kalibriert werden.

Bei Ausführungsbeispielen kann der zumindest eine Umweltparameter basierend auf einer kombinierten Abbildungsfunktion ermittelt werden, wobei die kombinierte Abbildungsfunktion
30 durch Kombination von zumindest zwei Abbildungsfunktionen von zumindest zwei Datensendern ermittelt werden kann.

Bei Ausführungsbeispielen können die zumindest zwei Datensender im Wesentlichen gleiche Taktgeber aufweisen [z.B. aus der gleichen Herstellungsserie [Charge]].

35 Bei Ausführungsbeispielen können die Abbildungsfunktionen Temperaturkurven der Taktgeber der Datensender sein.

Bei Ausführungsbeispielen kann der zumindest eine Umweltparameter basierend auf unterschiedlichen Signalparametern [z.B. Trägerfrequenzen und Empfangszeitpunkten] ermittelt werden.

5

Bei Ausführungsbeispielen können die Signalparameter

- Empfangsträgerfrequenzen,
 - Empfangszeitpunkte,
 - Empfangssymbolraten,
 - 10 - Empfangsmodulationsindizes,
 - Dopplerfrequenzen,
 - Signal- zu Rauschverhältnisse,
 - Signalleistungen,
 - Kanalphasen,
 - 15 - Kanaldämpfungen,
 - Kanaldispersionen und/oder
 - Polarisationsdrehungen
- oder eine Änderung derselben sein.

20 Bei Ausführungsbeispielen kann der zumindest eine Umweltparameter

- eine Temperatur,
 - eine Luftfeuchtigkeit,
 - ein Atmosphärendruck,
 - eine elektromagnetische Strahlung,
 - 25 - eine Helligkeit,
 - eine Bewegung und/oder
 - eine Vibration
- oder eine Änderung derselben bzw. desselben sein.

30 Bei Ausführungsbeispielen können die Mehrzahl von Datensendern einem Ablese- oder Messsystem angehören, wobei die Mehrzahl von Signalen abgelesene oder gemessenen Werte als [z.B. modulierte] Primärinformation aufweisen können, wobei das Verfahren einen Schritt des Anpassens der gemessenen oder abgelesenen Werte basierend auf dem zumindest einen Umweltparameter des Bereichs aufweisen kann.

35

Beispielsweise kann die Genauigkeit der gemessenen oder abgelesenen Werte basierend auf dem zumindest einen Umweltparameter verbessert werden. Beispielsweise können

Messfehler der abgelesene oder gemessenen Werte basierend auf dem zumindest einen Umweltparameter korrigiert werden.

Weitere Ausführungsbeispiele schaffen eine Basisstation, wobei die Basisstation ausgebildet ist, um eine Mehrzahl von Signalen von einer Mehrzahl von Datensendern, die in einem Bereich angeordnet sind, zu empfangen, wobei die Mehrzahl von Signalen von Taktsignalen von Taktgebern der jeweiligen Datensender abhängig sind, wobei die Basisstation ausgebildet ist, um Signalparameter [z.B. Signaleigenschaften, wie z.B. Trägerfrequenzen oder Trägerfrequenzabweichungen] der Mehrzahl von empfangenen Signalen zu ermitteln, und wobei die Basisstation ausgebildet ist, um zumindest einen Umweltparameter des Bereichs, dem die Taktgeber der Datensender ausgesetzt sind, basierend auf den ermittelten Signalparametern zu ermitteln.

Weitere Ausführungsbeispiele schaffen einen Server, wobei der Server ausgebildet ist, um Signalparameter einer Mehrzahl von Signalen einer Mehrzahl von Datensendern zu erhalten, wobei die Mehrzahl von Signalen von Taktsignalen von Taktgebern der jeweiligen Datensender abhängig sind, wobei die Mehrzahl von Datensendern in einem Bereich angeordnet sind, wobei der Server ausgebildet ist, um zumindest einen Umweltparameter des Bereichs, dem die Taktgeber der Datensender ausgesetzt sind, basierend auf den ermittelten Signalparametern zu ermitteln.

Ausführungsbeispiele der vorliegenden Erfindung werden Bezugnehmend auf die beiliegenden Figuren näher beschrieben. Es zeigen:

Fig. 1 in einem Diagramm eine Abweichung eines hochfrequenten Taktgebers von der Referenzfrequenz in Abhängigkeit von der Temperatur;

Fig. 2 in einem Diagramm eine Abweichung eines niederfrequenten Taktgebers von der Referenzfrequenz in Abhängigkeit von der Temperatur;

Fig. 3 zeigt eine schematische Ansicht eines Systems mit einem Datensender und einem Datenempfänger, gemäß einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung;

Fig. 4 ein schematisches Blockschaltbild eines Systems mit einem Datenempfänger und einem Datensender, gemäß einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung;

- Fig. 5 in einem Diagramm Dichtefunktionen von vier unterschiedlichen Normalverteilungen;
- 5 Fig. 6 in einem Diagramm eine schematische Ansicht der datenempfängerseitigen Bestimmung der Quarzkurve des Quarzes des Datensenders, gemäß einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung;
- 10 Fig. 7 in einem Diagramm Abhängigkeiten von zwei unterschiedlichen Signalparametern von einem Umweltparameter;
- Fig. 8 ein schematisches Blockschaltbild eines Systems mit einem Datenempfänger und einer Mehrzahl von Datensendern, die in einem Bereich angeordnet sind, gemäß einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung;
- 15 Fig. 9 ein schematisches Blockschaltbild eines Systems mit einem Datenempfänger und einem Datensender, gemäß einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung;
- 20 Fig. 10 eine schematische Ansicht eines Systems mit einem Datenempfänger und einem Datensender, gemäß einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung; und
- 25 Fig. 11 ein Flussdiagramm eines Verfahrens 200 zum Ermitteln eines Zeitpunktes eines Ereignisses, gemäß einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung.

In der nachfolgenden Beschreibung der Ausführungsbeispiele der vorliegenden Erfindung werden in den Figuren gleiche oder gleichwirkende Elemente mit dem gleichen Bezugszeichen versehen, so dass deren Beschreibung untereinander austauschbar ist.

30

In typischen Funksystemen wird zur Erzeugung von Übertragungssignalen eine Referenzfrequenz benötigt, aus welcher der jeweilige Funkchip bzw. das jeweilige Frontend die notwendigen Takte ableitet. Diese Referenzfrequenz wird typischerweise durch einen Taktgeber, wie z.B. einen Schwingquarz (Quarz) [1], zur Verfügung gestellt. Datensender, wie

35 z.B. Knoten bzw. Sensorknoten, umfassen in der Regel zwei unterschiedliche Taktgeber. Dies kann beispielsweise ein hochfrequenter (HF) Taktgeber, der mit einer Frequenz von mehrere MHz schwingt, und ein niederfrequenter Taktgeber (LF), der üblicherweise mit einer Frequenz

von 32768 Hz schwingt, sein. Der hochfrequente Taktgeber ist in der Regel genauer (in Hinsicht auf die Abweichung von der Nominalfrequenz) und stromhungriger. Der niederfrequente ist ungenauer dafür aber sehr stromsparend.

5 Die von den Taktgebern (Schwingquarzen) zur Verfügung gestellten Referenzfrequenzen sind jedoch typischerweise von Umweltparametern abhängig. In Fig. 1 ist beispielhaft die Abhängigkeit der Referenzfrequenz über der Temperatur für einen beliebigen hochfrequenten Taktgeber zu sehen (Frequenzstabilität eines hochfrequenten Schwingquarzes über der Umgebungstemperatur [2]), während in Fig. 2 beispielhaft die Abhängigkeit der
10 Referenzfrequenz über der Temperatur für einen beliebigen niederfrequenten Taktgeber gezeigt ist (Frequenzstabilität eines niederfrequenten (LF) 32768 kHz Quarzes über der Temperatur [5]). Dabei beschreiben die Ordinaten jeweils die Frequenztoleranz in ppm und die Abszissen jeweils die Temperatur in °C.

15 Neben der Temperatur gibt es weitere Abhängigkeiten des Taktgebers (Quarzes) von zumindest folgenden Parametern:

- Luftfeuchtigkeit
- Druck
- EM-Strahlung
- 20 - Helligkeit
- Vibration/Bewegung

All diese Parameter haben einen Einfluss auf die vom Taktgeber (Schwingquarz) zur Verfügung gestellte Referenzfrequenz. Wird diese Referenzfrequenz für die Erzeugung der
25 Übertragungssignale eingesetzt, wirken sich diese Abhängigkeiten direkt auf das Übertragungssignal und somit auf die Übertragungsparameter (Signaleigenschaften) aus. Folgende Übertragungsparameter sind dabei von spezieller Bedeutung:

- Sendefrequenz
- Sendezeitpunkt
- 30 - Symbolrate
- Modulationsindex (bei Frequenzumtastungsverfahren, wie z.B. FSK oder GMSK)
- Doppler (nur bei Vibration/Bewegung)

Bei der Erzeugung und Abstrahlung eines Funksignals in einem Sender wirken sich somit
35 Umgebungsbedingungen des Senders auf das abgestrahlte Funksignal aus. Insbesondere die Frequenz von Oszillatoren, die in dem Sender als Referenz für Träger- oder Modulationsfrequenzen dient, kann durch Umwelteinflüsse verändert werden. Beispielsweise

korreliert bei nicht temperaturkorrigierten Oszillatoren (Quarzen) die Frequenz mit der Umgebungstemperatur. Analoge Effekte können auch für Luftfeuchtigkeit, Elektromagnetische Strahlung, Helligkeit oder Vibrationen auftreten. Darüber hinaus wirken sich Bewegungen oder Vibrationen des Senders und dessen Antenne durch Dopplerverschiebungen in dem abgestrahlten Signal aus.

Durch diese Eigenschaften trägt das abgestrahlte Signal neben der Primärinformation weitere implizite Informationen über die Umgebungsbedingungen oder Eigenschaften des Senders. Zur Veranschaulichung ist dieses Phänomen grafisch in Fig. 3 gezeigt

10

Im Detail zeigt Fig. 3 eine schematische Ansicht eines Systems 100 mit einem Datensender 130 und einem Datenempfänger 110. Wie in Fig. 3 zu erkennen ist, wirken sich die Umgebungsbedingungen auf Seiten des Datensenders 130 auf das von dem Datensender 130 gesendete Signal 120 aus, so dass das Signal 120 neben einer Primärinformation zusätzlich eine Information über die Umgebungsbedingungen in den Signaleigenschaften aufweist. Mit anderen Worten, Fig. 3 zeigt eine Funkkommunikation zwischen Sender 130 und Empfänger 110, wobei neben der gesendeten Primärinformation auch die Information über die Signaleigenschaften gezeigt ist.

Ist es nun möglich am Empfänger 130 die Signaleigenschaften zu bestimmen (z.B. zu schätzen), kann über den Zusammenhang der Signaleigenschaften mit den Umgebungsbedingungen direkt auf die Umgebungsbedingungen am Sender 130, am Empfänger 110 oder dazwischen geschlossen werden. Da die größten Toleranzen allerdings am Sender 130 entstehen werden meistens Umgebungsbedingungen am Sender bestimmt. Die Temperatur kann beispielsweise aus einem ermittelten Frequenzoffset (Abweichung zur erwarteten Nominalfrequenz) über die in Fig. 1 gezeigte Kurve am Sender bestimmt werden.

1. Bestimmung von Umweltparametern durch Auswertung von Empfangsparametern

Im Folgenden werden Ausführungsbeispiele der vorliegenden Erfindung beschrieben, die sich auf die Bestimmung der Umgebungsbedingungen aus den Signaleigenschaften und deren Auswertung beziehen.

Fig. 4 zeigt ein schematisches Blockschaltbild eines Systems 100 mit einem Datenempfänger 110 und einem Datensender 130, gemäß einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung.

Der Datenempfänger 110 ist ausgebildet, um ein Signal 120 des Datensenders 130 zu empfangen, wobei das Signal 120 von einem Taktsignal 132 eines Taktgebers 134 (z.B. eines Frequenzgebers, wie z.B. eines Oszillators bzw. Quarzes) des Datensenders 130 abhängig ist. Der Datenempfänger 110 ist ferner ausgebildet, um einen Signalparameter 112 (z.B. eine Signaleigenschaft, wie z.B. eine Trägerfrequenz oder Trägerfrequenzabweichung) des Signals 120 zu ermitteln (z.B. auszuwerten), und um basierend auf dem Signalparameter 112 einen Umweltparameter 114 (z.B. eine Temperatur oder Temperaturänderung) zu ermitteln (z.B. zu schätzen), dem der Taktgeber 134 des Datensenders 130 und/oder dem das Signal 120 ausgesetzt ist.

Wie in Fig. 4 beispielhaft gezeigt ist, kann der Datensender 130 einen Sender 136 (Funkchip / Frontend) aufweisen, der ausgebildet ist, um das Signal 120 (Sendesignal) zu erzeugen, wobei das Signal 120 vom dem Taktsignal 132 des Taktgebers 134 abhängig ist. Beispielsweise kann der Sender 136 mit dem Taktsignal 132 des Taktgebers 134 getaktet sein, so dass das Signal 120 von dem Taktsignal 132 des Taktgebers 134 abhängig ist.

Ein Umweltparameter 124 (z.B. eine Temperatur oder Temperaturänderung), der auf den Taktgeber 134 des Datensenders 130 einwirkt, beeinflusst den Taktgeber 134 und damit zumindest einen Signalparameter (z.B. Frequenz) des von dem Taktgeber 134 bereitgestellten Taktsignals 132. Da das von dem Datensender 130 gesendete Signal 120 von dem Taktsignal 132 abhängig ist, beeinflusst der Umweltparameter 124 nicht nur einen Signalparameter (z.B. Frequenz) des Taktsignals 132, sondern auch einen Signalparameter (z.B. eine Signaleigenschaft, wie z.B. Trägerfrequenz) des von dem Datensender 130 gesendeten Signals 120.

Der Datenempfänger 110 kann somit durch Auswerten des Signalparameters 112 des empfangenen Signals 120 auf den Umweltparameter (z.B. Temperatur) in der Umgebung des Datensenders 130 schließen bzw. diesen schätzen.

Der Signalparameter 112 ist dabei unabhängig von einem Modulationsinhalt des Signals 120, wie z.B. von einer modulierten Primärinformation, die das Signal 120 aufweist.

Beispielsweise kann der Datensender 130 (bzw. der Sender 136 des Datensenders 130) ausgebildet sein, um eine Primärinformation 138 (z.B. eine ID (=Identifikator) des Datensenders 130, eine Synchronisationssequenz/Pilotsequenz, Nutzdaten und/oder Dummy-Daten) zu modulieren, so dass das Signal 120 eine modulierte Primärinformation aufweist. Neben der modulierten Primärinformation enthält das Signal 120 jedoch zusätzlich

eine Information über den Umweltparameter 124 (in der Umgebung des Datensenders 130) in dem Signalparameter 112, den der Datenempfänger 110 auswerten kann, um auf den Umweltparameter 114 zu schließen.

5 Wie in Fig. 4 beispielhaft gezeigt ist, kann der Datenempfänger 110 einen Empfänger 116 aufweisen, der ausgebildet ist, um das empfangene Signal 120 zu demodulieren, um die in dem Signal 120 enthaltene Primärinformation 118 zu erhalten. Ferner kann der Datenempfänger 110 (z.B. der Empfänger 116 des Datenempfängers 110) ausgebildet sein, um den Signalparameter 112 des empfangenen Signals 120 zu ermitteln bzw. auszuwerten,
10 um die in dem Signal 120 zusätzlich enthaltene Information über den Umweltparameter 124 zu erhalten. Beispielsweise kann der Datenempfänger 110 hierzu einen Auswerter 117 (z.B. einen Prozessor) aufweisen, der ausgebildet ist, um basierend auf dem Signalparameter 112 den Umweltparameter 114 zu ermitteln (z.B. zu schätzen), zum Beispiel basierend auf einer Abbildungsfunktion, die den Signalparameter 112 auf den Umweltparameter 114 abbildet.

15 Bei Ausführungsbeispielen kann der Datensender 130 (bzw. der Sender 136 des Datensenders 130) ausgebildet sein, um als Signal 120 ein digital modulierte Signal 120 bereitzustellen. Der Datenempfänger 110 kann dabei ausgebildet sein, um einen analogen Signalparameter 112 (z.B. eine analoge Signaleigenschaft, wie z.B. eine Trägerfrequenz) des digital modulierten Signals 120 zu ermitteln, und basierend auf dem analogen Signalparameter 112 den Umweltparameter 114 zu ermitteln. Der analoge Signalparameter 112 ist dabei
20 unabhängig von einem Modulationsinhalt des digital modulierten Signals 120, wie z.B. von einer digital modulierten Primärinformation, die das Signal 120 aufweist.

25 Bei Ausführungsbeispielen ist es somit möglich, basierend auf dem (analogen) Signalparameter 112 den Umweltparameter in der Umgebung des Datensenders 130 zu schätzen, ohne dass der Umweltparameter hierfür explizit in dem Modulationsinhalt des Signals 120, d.h. in der modulierten Primärinformation des Signals 120, übertragen werden muss.

30 Obwohl mit dem Signal 120 also primär ganz andere Nutzdaten oder auch nur eine ID des Datensenders und/oder eine Synchronisationssequenz/Pilotsequenz übertragen werden, ist es trotzdem möglich, basierend auf dem (analogen) Signalparameter 112 den Umweltparameter in der Umgebung des Datensenders 130 zu ermitteln.

35

Die Ermittlung des Umweltparameters in der Umgebung des Datensenders 130 basierend auf dem (analogen) Signalparameter des empfangenen Signals 120 schafft ein breites Spektrum von Anwendungsmöglichkeiten.

5 So kann gem. Ausführungsbeispielen der Datensender 130, wie dies in Fig. 4 beispielhaft angedeutet ist, einen Sensor 137 für einen Umweltparameter 124 aufweisen. Da der Umweltparameter auf Seiten des Datenempfängers 110 auch basierend auf dem (analogen) Signalparameter 112 des Signals 120 ermittelt werden kann, ist es nicht mehr erforderlich den Sensorwert 139 regelmäßig bzw. mit jeder Aussendung des Signals 120 in der modulierten
10 Primärinformation des Signals 120 zu übertragen. Vielmehr genügt es mit dem Signal 120 als modulierte Primärinformation eine Synchronisationssequenz/Pilotsequenz und/oder eine ID des Datensenders 130 oder aber auch nur Dummy-Daten zu übertragen. Hierdurch kann die mit dem Signal 120 übertragene Datenmenge reduziert werden, wodurch auch die zur Übertragung des Signals 120 erforderliche Energie reduziert werden kann, was insbesondere
15 für batteriebetriebenen Datensender 130 von Vorteil ist. Auch muss der Sensor 137 nicht mehr für jede Aussendung des Signals 120 aktiviert werden, wodurch der Energieverbrauch weiter reduziert werden kann. Natürlich kann der von dem Sensor 137 bereitgestellte Sensorwert 139 zusätzlich in einer Aussendung oder einer geringen Anzahl (Teilmenge) von Aussendungen des Signals 120 in der modulierten Primärinformation mit übertragen werden und auf Seiten
20 des Datenempfängers 110 beispielsweise zur Kalibrierung oder Initialisierung genutzt werden. Genauso ist es möglich auf Seiten des Datensenders 130 vollständig auf den Sensor 137 für den Umweltparameter zu verzichten und/oder den Umweltparameter auf Seiten des Datenempfängers 110 ausschließlich basierend auf dem ermittelten Signalparameter 112 des empfangenen Signals 120 zu ermitteln.

25 Ferner ist es durch die Ermittlung des Umweltparameters auf Seiten des Datenempfängers 110 basierend auf dem (analogen) Signalparameter 112 des Signals 120 möglich, einen Datensender 130, der einen Sensor 137 für einen ersten Umweltparameter aufweist, ebenfalls als Sensor für einen zweiten Umweltparameter zu verwenden. Beispielsweise kann gem.
30 Ausführungsbeispielen der Datensender 130 einen Sensor 137 für einen ersten Umweltparameter 124 (z.B. Luftfeuchtigkeit oder Druck) aufweisen, wobei der Datenempfänger 110 ausgebildet ist, um basierend auf dem ermittelten Signalparameter 112 des Signals 120 einen zweiten Umweltparameter (z.B. Temperatur) zu ermitteln, wobei der erste Umweltparameter und der zweite Umweltparameter unterschiedlich sind.

35 Des Weiteren ist es durch die Ermittlung des Umweltparameters auf Seiten des Datenempfängers 110 basierend auf dem (analogen) Signalparameter 112 des empfangenen

Signals 120 möglich, einen Datensender 130 als Sensor für einen Umweltparameter zu verwenden, der keinen Sensor für den Umweltparameter aufweist.

Darüber hinaus ist es möglich einen vorhandenen Datensender 130 als Sensor für einen Umweltparameter (z.B. als Temperatursensor) zu verwenden, obwohl der Datensender 130 an sich nicht als Sensor für den Umweltparameter vorgesehen ist, beispielsweise da der Datensender 130 über keinen Sensor für den Umweltparameter verfügt oder aber auch weil der Datensender 130 den Sensorwert nicht übertragen kann.

Der Datensender 130 und der Datenempfänger 110 können optional ausgebildet sein, um Daten 120 unter Verwendung des Telegram-Splitting-Verfahrens (dt. Telegrammaufteilungsverfahrens) zu senden bzw. zu empfangen. Hierbei wird ein Telegramm bzw. Datenpaket in eine Mehrzahl von Sub-Datenpakete (oder Teildatenpakete, oder Teilpakete) aufgeteilt und die Sub-Datenpakete entsprechend eines Sprungmusters in der Zeit verteilt und/oder in der Frequenz verteilt von dem Datensender 130 zu dem Datenempfänger 110 übertragen, wobei der Datenempfänger 110 die Sub-Datenpakete wieder zusammenfügt (oder kombiniert), um das Datenpaket zu erhalten. Jedes der Sub-Datenpakete enthält dabei nur einen Teil des Datenpakets. Das Datenpaket kann ferner kanalcodiert sein, so dass zum fehlerfreien Decodieren des Datenpakets nicht alle Sub-Datenpakete sondern nur ein Teil der Sub-Datenpakete erforderlich ist. Die zeitliche Verteilung der Mehrzahl von Sub-Datenpaketen kann entsprechend eines Zeit- und/oder Frequenzsprungmusters erfolgen.

Im Folgenden werden detaillierte Ausführungsbeispiele der vorliegenden Erfindung beschrieben.

1.1. Bestimmung der Empfangsparameter und Abbildung auf Umweltparameter (Temperatur)

Manche Empfänger verfügen bereits über Schätzverfahren die sehr genau die Empfangsparameter (Signalparameter des empfangen Signals 120) schätzen können. Andere Empfänger können mit solchen Schätzverfahren nachgerüstet werden. Typische Empfangsparameter die geschätzt werden können sind

- Empfangsträgerfrequenz,
- Empfangszeitpunkte,
- Empfangs Symbolrate,
- Empfangs Modulationsindex (bei Frequenzumtastungsverfahren z. B bei FSK oder GMSK),

- Doppler Frequenz (nur bei Vibration/Bewegung),
- Signal Rauschverhältnis,
- Signalleistung (RSSI),
- Kanalphase, Kanaldämpfung,
- 5 - Dispersion in dem Kanal (Anzahl der Mehrpfade), und
- Polarisationsdrehung.

Die Abweichungen der geschätzten Empfangsparameter zu den erwarteten Empfangsparametern geben Schlüsse auf die Umweltparameter.

10

Die Umweltparameter können dabei Umweltparameter in der Nähe des Datensenders 130 (z.B. Sendeknotens) sein, wie z.B. eine Temperatur des Datensenders oder eine Umgebungstemperatur (z.B. Raumtemperatur) der Umgebung des Datensenders, oder Umweltparameter des Kanals (z.B. Kommunikationskanals zwischen Datensender 130 und

15 Datenempfänger 110) oder auch Umweltparameter des Datenempfänger 110 (Empfängers).

Im Allgemeinen hängen die Empfangsparameter von Toleranzen der Sendehardware, Störungen, die in dem Kanal verursacht werden, und/oder Toleranzen der Empfangshardware ab.

20

Bei Ausführungsbeispielen kann zumindest einer der Umweltparameter in der Umgebung des Datensenders 130 basierend auf einen Signalparameter des empfangen Signals 120 ermittelt werden. Ausführungsbeispiele können dabei sowohl für eine drahtlose Übertragung (z.B. über einen Funkkanal) als auch für eine kabelgebundene Übertragungen genutzt werden.

25

Im Folgenden wird beispielhaft die Schätzung der Empfangsträgerfrequenz als Signalparameter und die Abbildung der geschätzten Empfangsträgerfrequenz auf die Temperatur im Datensender 130 (z.B. Sendeknoten) als Umweltparameter erläutert. Die Schätzung wird im Beispiel in einer Basisstation als Datenempfänger 110 durchgeführt. Der

30 Datensender 130 (z.B. Endpunkt) sendet beispielsweise ein Datenpaket über einen drahtlosen Kommunikationskanal (z.B. Luft). Die Trägerfrequenz des Datenpakets wird durch den HF Quarz des Datensenders 130 bestimmt (siehe Fig. 1). Eine Temperatur von beispielsweise -12 Grad verzieht die Quarzfrequenz um + 10 ppm. Zusätzlich zu der Temperatur hängt die Trägerfrequenz auch von der Alterung und von der Exemplarstreuung ab. Die

35 Exemplarstreuung ist eine einmalig feste Abweichung, die in der Produktion des Quarzes und der Herstellung der Leiterplatte entsteht. Die Exemplarstreuung kann während der Produktion abgeglichen und eliminiert werden. Die Alterung ist ein sehr langsamer Prozess, bei der sich

die Frequenz über Jahre ändert. Die altersbedingte Abweichung des Quarzes kann nach der Kalibrierung mit 0 ppm angenommen werden. Zunächst kann ein Mittelwert über einen vorgegebenen Zeitraum, wie z.B. einem Jahr, als Referenz gebildet werden, um einen Referenzmittelwert zu erhalten. Anschließend kann ein Mittelwert (z.B. gleitender Mittelwert) über einen weiteren vorgegebenen Zeitraum, wie z.B. einem Jahr, gebildet werden, um die Alterung abzuschätzen. Die Differenz zwischen dem Referenzmittelwert und dem Mittelwert ergibt die Änderung durch die Alterung, d.h. die Abweichung zwischen Anfangsmittelwert (Referenzmittelwert) und aktuellen Mittelwert kann als Alterungsabweichung angenommen werden. Die aktuelle Alterung per Datensender 130 (z.B. Knoten) kann in der Basisstation 110 gespeichert werden. Der verbleibende Effekt ist dann nur die aktuelle Temperaturänderungen, welche durch die Temperaturkurve des Quarzes (siehe Fig. 1) beschrieben werden kann. Die Quarzfrequenz, welche beispielsweise im Idealfall 20 MHz beträgt, verschiebt sich dann zu 20,0002 MHz. Die Sendeträgerfrequenz des Datensenders 130 (z.B. Endknotens) verschiebt sich somit von 868 MHz auf 868,008680 MHz. Der Empfänger 116 in der Basisstation 110 empfängt das Datenpaket und schätzt die Trägerfrequenz. Die Schätzung ist sehr genau und gibt eine Abweichung von 8,68 kHz an. Hierbei wird angenommen, dass die Basisstation 110 sehr genaue Taktgeber besitzt. Beispielsweise kann die Basisstation 110 GPS synchronisiert sein oder einen sehr genauen temperaturkompensierten Quarz aufweisen, wie z.B. einen TCXO (temperature compensated crystal oscillator, dt. temperaturkompensierter Kristalloszillator) oder OCXO (oven controlled crystal oscillator, dt. ofenkontrollierter Kristalloszillator) der praktisch keine zusätzlichen Fehler zufügt. Gemäß Fig. 1 ist eine Abweichung von 8,68 kHz nur bei einer Temperatur von -12°C möglich, womit die Temperatur eindeutig bestimmt werden kann.

Etwas komplizierter ist der Fall, wenn die Frequenzschätzung beispielsweise einen Wert von +5 ppm ergibt. In diesem Fall existieren gemäß Fig. 1 zwei mögliche Lösungen, und zwar -32° und $+12^{\circ}\text{C}$. Hier reicht eine einzelne Temperaturmessung nicht aus. Beispielsweise kann eine zweite Messung durchgeführt werden. Wenn die zweite Messung beispielsweise eine Temperatur von $+24^{\circ}\text{C}$ ergibt und eine Differenz zu der vorherigen Schätzung der Empfangsträgerfrequenz +7 ppm beträgt, dann ist die Wahrscheinlichkeit höher, dass die Temperatur $+12^{\circ}\text{C}$ beträgt.

Bei Ausführungsbeispielen kann mindestens ein Empfangsparameter der Übertragung geschätzt werden und durch eine Abbildungsfunktion auf mindestens einem Umweltparameter oder eine Änderung des Umweltparameters abgebildet werden.

Bei Ausführungsbeispielen kann die Temperatur über eine Trägerfrequenzschätzung geschätzt werden.

Bei Ausführungsbeispielen kann die Messung z.B. einmalig mit Hilfe eines Temperatursensors kalibriert werden, um den aktuellen Temperaturpunkt zu ermitteln. Die Kalibrierung des Temperatursensors bringt einen weiteren Vorteil. Unterschiedliche Quarze weisen unterschiedliche Temperaturkurven auf. Beispielsweise kann in Abhängigkeit von einem Schnitt des Quarzes die Temperaturkurve etwas steiler oder flacher ausfallen. Basierend auf zumindest zwei mit dem Temperatursensor kalibrierten Temperaturpunkten kann die genaue Kurve ermittelt werden. Während der Kalibrierung kann die Alterung auch berechnet werden. In dem Fall zieht man den Mittelwert bei der Temperatur durch den Temperatur Sensor gemessen jetzt von dem Mittelwert gemessen letzten Jahres bei der gleichen Temperatur des Temperatursensors ab.

Bei Ausführungsbeispielen kann mittels eines existierenden Temperatursensors eine initiale oder immer wiederkehrende Kalibrierung durchgeführt werden, die für die Verfeinerung der Abbildungsfunktion benutzt werden kann.

Bei Ausführungsbeispielen kann zunächst die Trägerfrequenz und daraus die Abweichung der Quarzfrequenz geschätzt werden.

Bei Ausführungsbeispielen können Empfangsparameter wiederum in andere Empfangsparameter abgebildet werden bevor diese in Umweltparameter abgebildet werden.

Analog zur Schätzung des Frequenzfehlers des Frequenzgebers basierend auf der Empfangsträgerfrequenz kann auch der Frequenzfehler des Zeitgebers geschätzt werden. Dafür kann der erwartete zeitliche Abstand mit dem geschätzten Zeitabstand zwischen zwei Datenpaketen bzw. Sub-Datenpaketen verglichen werden. Für die zeitliche Abweichung ist nicht nur der aktuelle Wert der Temperatur relevant, sondern die akkumulierte Temperaturänderung. Damit gibt die zeitliche Abweichung an, um wieviel sich die Temperatur im Mittel von der letzten Messung geändert hat (siehe Fig. 2). Der Frequenzfehler des Zeitgebers kann für eine eigenständige Schätzung der Umwelteinflüsse benutzt werden oder in Kombination mit der Abweichung der HF Quarzes.

Bei Ausführungsbeispielen können die Empfangsparameter (Empfangs-)Zeitpunkte der Datenpakete/Sub-Datenpakete, eine Trägerfrequenz, ein Symboltakt, ein Modulationsfehler, eine Empfangsleistung, oder ein empfangenes Signal-Rausch-Verhältnis sein.

Bei Ausführungsbeispielen kann zumindest eine Quarzkurve (z.B. wie in Fig. 1) in dem Datenempfänger 110 (z.B. Basisstation) hinterlegt werden.

- 5 Bei Ausführungsbeispielen können die Temperaturwerte eines Temperatursensors in den Nutzdaten (engl. payload) mitgesendet werden.

1.2. Bestimmung der Empfangsparameter und Abbildung auf Umweltparameter (andere)

- 10 Im Falle eines beweglichen Datensenders 130 (mobiler Betrieb) ändert sich die Trägerfrequenz des Signals 120 durch die Dopplerverschiebung. Die Verschiebung der Trägerfrequenz des Signals 120 hängt dabei von der Geschwindigkeit ab, mit der sich der Datensender 130 bewegt. Basierend auf der Schätzung der Verschiebung der Trägerfrequenz kann somit die Geschwindigkeit des Datensenders 130 relativ zu dem Datenempfänger 110
15 (z.B. Basisstation) geschätzt werden. Soweit die Geschwindigkeit des Datensenders 130 bezogen auf mehrere geographische Punkte (z.B. von mehreren Datenempfängern 110 (z.B. Basisstationen)) geschätzt wird, kann auch die Richtung und Geschwindigkeit des Datensenders 130 genauer geschätzt werden.
- 20 Bei Ausführungsbeispielen kann basierend auf einer Änderung (Verschiebung) der Trägerfrequenz des Signals 120 eine Bewegung erkannt werden.

Bei Ausführungsbeispielen kann basierend auf einem Frequenzprofil auf eine Vibration oder andere Bewegungen geschlossen werden (Schätzung der Doppler Verschiebung). Das
25 Frequenzprofil bezieht sich dabei auf ein Profil der Dopplerverschiebung im Signal. Bei einer Vibration ändert sich die relative Geschwindigkeit des Senders zum Empfänger ständig, dadurch ergibt sich eine schnelle Änderung der geschätzten Dopplerfrequenz. Vibriert z.B. der Sender mit 100Hz, so ist 100 Mal pro Sekunde ein Anstieg und Abfall der Dopplerverschiebung im Signal die Folge.

30

Bei Ausführungsbeispielen ändert sich durch die Vibration des Quarzes die vom Quarz bereitgestellte Frequenz bzw. Referenzfrequenz (Mikrofonie des Quarzes). Hierdurch kann ebenfalls eine Vibration erkannt werden. Im Gegensatz zu dem Ausführungsbeispiel zuvor ergibt sich hier eine Frequenzabweichung im Signal, die konstant ist bei konstanter
35 Vibrationsfrequenz. Diese entsteht durch eine Verstimmung des Quarzes, wenn dieser Vibrationen ausgesetzt wird.

1.3. Durch die Differenz von zwei Empfangsparameter auf die Umwelt schließen

Anstatt die Differenz zwischen dem geschätzten Empfangsparameter (z.B. Empfangsträgerfrequenz) und dem erwarteten Empfangsparameter (z.B. Empfangsträgerfrequenz) zu bestimmen, kann bei Ausführungsbeispielen auch die Differenz zwischen einem zu einem ersten Zeitpunkt (z.B. während einer ersten Aussendung des Signals 120) geschätzten Empfangsparameter (z.B. Empfangsträgerfrequenz) und einem zu einem zweiten Zeitpunkt (z.B. während einer zweiten Aussendung des Signals 120) geschätzten Empfangsparameter (z.B. Empfangsträgerfrequenz) ermittelt werden. Basierend auf der Differenz der Empfangsparameter kann eine Differenz des Umweltparameters ermittelt werden, wie z.B. eine Temperaturerhöhung (z.B. von +3°C).

Bei Ausführungsbeispielen kann ein Empfangsparameters basierend auf der Differenz von zumindest zwei anderen Empfangsparametern ermittelt werden. Der so ermittelte Empfangsparameter kann anschließend in den Umweltparameter (Umgebungsbedingungen) umgerechnet werden.

Bei Ausführungsbeispielen kann der Empfangsparameter die Differenz zwischen zwei geschätzten Empfangsfrequenzen sein.

1.4. Schätzung von Empfangsparametern

Im Folgenden werden Ausführungsbeispiele der Schätzung von Signalparametern (Empfangsparametern) beschrieben.

Bei Ausführungsbeispielen können zur Schätzung des Empfangsparameters die gesendeten Symbole der Übertragung (des Signals 120) eingesetzt werden.

Bei Ausführungsbeispielen kann die Schätzung des Empfangsparameters basierend auf bekannten Symbolen erfolgen, die in der Übertragung eingesetzt werden, z.B. Pilotsymbole.

Bei Ausführungsbeispielen kann die Schätzung des Empfangsparameters basierend auf zwei Gruppen von Symbolen eines Datenpakets/Teildatenpakets erfolgen, wobei die zwei Gruppen von Symbolen voneinander beabstandet sind. Beispielsweise kann eine erste Gruppe von Symbolen am Anfang des Datenpakets/Teildatenpakets angeordnet sein, während eine zweite Gruppe von Symbolen am Ende des Datenpakets/Teildatenpakets angeordnet sein kann.

Bei Ausführungsbeispielen kann die Schätzung des Empfangsparameters auf mindestens vier Symbolen, vorzugsweise mindestens 20 Symbolen und besonders vorzugsweise mindestens 40 Symbolen basieren.

- 5 Bei Ausführungsbeispielen kann die Schätzung des Empfangsparameters basierend auf unbekannten Symbolen (des Datenpakets/Teildatenpakets) erfolgen (sog. blinde Schätzung).

Bei Ausführungsbeispielen können die Symbole, basierend auf denen die Schätzung des Empfangsparameter erfolgt, unmittelbar benachbarte Symbole oder voneinander
10 beabstandeten Symbole sein.

Bei Ausführungsbeispielen können die Symbole ein Subdatenpaket (Teildatenpaket, radio burst) oder ein Datenpaket bilden.

- 15 Bei Ausführungsbeispielen können die Symbole, basierend auf denen die Schätzung des Empfangsparameter erfolgt, einem dem Datenempfänger 110 bekannten Muster entsprechen, wie z.B. einer Synchronisationssequenz.

Bei Ausführungsbeispielen können die Symbole, basierend auf denen die Schätzung des
20 Empfangsparameter erfolgt, über mehrere Teildatenpakete/Datenpakete verteilt sein.

1.5. Verbesserung der Schätzgenauigkeit durch mehr Daten (Kalibrierung der Abbildungskurve)

- 25 Wie bereits erwähnt hat jeder Quarz eine andere Temperaturkurve. Die Temperaturkurve des Quarzes kann aus einer möglichen Menge von möglichen Kurven genauer bestimmt werden. Dafür können stochastische Momente, wie z.B. Mittelwert / Varianz, gebildet werden. Auch die Bestimmung einer Verteilung ist möglich. Ferner kann ein Mittelwert gebildet werden, um die Exemplarstreuung rauszurechnen oder um die mittlere Temperatur zu bestimmen.

30

Fig. 5 zeigt in einem Diagramm Dichtefunktionen von vier unterschiedlichen Normalverteilungen. Dabei beschreibt die Ordinate die Wahrscheinlichkeitsdichte und die Abszisse den Wert einer Zufallsvariable.

- 35 Bei Ausführungsbeispielen kann über mehrere Temperaturwerte aus dem Sensor gemittelt werden, um den Mittelwert und/oder die Streuung der Temperatur zu bestimmen (siehe Fig. 5). Der Mittelwert und die Streuung können benutzt werden, um die genaue Temperaturkurve

des Quarzes aus einer Menge (einem Satz) von möglichen Temperaturkurven zu bestimmen (Quarzfehler über Temperatur). Danach wird der Sensor nicht mehr benutzt, sondern nur der Quarz.

- 5 Wenn die Temperatur durch einen Temperatursensor bestimmt wurde, kann die Quarzkurve (Temperaturkurve des Quarzes) genauer bestimmt werden. Hierfür können mehrere Punkte aus der Kurve, mindestens zwei, kalibriert werden. Beispielsweise kann für eine gewisse Temperatur die genaue Frequenzabweichung (also diskrete Punkte auf der Quarzkurve) bestimmt werden. Dann kann mittels einer Polynomapproximationen, die durch die Punkte
10 geht, die vollständige Kurve bestimmt werden (Befehl polyfit in MATLAB). Die Polynome überschreiten nicht bestimmte Grenzen, die durch den Quarzhersteller garantiert sind.

Fig. 6 zeigt in einem Diagramm eine schematische Ansicht der datenempfängerseitigen Bestimmung der Quarzkurve des Quarzes des Datensenders, gemäß einem
15 Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung. Dabei beschreibt die Ordinate die Frequenzabweichung in ppm und die Abszisse die Temperatur in °C.

Es gibt zwei Möglichkeiten die Quarzkurve zu bestimmen.

- 20 Gemäß einer ersten Möglichkeit kann gleichzeitig eine Frequenz geschätzt und zusätzlich die Temperatur dazu aus der Payload ausgelesen werden. Die Temperatur wurde hierzu z.B. mittels eines Sensors erfasst. Dadurch sind die Werte der Abszisse und der Ordinate eines Punktes bekannt.

- 25 Wenn die gleiche Vorgehensweise für unterschiedliche Temperaturen (z.B. Tag / Nacht) wiederholt wird, können mehrere Punkte der Quarzkurve bestimmt werden. Die Quarzkurve kann durch die Funktion ax^3+bx^2+cx+d beschrieben werden. Durch Polynomapproximation (z.B. Befehl polyfit in Matlab) können die passenden Koeffizienten bestimmt werden und die komplette Kurve ermittelt werden.

30

In Fig. 6 ist die gestrichelte Kurve die bestimmte Quarzkurve. In der Produktion wurde bei der Kalibrierung 1 Punkt festgemacht, nämlich z.B. $x = 20^{\circ}\text{C}$ $y = 0$ ppm. Die Differenz zwischen der gestrichelten Kurve (von polyfit) und der Nullpunkt aus der Produktionskalibrierung ergibt den Offset auf Fig 6. Der Offset kann sich z.B. durch Alterung mit der Zeit verschoben haben.

35

Gemäß einer zweiten Möglichkeit wird nur die Frequenz geschätzt und die Temperatur dazu ist nicht bekannt. Damit ist nur die Ordinate jedes Punktes bekannt und nicht die Abszisse.

Wenn mehrere Punkte der Kurve ermittelt wurden, kann basierend auf diesen entweder eine gequetschte oder eine gespreizte Quarzkurve ermittelt werden. Da der mögliche Verlauf der Kurve bekannt ist (z.B. Sinus ähnlich mit bekannter Frequenz) kann die Quetschung/Spreizung rausgerechnet und die Quarzkurve grob bestimmt werden.

5

Eine Mittelung der Frequenz kann in beiden Möglichkeiten benutzt werden um den Punkt der Quarzkurve genauer/unverrauschter zu bestimmen.

Bei Ausführungsbeispielen kann durch Messung von unterschiedlichen Temperaturen (z.B. Tagsüber, Nachtsüber, im Winter, im Sommer) die Quarzkurve genauer bestimmt werden (siehe Fig. 6).

Bei Ausführungsbeispielen kann der Fehler des Zeitgebers (LF 32 kHz) über die Frequenz des Trägerfrequenzgebers abgeglichen werden. Daraus ergibt sich ein Wert von X ppm. Hierbei ist der Trägerfrequenzgeber meistens präziser als der Zeitgeber. Die Abweichung der zwei Frequenzen kann im Signal 120 (z.B. Uplink) mitgeschickt werden und für eine Verfeinerung der Umweltparametermessung benutzt werden.

Bei Ausführungsbeispielen kann das Signal 120 (in der modulierten Primärinformation) eine Information aufweisen, die beschreibt, um wieviel der Zeitgeber (Zeitquarz, LF Quarz) und der Frequenzgeber (Frequenzquarz, HF Quarz) auseinanderlaufen. Diese Information kann im Datenempfänger (z.B. Basisstation) zur Kalibrierung der Quarzkurven oder für die Bestimmung der Umweltparameter eingesetzt werden.

Bei Ausführungsbeispielen können die entsprechenden Sendeparameter durch mindestens zwei unterschiedliche Taktgeber (z.B. Quarze) generiert werden, zum Beispiel kann durch einen ersten Quarz die Trägerfrequenz eines ersten Signals (z.B. eines ersten Datenpakets) generiert werden und durch einen zweiten Quarz die Trägerfrequenz eines zweiten Signal (z.B. eines zweiten Datenpakets). Die Ergebnisse der zwei Quarze können dann (auf Seiten des Datenempfängers) kombiniert (z.B. gemittelt) werden. Im Detail können Datensenderseitig zwei (z.B. quarzstabilisierte) Oszillatoren verwendet werden. Der Basistation kann bekannt sein, dass der Datensender zwei Oszillatoren aufweist und wann welcher Oszillator verwendet wird. Beispielsweise kann der Datensender abwechselnd Signale, die vom ersten Oszillator und vom zweiten Oszillator abhängig sind, senden. Bedingt dadurch, dass für die zwei Oszillatoren auch zwei Quarzkurven hinterlegt sind, können Datenempfängerseitig basierend auf den empfangenen Signalen und den zwei Quarzkurven auch zwei Temperaturen ermittelt werden, wobei die zwei Temperaturen kombiniert werden können (z.B. durch

Mittelwertbildung), um die endgültige Temperatur zu erhalten. Natürlich können auch mehr als zwei Oszillatoren verwendet werden.

Falls zwei (oder mehr) Signalparameter geschätzt werden, die unterschiedlich beeinflusst werden, kann aus den relativen Änderungen der Abweichungen eine Rekonstruktion der absoluten Werte der beeinflussenden Faktoren erfolgen. Besteht z.B. eine lineare Abhängigkeit von der Temperatur bei Parameter A, und eine quadratisch Abhängigkeit von der Temperatur bei Parameter B, kann durch Vergleich der relativen Abweichungen auf die absolute Position auf der Quarzkurve geschlossen werden (vgl. Fig. 7).

Im Detail zeigt Fig. 7 in einem Diagramm Abhängigkeiten von zwei unterschiedlichen Signalparametern von einem Umweltparameter. Dabei beschreibt die Ordinate den Wert der Signalparameter (z.B. Frequenzabweichung und Zeitabweichung), während die Abszisse den Wert eines Umweltparameters (z.B. Temperatur) beschreibt. Mit anderen Worten, Fig. 7 zeigt Relativabweichungen bei unterschiedlich beeinflussten Parametern. Dabei sind relativen Abweichungen die eingezeichneten Differenzen zwischen den beobachteten Punkten, wobei die Achsen den beeinflussenden Umweltparameter (Abszisse) und beeinflusste Signalparameter (Ordinate) direkt darstellen.

Bei Ausführungsbeispielen erfolgt eine Kombination von Schätzwerten von unterschiedlich beeinflussbaren Sendern zur Ermittlung von Absolutwerten aus Relativabweichungen. Wenn mehrere Sender in gleicher oder ähnlicher Umgebung (z.B. im gleichen Raum) vorhanden sind und diese Sender (oder deren Quarze) unterschiedlich von Temperaturänderungen beeinflusst werden, kann durch einen Vergleich der ermittelten Signalparameter ein Empfänger, der mehrere dieser Sender empfängt, auf Absolutwerte schließen (analog zu Fig. 7) oder generell die Schätzgenauigkeit erhöhen.

2. Bestimmung von Umweltparametern eines Bereichs durch Kombination von Empfangsparametern

In Abschnitt 1 wurde gezeigt, dass sich aus Signalparametern (z.B. Empfangsparametern) eines Signals 120 eines Datensenders 130 die Umweltparameter 124 der Umgebung des Datensenders 130 schätzen lassen.

Häufig sind in einem gewissen Gebiet, unter Umständen mit gleichen Umgebungsbedingungen, mehrere Datensender angeordnet (z.B. verbaut). Dies ist beispielsweise bei WLAN-Netzwerken mit mehreren Teilnehmern oder im sog. IoT (Internet of

Things, deutsch: Internet der Dinge) der Fall. Typischerweise sind die Positionen der Datensender bekannt oder können bestimmt werden.

5 Aus den Ergebnissen der einzelnen Datensender kann auf Verteilungen der Umgebungsbedingungen in dem Gebiet geschlossen werden.

Wie bereits erwähnt wurde, können u.a. die folgenden Signalparameter (Empfangsparameter) geschätzt und für eine Auswertung der Umgebungsbedingungen eingesetzt werden:

- Empfangsträgerfrequenz;
- 10 - Empfangszeitpunkte;
- Empfangssymbolrate;
- Empfangsmodulationsindex (bei Frequenzumtastungsverfahren, wie z.B. FSK oder GMSK); und/oder
- Doppler-Frequenz (nur bei Vibration/Bewegung).

15

Aus den oben genannten Signalparametern können Informationen über beispielsweise folgende Umweltparameter ermittelt werden:

- Temperatur;
- Luftfeuchtigkeit;
- 20 - Druck;
- elektromagnetische Strahlung;
- Helligkeit; und/oder
- Vibration/Bewegung.

25 Fig. 8 zeigt ein schematisches Blockschaltbild eines Systems 100 mit einem Datenempfänger 110_1 und einer Mehrzahl von Datensendern 130_1-130_n ($n=7$), die in einem Bereich 150 angeordnet sind, gemäß einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung.

30 Das in Fig. 8 gezeigte System 100 weist beispielhaft $n=7$ Datensender 130_1-130_n auf, die in dem Bereich (z.B. einem Gebiet oder Gebäude) 150 angeordnet sind. Im Allgemeinen, kann das System 100 eine Mehrzahl von Datensendern 130_1-130_n aufweisen, wobei n eine natürliche Zahl größer gleich zwei ist $n \geq 2$.

35 Der Datenempfänger 110_1, der beispielsweise eine Basisstation sein kann, kann innerhalb oder außerhalb des Bereichs angeordnet sein.

Der Datenempfänger 110_1 kann ausgebildet sein, um eine Mehrzahl von Signalen von der Mehrzahl von Datensendern 130_1-130_n ($n=7$) zu empfangen, wobei die Mehrzahl von Signalen von Taktsignalen von Taktgebern der jeweiligen Datensender 130_1-130_n ($n=7$) abhängig sind (vgl. Fig. 4). Der Datenempfänger 110_1 kann ferner ausgebildet sein, um

5 Signalparameter (z.B. Signaleigenschaften, wie z.B. Trägerfrequenzen oder Trägerfrequenzabweichungen) der Mehrzahl von empfangenen Signalen zu ermitteln (z.B. auszuwerten oder zu schätzen).

Bei Ausführungsbeispielen kann der Datenempfänger 110_1 ferner ausgebildet sein, um

10 zumindest einen Umweltparameter des Bereichs 150, dem die Taktgeber der Datensender 130_1-130_n ($n=7$) ausgesetzt sind, basierend auf den ermittelten Signalparametern zu ermitteln (z.B. zu schätzen).

Alternativ kann der Datenempfänger 110_1 auch ausgebildet sein, um die ermittelten

15 Signalparameter an einen zentralen Server 140 (z.B. Head End) des Systems 100 zu übermitteln, wobei der zentrale Server 140 ausgebildet sein kann, um basierend auf den von dem Datenempfänger 110_1 ermittelten Signalparametern den zumindest einen Umweltparameter des Bereichs 150 zu ermitteln, dem die Taktgeber der Datensender 130_1-130_n ($n=7$) ausgesetzt sind. Natürlich ist es genauso möglich, dass der Datenempfänger

20 110_1 basierend auf den ermittelten Signalparametern Umweltparameter des Bereichs 150 ermittelt und diese an den zentralen Server 140 (z.B. Head End) des Systems 100 für eine weitere Verarbeitung übermittelt, wie z.B. für eine Ermittlung eines Umgebungszustands (z.B. Erdbeben, Sturm, Regen, Stau) des Bereichs basierend auf den ermittelten Umweltparametern oder basierend auf einer Verteilung der ermittelten Umweltparameter.

Wie in Fig. 8 beispielhaft gezeigt ist, kann das System einen weiteren Datenempfänger 110_2, wie z.B. eine weitere Basisstation aufweisen, wobei der weitere Datenempfänger 110_2 ausgebildet sein kann, um eine Mehrzahl von Signalen von einer Mehrzahl von Datensendern 130_6, 130_7, die in dem Bereich angeordnet sind, zu empfangen, wobei die Mehrzahl von

30 Signalen von Taktsignalen von Taktgebern der jeweiligen Datensender abhängig sind. Der weitere Datenempfänger 110_2 kann dabei Signale von Datensendern (z.B. Datensender 130_6 in Fig. 8) empfangen, die ebenfalls vom Datenempfänger 110_1 empfangen werden oder aber auch Signale von Datensendern (z.B. Datensender 130_8 in Fig. 8), die nicht von dem Datenempfänger 110_1 empfangen werden. Ferner kann der weitere Datenempfänger

35 ausgebildet sein, um Signalparameter (z.B. Signaleigenschaften, wie z.B. Trägerfrequenzen oder Trägerfrequenzabweichungen) der Mehrzahl von empfangenen Signalen zu ermitteln.

Bei Ausführungsbeispielen kann der weitere Datenempfänger 110_2 ausgebildet sein, um zumindest einen Umweltparameter des Bereichs 150 basierend auf den ermittelten Signalparametern zu ermitteln. Natürlich kann der weiteren Datenempfänger 110_2 auch ausgebildet sein, um die ermittelten Signalparameter an den zentralen Server 140 zur weiteren
5 Verarbeitung zu übermitteln.

Bei Ausführungsbeispielen kann der Datenempfänger 110_1 (und/oder der weitere Datenempfänger 110_2 oder der zentrale Server 140) ausgebildet sein, um die ermittelten Signalparameter zu kombinieren, um zumindest einen kombinierten Signalparameter zu
10 erhalten, wobei der zumindest eine Umweltparameter basierend auf dem zumindest einem kombinierten Signalparameter ermittelt wird.

Bei Ausführungsbeispielen können beim Kombinieren der ermittelten Signalparameter zumindest zwei Gruppen (z.B. echte Teilmengen (z.B. disjunkte oder sich überlappende
15 Teilmengen)) von Signalparametern kombiniert werden, um für die zumindest zwei Gruppen von Signalparametern zumindest zwei kombinierte Signalparameter zu erhalten, wobei der zumindest eine Umweltparameter des Bereichs basierend auf den zumindest zwei kombinierten Signalparametern ermittelt wird.

Beispielsweise können zumindest zwei Gruppen von unterschiedlichen Signalparametern (z.B. erste Gruppe: Trägerfrequenzen (oder Trägerfrequenzabweichungen); zweite Gruppe: Signalleistungen) kombiniert werden, um zumindest zwei unterschiedliche kombinierte
20 Signalparameter zu erhalten. Natürlich können auch zumindest zwei Gruppen von gleichen Signalparametern (z.B. erste Gruppe: Trägerfrequenzen (oder Trägerfrequenzabweichungen);
25 zweite Gruppe: Trägerfrequenzen (oder Trägerfrequenzabweichungen)) kombiniert werden, um zumindest zwei gleiche kombinierte Signalparameter zu erhalten.

Beispielsweise kann für jeden der zumindest zwei kombinierten Signalparameter ein Umweltparameter des Bereichs 150 ermittelt werden, um zumindest zwei Umweltparameter
30 (z.B. unterschiedliche Umweltparameter (z.B. Temperatur, Luftdruck, Luftfeuchtigkeit) oder gleiche Umweltparameter (z.B. Temperaturen, Luftdrücke, Luftfeuchten)) des Bereichs 150 zu erhalten. Optional können die zumindest zwei Umweltparameter [z.B. im Falle von gleichen Umweltparametern) kombiniert werden, um einen kombinierten Umweltparameter zu erhalten. Natürlich können auch (jeweils) mehrere (unterschiedliche) Umweltparameter
35 basierend auf den zumindest zwei kombinierten Signalparametern ermittelt werden.

Bei Ausführungsbeispielen können beim Kombinieren der ermittelten Signalparameter alle ermittelten Signalparameter (z.B. die Menge von ermittelten Signalparametern) oder eine Gruppe von Signalparametern (z.B. eine (echte) Teilmenge von ermittelten Signalparametern) kombiniert werden, um einen kombinierten Signalparameter zu erhalten, wobei der zumindest
5 eine Umweltparameter basierend auf dem einen kombinierten Signalparameter ermittelt wird.

Beispielsweise können ein Umweltparameter oder mehrere (unterschiedliche) Umweltparameter basierend auf dem einen kombinierten Signalparameter ermittelt werden.

10 Bei Ausführungsbeispielen können die Signalparameter basierend auf einer Mittelung, Gewichtung oder Filterung kombiniert werden.

Bei Ausführungsbeispielen kann der Datenempfänger 110_1 (und/oder der weitere Datenempfänger 110_2 oder der zentrale Server 140) ausgebildet sein, um zumindest zwei
15 Umweltparameter des Bereichs 150 basierend auf den ermittelten Signalparametern oder kombinierten Signalparametern zu ermitteln, und um die zumindest zwei Umweltparameter zu kombinieren, um zumindest einen kombinierten Umweltparameter des Bereichs 150 zu erhalten.

20 Beispielsweise kann zumindest für eine Teilmenge der ermittelten Signalparameter jeweils ein Umweltparameter ermittelt werden (z.B. ein Umweltparameter pro ermittelten Signalparameter). Natürlich ist es auch möglich, dass zuvor zumindest zwei Gruppen (z.B. echte Teilmengen (z.B. disjunkte oder sich überlappende Teilmengen)) von Signalparametern kombiniert werden, um für die zumindest zwei Gruppen von Signalparametern zumindest zwei
25 kombinierte Signalparameter zu erhalten, wobei für zumindest zwei der kombinierten Signalparameter jeweils ein Umweltparameter ermittelt wird. Optional können auch mehr als ein Umweltparameter (z.B. Temperatur, Luftdruck, ...) je Signalparameter oder je kombinierten Signalparameter ermittelt werden.

30 Bei Ausführungsbeispielen kann der Datenempfänger 110_1 (und/oder der weitere Datenempfänger 110_2 oder der zentrale Server 140) ausgebildet sein, um eine Verteilung von Umweltparametern in dem Bereich basierend auf den zumindest zwei ermittelten Umweltparametern oder kombinierten Umweltparametern zu ermitteln.

35 Bei Ausführungsbeispielen kann der Datenempfänger 110_1 (und/oder der weitere Datenempfänger 110_2 oder der zentrale Server 140) ausgebildet sein, um basierend auf der

ermittelten Verteilung von Umweltparametern einen Umgebungszustand (z.B. Erdbeben, Sturm, Regen, Stau) des Bereichs 150 zu ermitteln.

Im Folgenden werden detaillierte Ausführungsbeispiele der vorliegenden Erfindung beschrieben.

2.1 Kombination mehrerer Schätzwerte zu Gesamtschätzwert

Wie bereits erwähnt wurde, kann bei Ausführungsbeispielen basierend auf einer ermittelten Verteilung von Umweltparametern ein Umgebungszustand ermittelt werden.

Beispielsweise kann basierend auf einem geografischem Vibrationsprofil beispielsweise ein Erdbeben erkannt und eine Warnung ausgegeben werden. Beispielsweise kann basierend auf einem Temperaturprofil eine Sturmwarnung ausgegeben werden.

Es gibt auch Parameter die den Kanal charakterisieren:

- Signal-Rausch-Verhältnis;
- Signalleistung (RSSI), Kanalphase, Kanaldämpfung;
- Dispersion in dem Kanal (Anzahl der Mehrpfade);
- Polarisationsdrehung;
- Rauschpegel;
- Man-made Noise;
- Kanallast.

Eine erhöhte Kanaldämpfung kann z.B. auf Regen deuten. Ein erhöhter Rauschpegel (z.B. durch Man-made Noise) kann z.B. auf einen Stau deuten.

Basierend auf der Empfangsleistung kann auch eine Dämpfung des Kanals zwischen beliebigen Punkten (z.B. zwischen Datensender und Datenempfänger) ermittelt werden. Das kann helfen, den aktuellen Kanal in dem gesamten Gebiet zu rekonstruieren und adaptiv über das ganze Gebiet die Kommunikation zu verbessern. Beispielsweise kann basierend auf den geschätzten Signalleistungen und dem Wissen, mit wieviel Leistung die Datensender (z.B. Knoten) senden und wieviel Gewinn die Antennen haben, die Dämpfung des Kanals ermittelt werden.

Auch ein besseres Routing [z.B. von Signalen oder Datenpaketen] wäre damit möglich. Gebiete mit aktuellem hohem Rauschpegel werden vermieden. Beispielsweise kann ein

Datensender (z.B. Knoten) von zwei Datenempfängern (z.B. Basisstationen) empfangbar sein, wobei (z.B. basierend auf der ermittelten Kanaldämpfung) entschieden werden kann, über welche Basisstation die Datenübertragung erfolgt.

5 2.2 Kombination der Empfangsparameter mehrerer Datensender

10 Befinden sich mehrere Datensender 130_1:130_n (Sender) in einem gewissen Gebiet 150 und sind in diesem Gebiet 150 die Umgebungsbedingungen (im Wesentlichen) gleich (für alle Sender) oder zumindest annähernd gleich, kann eine Kombination der geschätzten Umgebungsbedingungen oder Empfangsparameter erfolgen.

Dies ist ebenfalls möglich, wenn die Datensender 130_1:130_n (Sender) unterschiedliche Funkprotokolle verwenden. Beispielsweise kann ein erster Datensender WLAN verwenden und ein zweiter Datensender Bluetooth.

15 Bei Ausführungsbeispielen kann zur Verfeinerung der Schätzung der Umgebungsbedingungen (z.B. nach Abschnitt 1) eine Kombination aus mehreren Empfangsparametern oder Umgebungsbedingungen von verschiedenen Sendern durchgeführt werden.

20 Bei Ausführungsbeispielen können Schätzwerte (z.B. von Signalparametern und/oder Umweltparametern) von eigenen und fremden Funksystemen oder eigenen und fremden Knoten kombiniert werden. Beispielsweise können entweder getrennt Umweltparameter geschätzt und dann kombiniert werden oder Umweltparameter auf Basis von kombinierten Signalparameter geschätzt werden.

25 Falls mehrere Datensender 130_1:130_n (Sender) vorhanden sind, die unterschiedlich beeinflusst werden (gleiches Funksystem oder verschiedene Funksysteme) kann bei unterschiedlicher Beeinflussung von relativen Abweichungen auf Absolutwerte geschlossen werden. Alternativ können verschiedene Einflüsse separiert werden, z.B. wenn die Frequenzabweichung von Temperatur und EM-Strahlung abhängt und einer der Datensender einen TCXO besitzt, der andere nicht (z.B. WLAN Gerät vs. IOT Knoten). Durch Vergleich der Abweichungen können die temperaturinduzierten Anteile von den strahlungsinduzierten Anteilen unterschieden werden. Dafür müssen die zwei Datensender denselben
35 Umweltbedingungen ausgesetzt sein.

Bei Ausführungsbeispielen können Schätzwerte von unterschiedlich beeinflussbaren Sendern zur Ermittlung von Absolutwerten (z.B. von Signalparametern und/oder Umweltparametern) aus Relativabweichungen (z.B. von Signalparametern und/oder Umweltparametern) kombiniert werden.

5

Bei Ausführungsbeispielen können Schätzwerte (z.B. von Signalparameter) von unterschiedlich beeinflussbaren Sendern zur Ermittlung der anteiligen Abweichungen verursacht durch verschiedene Umwelteinflüsse kombiniert werden.

10 2.3 Im Head-End die Messwerte bestimmen

In Systemen zur Bestimmung von Sensordaten am Sensorknoten wird herkömmlicherweise für die Bestimmung der Sensorwerte normalerweise ein Sensor eingesetzt, welcher diese Daten bestimmt. Diese Sensordaten werden somit direkt am Sensorknoten erhoben. Durch
15 die in Abschnitt 1 gezeigten Verfahren kann mit Hilfe der Signaleigenschaften am Empfänger auf die Umweltbedingungen am Sender geschlossen werden. Sind diese Umweltbedingungen genau die Daten, welche mit Hilfe des Sensors erfasst werden sollen, kann eine Verlagerung der Bestimmung der Daten in die Basisstation oder in das Backend erfolgen.

20 Vorteil hiervon ist, dass der Sensorknoten nun keinen Sensor mehr benötigt oder dieser nur als zusätzliche Informationsquelle dient (z.B. zur Kombination mehrerer Werte). Außerdem wird der Stromverbrauch reduziert, da die Sensorik nicht mehr mit Strom versorgt werden muss und auch die Datenübertragung weniger Information enthält, wodurch sich die Sendedauer reduziert.

25

Auf der Basisstation / im Head-End können auch leicht komplexere Algorithmen ausgeführt werden, da auf dem Server mehr Rechenleistung zur Verfügung steht und die Rechenleistung durch den Einsatz mehrerer Server beliebig erhöht werden kann. Die Messwerte können außerdem noch verbessert werden, indem die Signalparameter (rx Parameter) geschätzt
30 werden.

Auch ein Update der Algorithmen ist somit einfacher, da anstelle aller Sensorknoten nur die Basisstationen / die Head-Ends aktualisiert werden müssen.

35 Bei Ausführungsbeispielen findet die Bestimmung von Messwerten in der Basisstation oder im Head End statt (nicht auf den Datensendern (z.B. Zähler)).

2.4 Kombination mehrerer Schätzwerte zu einem Gesamtschätzwert

Bei Ausführungsbeispielen können Empfangsparameter kombiniert werden, z.B. durch Mittelung, Gewichtung, Gewichtung mit einem Faktor, Filterung, o. Ä.

5

Bei Ausführungsbeispielen können für die Bestimmung der Abbildungsfunktion (z.B. Temperaturkurve des Quarzes) statistische Parameter (z.B. Mittelwert) über mehrere Knoten mit gleichen Quarzen / Chargen gebildet werden.

10 Bei Ausführungsbeispielen hat jeder Quarz eine Quarzkurve, die wiederum eine Information über die Umweltparameter gibt. Bei Ausführungsbeispielen können Quarzkurven als Information benutzen werden. Bei Ausführungsbeispielen kann die Kombination aus mehreren Quarzkurven benutzt werden, um eine genauere Schätzung der Umweltparameter zu erreichen.

15

Bei Ausführungsbeispielen können Schätzwerte (z.B. von Signalparametern und/oder Umweltparametern) von mehreren Basisstationen kombiniert werden. Beispielsweise kann eine Kombination sowohl vor oder nach der Abbildung von Signalparameter auf Umweltparameter erfolgen.

20

Bei Ausführungsbeispielen können mindestens zwei Parameter wie Zeit, Frequenz, Symboltakt nach ihren Abbildungsfunktionen kombiniert werden, um die Schätzung der Umweltparameter zu verbessern.

25 Im Folgenden wird ein Beispiel einer Kombination mehrerer Schätzwerte zu einem Gesamtschätzwert beschrieben.

Beispielsweise kann ein Datensender (z.B. Knoten) über einen Temperatursensor verfügen (vgl. Fig. 4). Der Datensender (z.B. Knoten) sendet die mit dem Temperatursensor erfassten

30 Temperaturdaten in der modulierten Primärinformation des Signals, oder mit anderen Worten, in den Nutzdaten (engl. payload) eines Datenpakets, wobei das Datenpaket von zwei Basisstationen 110_1, 110_2 empfangen wird. Die beiden Basisstationen 110_1, 110_2 können jeweils die Temperatur zusätzlich über die Empfangsträgerfrequenzabweichung und den erwarteten Zeitabstand schätzen. Pro Basisstation entstehen somit drei Schätzwerte für
35 die Temperatur. Alle Schätzwerte können von jeder Basisstation 110_1, 110_2 an einen Head-End Server 140 geschickt werden. Optional liegen dem Server 140 mehrere Werte zu älteren Zeitpunkten des Systems vor. Der Server 140 kann ein Temperaturbestimmungsverfahren

durch Kombination der verschiedenen Schätzwerte starten. Darunter zählen zum Beispiel mitteln, um den Einfluss der Basisstationen zu reduzieren.

Die Quarztemperaturkurve kann genauer bestimmt werden. Quarze vom selben Hersteller
5 zeigen ähnliche Parameter. Im Idealfall werden Quarze aus derselben Charge der Produktionslinie verwendet. Der Mittelwert der Exemplarstreuung ist damit gleich über mehrere Knoten von dem gleichem Quarzhersteller. Aufgrund der Statistikdaten über deutlich mehr Knoten sind gemeinsame Parameter deutlich genauer zu bestimmen. Der Algorithmus auf dem Server bestimmt am Ende die Temperatur des Knotens. Falls der Server den Standort
10 des Senders kennt (z.B. GPS Koordinaten), kann der Server die ermittelte Temperatur zu dem Ort mappen.

Ähnlich wie in dem obigen Beispiel beschrieben, kann auch für fremde Systeme die Temperatur bestimmt werden. Hier kann auch einem Ort eine gewisse Temperatur zugeordnet
15 werden.

2.5 Genaue Temperaturmessung für andere Umweltparameter benutzen

Bei Ausführungsbeispielen kann ein bestimmter Umweltparameter genutzt werden, um die
20 Genauigkeit der Bestimmung eines anderen Parameters zu verbessern (Parameter Kreuzbeziehungen).

Beispielsweise kann in einem Metering-System ein Wasservolumen/Wasserdurchfluss gemessen werden. Die Temperatur des Zählers hat dabei einen Einfluss auf die Messung. Die
25 noch genauere Temperaturmessung kann benutzt werden, um noch genauer das Wasservolumen bzw. den Wasserdurchfluss zu bestimmen.

2.6 Geografische Anordnung

30 Typischerweise sind die Umweltparameter von ihrer geografischen Lage (Örtlichkeit) abhängig, d.h. an verschiedenen Orten herrschen andere Umgebungsbedingungen. Die räumliche Verteilung der Parameter kann genutzt werden, um z.B. Erdbeben, Sturm und/oder andere Umwelteinflüsse zu erkennen.

35 Bei Ausführungsbeispielen können Katastrophen aufgrund von geographischen Umweltparametern erkannt werden.

Durch die Kanalparameter wie Dämpfung, Polarisationsdrehung, Man-made Noise, Kanallast und weiteren Parametern kann der Kanal charakterisiert werden.

5 Bei Ausführungsbeispielen kann der Kanalzustand (zwischen jedem Sender und Empfänger) aus mehreren räumlichen Parametern bestimmt werden.

10 Bei Ausführungsbeispielen kann der ermittelte Kanalzustand genutzt werden, um die Übertragung zwischen Knoten und Basisstation zu optimieren (z.B. andere Datenraten / Modulationen / Wellenformen).

Ist der Kanalzustand zwischen einem Sender und mehreren Basisstationen bekannt, kann ein sog. Routing erfolgen. Beispielsweise kann ein Knoten entsprechend des Kanalzustands (dynamisch) zu der Basisstation mit den besten Kanaleigenschaften zugeordnet werden.

15 Bei Ausführungsbeispielen kann der ermittelte Kanalzustand genutzt werden, um das Routing von Paketen zu optimieren. Die Basisstation mit den besten Kanaleigenschaften ist für den Knoten zuständig.

20 Typischerweise kann der Fall eintreten, dass bestimmte Knoten nicht erreichbar sind. In dem Fall können Personen mit dem Auto in die Nähe fahren, um die schwer erreichbaren Knoten (z.B. hinter einer Metalltür) auszulesen. Die Route kann durch das Wissen des Kanals optimiert werden. Das Auto fährt die Straßen mit besserem Empfang durch anstatt Straßen mit schlechterem Empfang.

25 Bei Ausführungsbeispielen kann der ermittelte Kanalzustand genutzt werden, um Personen für eine mobile Auslesung zu schicken, nicht erreichte wichtige Knoten. Gleichzeitig ist bekannt, ob es in dem Gebiet Sturmrisiken usw. gibt.

30 Der bekannte Funkkanal gibt Information über andere/bessere Pfade zwischen der Basisstation und den Knoten. Die Pfade können gezielt ausgewählt werden indem die Richtwirkungen der Sende/Empfangsantennen geändert werden.

Bei Ausführungsbeispielen kann der ermittelte Kanalzustand genutzt werden, um die Antennenhauptstrahlrichtungen für die Basisstationen-Orte zu optimieren.

35

3. Empfängerseitige Ermittlung eines Zeitpunkts eines senderseitigen Ereignisses

In Abschnitt 2 werden die genauen Zeitpunkte oder Zeitdifferenzen der geschätzten Umweltparameter benötigt. Normalerweise sendet der Datensender 130 (z.B. Sensorknoten) zu jedem Parameter einen Zeitstempel, welcher den angenommenen Zeitpunkt einer Messung (des Umweltparameters) angibt. Wenn allerdings die Umweltparameter indirekt über die Signalparameter geschätzt werden, wie dies in Abschnitt 1 beschrieben wird, dann gibt es diesen Zeitstempel nicht.

Die absolute Zeitbestimmung auf dem Datensender 130 (z.B. Sensorknoten) ist deutlich ungenauer als im Vergleich zu einer Zeitbestimmung auf der Basisstation oder im Head End. Der Zeitgeber am Datensender 130 (z.B. Sensorknoten) ist normalerweise ein Uhrenquarz mit der Frequenz von ca. 32768 Hz. Der Quarz hat typischerweise große Toleranzen im Bereich von ± 100 ppm. Wenn die Uhr (des Datensenders 130) nicht synchronisiert wird (z.B. durch ein GPS-Modul oder ein Signal von der Basisstation), dann läuft die Uhr (des Datensenders 130) nach einem Jahr im schlimmsten Fall um

$$365\text{ Tage} * 24\text{ h} * 100\text{ ppm} = 0,876 \text{ Stunden} = 52 \text{ Minuten}$$

falsch. In einem synchronisierten System wird die Uhr (des Datensenders 130) regelmäßig (typischerweise alle paar Tage) justiert. In diesem Fall sendet die Basisstation über den Downlink die richtige Uhrzeit an alle Teilnehmer.

Unter der Annahme, dass alle 3 Tage eine neue Uhrzeit geschickt wird, ergibt sich ein maximaler Fehler von

$$3\text{ Tage} * 24\text{ h} * 3600\text{ s} * 100\text{ ppm} = 25 \text{ Sekunden}$$

Dies ist für eine genaue Verfolgung von Ereignissen (engl. event tracking), wie zum Beispiel bei der Bestimmung des Zeitpunkts eines Ausfalls einer Maschine in einer Produktion, immer noch zu hoch. Es kann sein, dass beispielsweise einen Datensender 130 (z.B. Knoten) mit +100 ppm um 25 Sekunden zu schnell gelaufen ist und einen anderen mit -100 ppm um 25 Sekunden zu langsam gelaufen ist.

Die nachfolgend beschriebenen Ausführungsbeispiele schaffen eine noch genauere Zeitschätzung, ohne häufigere Updateraten bei der Übertragung von Uhrzeitnachrichten verwenden zu müssen.

Fig. 9 zeigt ein schematisches Blockschaltbild eines Systems 100 mit einem Datensender 130 und einem Datenempfänger 110, gemäß einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung.

- 5 Der Datensender 130 ist konfiguriert, um ein Signal 120 ansprechend auf ein Ereignis 138 auszusenden.

Der Datenempfänger 110 (z.B. ein Empfänger 116 des Datenempfängers 110) ist konfiguriert, um das Signal 120 des Datensenders 130 zu empfangen.

10

Der Datenempfänger 110 (z.B. eine Einrichtung 170 zum Ermitteln eines Zeitpunkts des Ereignisses des Datenempfängers 110) ist ausgebildet, um einen Zeitpunkt des Ereignisses 138 basierend auf einer Zeitverzögerung zwischen dem Ereignis 138 und dem Empfang des Signals 120 zu ermitteln.

15

Bei Ausführungsbeispielen kann durch die Verlagerung der Bestimmung des Zeitpunkts von dem Datensender 130 in den Datenempfänger 110 die Genauigkeit in der Bestimmung des Zeitpunkts des Ereignisses wesentlich verbessert werden, da der Datenempfänger 110, z.B. eine Basisstation, in der Regel einen wesentlich genaueren Zeitgeber (z.B. Uhr) aufweist als
20 der Datensender 130.

Bei Ausführungsbeispielen kann das Ereignis 138 beispielsweise eine Erfassung eines Umweltparameters (z.B. Temperatur, Druck, Feuchtigkeit, etc.) in einer Umgebung des Datensenders 130 sein, z.B. mittels eines Sensors 137 des Datensenders 130 (siehe Fig. 4).

- 25 Das Ereignis kann alternativ auch eine externe Eingabe am Datensender sein, wie z.B. ein Tastendruck. Ferner kann das Ereignis ein Steuerimpuls eines Zeitgebers des Datensenders 130 sein, z.B. basierend auf dem das Signal (z.B. in gewissen Abständen) ausgesendet wird. In den beiden zuletzt genannten Fällen kann eine Bestimmung des Umweltparameters auch auf Seiten des Datenempfängers basierend auf einer Auswertung eines Signalparameters des
30 Signals 120 erfolgen, wie dies in den Abschnitten 1 und 2 ausführlich erläutert wurde.

- Bei Ausführungsbeispielen können von dem Datensender 130 über die Zeit eine Mehrzahl von Signalen 120 ansprechend auf eine Mehrzahl von Ereignissen 138 ausgesendet werden, z.B. ein erstes Signal ansprechend auf ein erstes Ereignis (welches z.B. zu einem ersten Zeitpunkt stattfindet), ein zweites Signal ansprechend auf ein zweites Ereignis (welches z.B. zu einem
35 zweiten Zeitpunkt stattfindet), ein drittes Signal ansprechend auf ein drittes Ereignis (welches z.B. zu einem dritten Zeitpunkt stattfindet), usw., wobei der Datenempfänger 110 konfiguriert

ist, um die jeweiligen Zeitpunkte der Mehrzahl von Ereignissen basierend auf einer Zeitverzögerung zwischen dem jeweiligen Ereignis und dem Empfang des jeweiligen Signals 120 zu ermitteln.

- 5 Beispielsweise könnten der Datensender 130 und der Datenempfänger 110 in einem Metering-System zum Einsatz kommen, bei dem der Datensender 130 alle paar Sekunden ein Signal ansprechend auf eine Messung eines Umweltparameters (z.B. Wasserdurchfluss) als Ereignis aussendet. In diesem Fall beträgt die Zeittoleranz im ungünstigsten Fall (engl. worst case) trotzdem noch die Hälfte des Sendeintervalls, so dass die Genauigkeit der Bestimmung der
10 Zeitpunkte der Ereignisse bei Ausführungsbeispielen wesentlich verbessert werden kann.

Bei Ausführungsbeispielen kann der Datenempfänger 110 konfiguriert sein, um die Zeitverzögerung zwischen dem Ereignis 138 und dem Empfang des Signals 120 zu ermitteln (z.B. zu schätzen).

- 15 Die Zeitverzögerung zwischen dem Ereignis und dem Empfang des Signals kann eine Verarbeitungszeit im Datensender 130, einer Laufzeit des Signals 120 zwischen dem Datensender 130 und dem Datenempfänger 110, und eine Verarbeitungszeit im Datenempfänger 110 umfassen. Die Laufzeit des Signals 120 kann z.B. basierend auf einer
20 Entfernung zwischen dem Datensender 130 und dem Datenempfänger 110 und/oder basierend auf einer Phasendrehung des Signals 120 ermittelt/geschätzt werden.

- Ferner kann die Zeitverzögerung zwischen dem Ereignis 138 und dem Empfang des Signals 120 eine Zeitdifferenz zwischen dem Ereignis 138 und dem Senden des Signals 120
25 umfassen. In diesem Fall kann das Signal 120 eine Information über die Zeitdifferenz zwischen dem Ereignis 138 und dem Senden des Signals 120 aufweisen, wobei der Datenempfänger 130 konfiguriert sein kann, um den Zeitpunkt des Ereignisses basierend auf der Zeitdifferenz zwischen dem Ereignis 138 und dem Senden des Signals 120 zu ermitteln/schätzen.

- 30 Beispielsweise kann der Datensender 130 konfiguriert sein, um das Signal mit einer Information über die Zeitdifferenz zwischen dem Ereignis 138 und dem Senden des Signals, wie z.B. einer mit dem Signal übertragenen Synchronisationssequenz (z.B. einem ersten Bit einer mit dem Signal übertragenen Synchronisationssequenz), zu versehen.

- 35 Beispielsweise kann der Datensender 130 konfiguriert sein, um die Zeitdifferenz bzw. die Information über die Zeitdifferenz in mit dem Signal zu Übertragenen Nutzdaten zu schreiben.

Beispielsweise kann mit dem Signal ein Datenpaket übertragen werden, wobei das Datenpaket die Synchronisationssequenz und die Nutzdaten aufweist, wie dies in Fig. 10 gezeigt ist.

Im Detail zeigt Fig. 10 eine schematische Ansicht eines Systems 100 mit einem Datensender 130 und einem Datenempfänger 110, gemäß einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung.

Wie in Fig. 10 zu erkennen ist, kann der Datensender 130 konfiguriert sein, um mit dem Signal 120 ein Datenpaket 144 zu übertragen, wobei das Datenpaket 144 eine Synchronisationssequenz 145 und Nutzdaten 146 aufweist, wobei der Datensender konfiguriert sein kann, um die Zeitdifferenz δt zwischen dem Ereignis und der Synchronisationssequenz (z.B. einem ersten Bit der Synchronisationssequenz) in die Nutzdaten 146 zu schreiben bzw. den Nutzdaten 146 anzuhängen.

Der Datenempfänger 110 kann konfiguriert sein, um das Signal 120 mit dem Datenpaket 144 zu empfangen, wobei der Datenempfänger 110 konfiguriert sein kann, um einen Zeitpunkt des Empfangs des Datenpakets 144 basierend auf einem Zeitpunkt des Empfangs der Synchronisationssequenz (z.B. eines ersten Bits der Synchronisationssequenz) zu ermitteln. Ferner kann der Datenempfänger 110 konfiguriert sein, um die Zeitdifferenz δt zwischen dem Ereignis und der Synchronisationssequenz aus dem Datenpaket 144 zu extrahieren, um die Zeitdifferenz zu erhalten.

Der Datenempfänger 110 kann ferner konfiguriert sein, um in Abhängigkeit von der Zeitdifferenz δt die Zeitverzögerung zwischen dem Ereignis 138 und dem Empfang des Signals 120 ermitteln, und um in Abhängigkeit des zuvor ermittelten Zeitpunkts des Empfangs der Synchronisationssequenz und der ermittelten Zeitverzögerung den Zeitpunkt des Ereignisses 138 zu ermitteln.

Bei Ausführungsbeispielen kann der Datenempfänger 110 konfiguriert sein, um in Abhängigkeit von dem ermittelten Zeitpunkt des Ereignisses 138 einen Zeitstempel für das Ereignis zu generieren, und um das Ereignis mit dem Zeitstempel zu versehen/verknüpfen.

Im Folgenden werden detaillierte Ausführungsbeispiele des Datenempfängers 110 näher beschrieben.

3.1 Zeitstempel für Signalparameter (Rx Parameter)

Ein erstes Szenario ist der unkoordinierte Fall, bei dem keine Uhrzeit auf dem Datensender 130 (z.B. Knoten) vorhanden ist, da die Parameter indirekt geschätzt werden. In diesem Fall kann ein zusätzlicher Zeitstempel gebildet werden. Wenn beispielsweise nach Abschnitt 1 eine Temperaturschätzung über die empfangene Trägerfrequenz durchgeführt wird, dann wird die Trägerfrequenz an einer bestimmten Stelle im Datenpaket oder Sub-Datenpaket geschätzt. Das sind normalerweise bekannte Synchronisationssequenzen in dem Telegram, welches z.B. unter Verwendung eines Datenpakets oder im Falle von Telegram-Splitting aufgeteilt auf eine Mehrzahl von Sub-Datenpaketen [7] übertragen wird.

- Das gesendete Datenpaket oder Sub-Datenpaket durchläuft zunächst gewisse Blöcke (z.B. den Sender 136) in dem Datensender 130, durchläuft den Funkkanal und schlussendlich den Empfänger 116 des Datenempfängers 110. Der Sender 136 und/oder Empfänger 116 können zum Beispiel Filter aufweisen, die eine Gruppelaufzeitverzögerung aufweisen. Diese Gruppenlaufzeiten sind in der Regel bekannt und können bei Ausführungsbeispielen abgezogen werden.

Die Kanalverzögerung kann für stationäre Installationen annähernd über den Abstand (zwischen Datensender 130 und Datenempfänger 110) bestimmt werden. Alternativ kann eine Kanalschätzung über die Phasendrehung erfolgen, wobei dies bei Reflexionen zu Problemen führen kann.

Durch die Bestimmung der Zeitfehler zwischen zwei Datenpaketen oder Sub-Datenpaketen kann die mittlere Temperatur in dem Zeitraum zwischen den zwei Datenpaketen oder Sub-Datenpaketen bestimmt werden.

Vorteil dieser Methodik ist, dass der Zeitstempel, welcher normalerweise am Datensender 130 generiert wird, nicht mehr im Telegramm übertragen werden muss, was die Aussendedauer (des Telegramms) reduziert und somit auch den Stromverbrauch.

- Bei Ausführungsbeispielen kann der Zeitstempel für eine zeitliche Einordnung eines Ereignisses 138 nicht durch den Datensender, sondern durch den Datenempfänger bestimmt werden.

Bei Ausführungsbeispielen kann, wenn eine Zeit in den Telegrammdaten übertragen wird, die Zeitdifferenz zu der Messung verwendet werden, um die Zeitpunkte genauer zu kalibrieren und somit die Messung zu verfeinern.

3.2 Genauerer Zeitstempel für Datensender (z.B. Sensorknoten)

Anstelle der wie in aktuellen Systeme eingesetzten absoluten Zeitbestimmung auf dem Datensender (z.B. Knoten) kann bei Ausführungsbeispielen eine relative Zeit bestimmt werden, welche angibt, wie groß die Differenz zwischen dem Ereignis 138 und der Aussendung des Datenpakets oder der Sub-Datenpakete ist.

Im Folgenden wird beispielhaft davon ausgegangen, dass die Sensordaten z.B. 50 ms vor dem ersten Bit des Datenpakets gemessen wurden. Diese Information wird in den Telegramm Daten übertragen. Der Datenempfänger 110 bestimmt den absoluten Zeitstempel bzw. die absolute Zeitdifferenz, die angibt, wann die Aussendung des ersten Bits des Datenpakets erfolgt ist. Durch die Differenz von den im Beispiel genannten 50 ms zwischen dem Ereignis 138 und der Aussendung kann im Datenempfänger 110 auf den absoluten Ereigniszeitpunkt geschlossen werden.

Der Datenempfänger hat in der Regel eine genauere (z.B. sehr gute) Uhr und kann den Empfangszeitpunkt mit sehr hoher Genauigkeit schätzen. In der Regel erfolgt die Schätzung basierend auf überabgetasteten Symbolen. Für Funksysteme mit einer Rate von 50 kbaud und einer zweifachen Überabtastung wäre die Zeitgenauigkeit bereits bei $\pm 5 \mu s$. Typischerweise kann die Überabtastung noch weiter erhöht werden (z.B. achtfache Überabtastung), wodurch die zeitliche Genauigkeit weiter erhöht werden kann.

Innerhalb der datensenderseitigen Differenz von 50 ms zwischen dem Ereignis 138 und Aussendung kann die Uhr höchstens

$$50 * 10^{-3} s * 100 ppm = 5 * 10^{-6} s$$

gelaufen sein.

Das ergibt eine zusätzliche Abweichung von $5 \mu s$ anstatt der herkömmlichen Abweichung von maximal 25 Sekunden. Damit kann der gemessene Zeitpunkt datenempfängerseitig mit einer Genauigkeit in der Größenordnung von μs bestimmt werden. Das oben beschriebenen Konzept funktioniert auch für unidirektionale Systeme oder bidirektionale Systeme ohne Zeitsynchronisation.

Bei Ausführungsbeispielen wird anstelle der datensenderseitigen absoluten Bestimmung des Zeitpunkts des Ereignisses 138 nur eine Zeitdifferenz zwischen der Aussendung (des Signals

120 bzw. des Datenpakets) und dem Ereignis 138 durch den Datensender 110 ermittelt und übertragen. Der Datenempfänger 110 (z.B. Basisstation) kann den absoluten Zeitpunkt der Aussendung bestimmen und mit dem Parameter im Telegramm damit auch den absoluten Zeitpunkt des Ereignisses 138.

5

3.3 Repeater

Bei Ausführungsbeispielen besteht auch die Möglichkeit, dass der Datenempfänger 110 (z.B. Basisstation), der die relative Zeit zu dem Ereignis von dem Datensender 130 (z.B. Knoten) nach Abschnitt 3.2 empfängt, keine genaue Uhr aufweist. In diesem Fall kann von dem Datensender (z.B. Basisstation) nicht die absolute Zeit des Ereignisses bzw. der Messung bestimmt werden.

Es wird im Folgenden beispielhaft davon ausgegangen, dass der Datensender 130 (z.B. Knoten) z.B. die Temperatur mittels eines Temperatursensors misst. 50 ms nach der Messung sendet der Datensender 130 ein Datenpaket mit den Sensordaten aus. In den Nutzdaten (engl. payload) des Datenpakets ist die relative Zeitdifferenz zwischen der Messung und der Aussendung (des Datenpakets) eingebracht.

Der Datenempfänger 110 (z.B. Basisstation) empfängt das Datenpaket und schätzt den Empfangszeitpunkt in μ s Genauigkeit. Bei dem Datenempfänger 110 (z.B. Basisstation) kann es sich um einen sog. Repeater handeln, der keine absolut genaue Uhr aufweist. Durch die Repeaterfunktion sendet der Datenempfänger 110 (z.B. Basisstation, Repeater) das Datenpaket weiter an einen anderen Datenempfänger (z.B. Basisstation). Hierfür teilt der Datenempfänger (z.B. Repeater) dem nächsten Datenempfänger mit, dass noch eine weitere Verzögerung hinzugefügt wurde (z.B. 100 ms) und versieht das Datenpaket mit einer Information über die weitere Verzögerung. Hierfür kann der Datenempfänger (z.B. Repeater) die Zeit zwischen dem Empfang und dem Weitersenden des Datenpakets bestimmen. Dabei können auch die Gruppenlaufzeiten in dem Datenempfänger (z.B. Repeater) berücksichtigt werden.

Beispielsweise kann die Weitersendung/Weiterleitung (des Signals 120) ebenfalls per Funk erfolgen, im Falle eines Repeaters. Es ist jedoch auch möglich, dass der Datenempfänger 110 (z.B. Basisstation) einen sehr günstigen Zeitgeber aufweist und dementsprechend über keine genaue Zeit verfügt. In diesem Fall kann der Datenempfänger 110 (z.B. Basisstation) wie ein Repeater fungieren oder den Zeitstempel über das Netzwerk transportieren. Es kann sein, dass die Netzwerkprotokolle von sich aus Zeitstempel generieren, um festzustellen, wie lange

das Datenpaket unterwegs war. Dadurch kann der Server die Zeit bestimmen. In dem Fall würde also der Server (z.B. Head End Server) den Zeitpunkt des Ereignisses 138 ermitteln.

Sowohl das Empfangen als auch das Aussenden in dem Datenempfänger (z.B. Repeater-Basisstation) kann vorteilhaft von derselben Referenzfrequenz getriggert werden oder durch Referenzfrequenzen, die gekoppelt sind. Da die Zeit zwischen dem Empfangen und Aussenden des Datenpakets sehr klein ist würde nur ein minimale vernachlässigbarer Zusatz Fehler dazukommen, wenn die Referenz nicht die gleiche ist.

Der weitere Datenempfänger (z.B. Basisstation), der eine genaue Uhr (zum Beispiel durch GPS) aufweist, empfängt das Datenpaket von dem Datenempfänger (z.B. Repeater) und liest die Information über die Zeitdifferenz-Felder aus dem Datenpaket aus. Die Sensordaten wurden vor zwei Verzögerungen gemessen. Es werden beide Verzögerungen addiert zu dem aktuell fast ideal bestimmten Zeitpunkt und bestimmt damit die absolute Zeit.

Dieses Konzept funktioniert auch bei sog. Mesh-Netzwerken mit vielen Hops (dt. Sprüngen). Hierfür können beliebig viele Verzögerungen eingefügt werden.

Die zusätzliche Verzögerung kann alternativ auch auf die ursprüngliche Verzögerung addiert werden, um Platz in dem Datenpaket zu sparen oder ein neues Feld mit der gesamten Verzögerung hinzufügen. Die zweite Variante hat den Vorteil, dass dem Datenempfänger (z.B. Basisstation) nach einem Hop bekannt ist, dass ein Hop stattgefunden hat. Dies ist auch für eine Ortung relevant, um Repeater-Verzögerungen einzeln rausrechnen zu können.

Bei Ausführungsbeispielen werden bei einem Multihop-System die Verzögerungszeiten von jedem Hop übertragen. Alternativ kann auch direkt die Summe der Verzögerungen übertragen werden.

Der weitere Link zwischen dem Repeater und dem weiteren Datenempfänger (z.B. Basisstation) kann auch über eine andere Kommunikationsverbindung, wie z.B. über Mobilfunk, erfolgen. Damit funktioniert das Beispiel auch für Systeme ohne genaue Uhr.

Bei Ausführungsbeispielen kann das Multihop-System aus mehreren verschiedenen Systemen zusammengesetzt werden.

3.4 In einem Datenpaket mehrere Werte übertragen

Bei Ausführungsbeispielen können in einem Datenpaket (Payload), anstelle nur eines Messwerts, auch mehrere Messwerte (z.B. Historie) übertragen werden. Beispielsweise kann in einem Datenpaket ein erster Wert, der vor 30 ms ermittelt wurde, ein zweiter Wert, der vor 1 s und 30 ms ermittelt wurde, ein dritter Wert, der 4 s und 5 ms ermittelt wurde, usw., übertragen werden. Jedes Datenpaket kann zum Beispiel die letzten 20 Werte enthalten, wobei die nächste Uplink-Aussendung wieder 20 Werte enthält, welche beispielsweise 10 neue Werte und 10 bereits gesendete Werte aufweist.

Somit ist etwas Redundanz vorhanden. Durch Kollisionen wird jedoch ein oder mehrere Datenpakete im Kanal (z.B. durch Störungen oder Fading) verloren gehen.

Wird wie nach Abschnitt 3.3 weiterhin die Differenz zwischen dem Ereignis und der Aussendung des Signals/Datenpakets übertragen, kann für jeden Messwert im Telegramm die Zeitdifferenz eingebracht werden. Werden beispielsweise 20 Messwerte übertragen, können auch 20 Zeitdifferenzen im Telegramm vorhanden sein.

Wird eine periodische Messung durchgeführt reicht es jedoch aus, die Differenz zur letzten Messung zu übertragen. Die anderen Zeitpunkte sind in diesem Fall implizit bekannt. Die Periodendauer kann entweder dem Datenempfänger (z.B. Basisstation) bekannt sein oder ebenfalls übertragen werden (z.B. in dem Datenpaket).

Bei Ausführungsbeispielen können, sofern in einer Aussendung mehrere Ereignisse (z.B. Messwerte) in einem Telegramm übertragen werden, alle Zeitdifferenzen zwischen dem jeweiligen Ereignis und der Aussendung übertragen werden.

Bei Ausführungsbeispielen reicht es bei periodischen Ereignissen aus, die Differenz zum letzten Ereignis und ggf. die Periodendauer zu übertragen.

4. Weitere Ausführungsbeispiele

Fig. 11 zeigt ein Flussdiagramm eines Verfahrens zum Ermitteln eines Zeitpunktes eines Ereignisses, gemäß einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung. Das Verfahren umfasst einen Schritt des Empfangens eines Signals, wobei das Signal ansprechend auf ein Ereignis ausgesendet wird. Ferner umfasst das Verfahren einen Schritt des Ermitteln eines Zeitpunktes des Ereignisses basierend auf einer Zeitverzögerung zwischen dem Ereignis und dem Empfang des Signals.

Obwohl manche Aspekte im Zusammenhang mit einer Vorrichtung beschrieben wurden, versteht es sich, dass diese Aspekte auch eine Beschreibung des entsprechenden Verfahrens darstellen, sodass ein Block oder ein Bauelement einer Vorrichtung auch als ein entsprechender Verfahrensschritt oder als ein Merkmal eines Verfahrensschrittes zu verstehen ist. Analog dazu stellen Aspekte, die im Zusammenhang mit einem oder als ein Verfahrensschritt beschrieben wurden, auch eine Beschreibung eines entsprechenden Blocks oder Details oder Merkmals einer entsprechenden Vorrichtung dar. Einige oder alle der Verfahrensschritte können durch einen Hardware-Apparat (oder unter Verwendung eines Hardware-Apparats), wie zum Beispiel einen Mikroprozessor, einen programmierbaren Computer oder eine elektronische Schaltung ausgeführt werden. Bei einigen Ausführungsbeispielen können einige oder mehrere der wichtigsten Verfahrensschritte durch einen solchen Apparat ausgeführt werden.

Je nach bestimmten Implementierungsanforderungen können Ausführungsbeispiele der Erfindung in Hardware oder in Software implementiert sein. Die Implementierung kann unter Verwendung eines digitalen Speichermediums, beispielsweise einer Floppy-Disk, einer DVD, einer Blu-ray Disc, einer CD, eines ROM, eines PROM, eines EPROM, eines EEPROM oder eines FLASH-Speichers, einer Festplatte oder eines anderen magnetischen oder optischen Speichers durchgeführt werden, auf dem elektronisch lesbare Steuersignale gespeichert sind, die mit einem programmierbaren Computersystem derart zusammenwirken können oder zusammenwirken, dass das jeweilige Verfahren durchgeführt wird. Deshalb kann das digitale Speichermedium computerlesbar sein.

Manche Ausführungsbeispiele gemäß der Erfindung umfassen also einen Datenträger, der elektronisch lesbare Steuersignale aufweist, die in der Lage sind, mit einem programmierbaren Computersystem derart zusammenzuwirken, dass eines der hierin beschriebenen Verfahren durchgeführt wird.

Allgemein können Ausführungsbeispiele der vorliegenden Erfindung als Computerprogrammprodukt mit einem Programmcode implementiert sein, wobei der Programmcode dahin gehend wirksam ist, eines der Verfahren durchzuführen, wenn das Computerprogrammprodukt auf einem Computer abläuft.

Der Programmcode kann beispielsweise auch auf einem maschinenlesbaren Träger gespeichert sein.

Andere Ausführungsbeispiele umfassen das Computerprogramm zum Durchführen eines der hierin beschriebenen Verfahren, wobei das Computerprogramm auf einem maschinenlesbaren Träger gespeichert ist.

- 5 Mit anderen Worten ist ein Ausführungsbeispiel des erfindungsgemäßen Verfahrens somit ein Computerprogramm, das einen Programmcode zum Durchführen eines der hierin beschriebenen Verfahren aufweist, wenn das Computerprogramm auf einem Computer abläuft.
- 10 Ein weiteres Ausführungsbeispiel der erfindungsgemäßen Verfahren ist somit ein Datenträger (oder ein digitales Speichermedium oder ein computerlesbares Medium), auf dem das Computerprogramm zum Durchführen eines der hierin beschriebenen Verfahren aufgezeichnet ist. Der Datenträger, das digitale Speichermedium oder das computerlesbare Medium sind typischerweise gegenständlich und/oder nichtvergänglich bzw.
- 15 nichtvorübergehend.

Ein weiteres Ausführungsbeispiel des erfindungsgemäßen Verfahrens ist somit ein Datenstrom oder eine Sequenz von Signalen, der bzw. die das Computerprogramm zum Durchführen eines der hierin beschriebenen Verfahren darstellt bzw. darstellen. Der

20 Datenstrom oder die Sequenz von Signalen kann bzw. können beispielsweise dahin gehend konfiguriert sein, über eine Datenkommunikationsverbindung, beispielsweise über das Internet, transferiert zu werden.

Ein weiteres Ausführungsbeispiel umfasst eine Verarbeitungseinrichtung, beispielsweise

25 einen Computer oder ein programmierbares Logikbauelement, die dahin gehend konfiguriert oder angepasst ist, eines der hierin beschriebenen Verfahren durchzuführen.

Ein weiteres Ausführungsbeispiel umfasst einen Computer, auf dem das Computerprogramm zum Durchführen eines der hierin beschriebenen Verfahren installiert ist.

30 Ein weiteres Ausführungsbeispiel gemäß der Erfindung umfasst eine Vorrichtung oder ein System, die bzw. das ausgelegt ist, um ein Computerprogramm zur Durchführung zumindest eines der hierin beschriebenen Verfahren zu einem Empfänger zu übertragen. Die Übertragung kann beispielsweise elektronisch oder optisch erfolgen. Der Empfänger kann

35 beispielsweise ein Computer, ein Mobilgerät, ein Speichergerät oder eine ähnliche Vorrichtung sein. Die Vorrichtung oder das System kann beispielsweise einen Datei-Server zur Übertragung des Computerprogramms zu dem Empfänger umfassen.

Bei manchen Ausführungsbeispielen kann ein programmierbares Logikbauelement (beispielsweise ein feldprogrammierbares Gatterarray, ein FPGA) dazu verwendet werden, manche oder alle Funktionalitäten der hierin beschriebenen Verfahren durchzuführen. Bei
5 manchen Ausführungsbeispielen kann ein feldprogrammierbares Gatterarray mit einem Mikroprozessor zusammenwirken, um eines der hierin beschriebenen Verfahren durchzuführen. Allgemein werden die Verfahren bei einigen Ausführungsbeispielen seitens einer beliebigen Hardwarevorrichtung durchgeführt. Diese kann eine universell einsetzbare Hardware wie ein Computerprozessor (CPU) sein oder für das Verfahren spezifische
10 Hardware, wie beispielsweise ein ASIC.

Die hierin beschriebenen Vorrichtungen können beispielsweise unter Verwendung eines Hardware-Apparats, oder unter Verwendung eines Computers, oder unter Verwendung einer Kombination eines Hardware-Apparats und eines Computers implementiert werden.

15 Die hierin beschriebenen Vorrichtungen, oder jedwede Komponenten der hierin beschriebenen Vorrichtungen können zumindest teilweise in Hardware und/oder in Software (Computerprogramm) implementiert sein.

20 Die hierin beschriebenen Verfahren können beispielsweise unter Verwendung eines Hardware-Apparats, oder unter Verwendung eines Computers, oder unter Verwendung einer Kombination eines Hardware-Apparats und eines Computers implementiert werden.

Die hierin beschriebenen Verfahren, oder jedwede Komponenten der hierin beschriebenen
25 Verfahren können zumindest teilweise durch Hardware und/oder durch Software ausgeführt werden.

Die oben beschriebenen Ausführungsbeispiele stellen lediglich eine Veranschaulichung der Prinzipien der vorliegenden Erfindung dar. Es versteht sich, dass Modifikationen und
30 Variationen der hierin beschriebenen Anordnungen und Einzelheiten anderen Fachleuten einleuchten werden. Deshalb ist beabsichtigt, dass die Erfindung lediglich durch den Schutzbereich der nachstehenden Patentansprüche und nicht durch die spezifischen Einzelheiten, die anhand der Beschreibung und der Erläuterung der Ausführungsbeispiele hierin präsentiert wurden, beschränkt sei.

Literaturverzeichnis

- 5 [1] <https://de.wikipedia.org/wiki/Schwingquarz>
- [2] <https://www.nxp.com/docs/en/application-note/AN3251.pdf>
- [3] [https://de.wikipedia.org/wiki/Quadraturphasenumtastung#/media/](https://de.wikipedia.org/wiki/Quadraturphasenumtastung#/media/File:QPSK_Gray_Coded.svg)
10 [File:QPSK_Gray_Coded.svg](https://de.wikipedia.org/wiki/Quadraturphasenumtastung#/media/File:QPSK_Gray_Coded.svg)
- [4] [http://eur-lex.europa.eu/legal-](http://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=uriserv:OJ.L_.2016.119.01.0001.01.DEU)
content/DE/TXT/PDF/?uri=uriserv:OJ.L_.2016.119.01.0001.01.DEU
- [5] <https://www.sii.co.jp/en/quartz/circuit-design/>
- 15 [6] <https://de.wikipedia.org/wiki/Normalverteilung>
- [7] ETSI TS 103 357 Specification

Patentansprüche

- 5 1. Datenempfänger (110),
- wobei der Datenempfänger (110) konfiguriert ist, um ein Signal (120) eines
Datensenders zu empfangen, wobei das Signal (120) von dem Datensender (130)
ansprechend auf ein Ereignis ausgesendet wird,
- 10 wobei der Datenempfänger (110) konfiguriert ist, um einen Zeitpunkt des Ereignisses
basierend auf einer Zeitverzögerung zwischen dem Ereignis und dem Empfang des
Signals (120) zu ermitteln.
- 15 2. Datenempfänger (110) nach dem vorangehenden Anspruch,
- wobei der Datenempfänger (110) konfiguriert ist, um einen Zeitpunkt des Empfangs
des Signals (120) basierend auf einem Empfang einer Korrelationssequenz,
Synchronisationssequenz oder Trainingssequenz des Signals (120) zu ermitteln.
- 20 3. Datenempfänger (110) nach einem der vorangehenden Ansprüche,
- wobei das Signal (120) keine Information über einen Zeitpunkt des Ereignisses
aufweist.
- 25 4. Datenempfänger (110) nach einem der vorangehenden Ansprüche,
- wobei der Datenempfänger (110) konfiguriert ist, um die Zeitverzögerung zu ermitteln.
- 30 5. Datenempfänger (110) nach einem der vorangehenden Ansprüche,
- wobei die Zeitverzögerung zwischen dem Ereignis und dem Empfang des Signals (120)
eine Verarbeitungszeit im Datensender (130), einer Laufzeit des Signals (120)
zwischen dem Datensender (130) und dem Datenempfänger (110), und eine
35 Verarbeitungszeit im Datenempfänger (110) umfasst.
6. Datenempfänger (110) nach dem vorangehenden Anspruch,

wobei der Datenempfänger (110) konfiguriert ist, um die Laufzeit des Signals (120) basierend auf einer Entfernung zwischen dem Datensender (130) und dem Datenempfänger (110) und/oder basierend auf einer Phasendrehung des Signals (120) zu ermitteln.

7. Datenempfänger (110) nach einem der vorangehenden Ansprüche,

wobei die Zeitverzögerung zwischen dem Ereignis und dem Empfang des Signals (120) eine Zeitdifferenz zwischen dem Ereignis und dem Senden des Signals (120) umfasst.

8. Datenempfänger (110) nach dem vorangehenden Anspruch,

wobei das Signal (120) eine Information über die Zeitdifferenz zwischen dem Ereignis und dem Senden des Signals (120) aufweist,

wobei der Datenempfänger (110) konfiguriert ist, um den Zeitpunkt des Ereignisses basierend auf der Zeitdifferenz zwischen dem Ereignis und dem Senden des Signals (120) zu ermitteln.

9. Datenempfänger (110) nach einem der vorangehenden Ansprüche,

wobei das Signal (120) über zumindest einen Repeater weitergeleitet ist,

wobei die Zeitverzögerung zwischen dem Ereignis und dem Empfang des Signals (120) eine Verarbeitungszeit des zumindest einen Repeaters umfasst.

10. Datenempfänger (110) nach dem vorangehenden Anspruch,

wobei das Signal (120) mit einer Information über die Verarbeitungszeit des zumindest einen Repeaters versehen ist,

wobei der Datenempfänger (110) konfiguriert ist, um den Zeitpunkt des Ereignisses basierend auf der Verarbeitungszeit des zumindest einen Repeaters zu ermitteln.

11. Datenempfänger (110) nach dem vorangehenden Anspruch,

wobei das Signal (120) über mehrere Repeater weitergeleitet wird,

wobei das Signal (120) mit einer Information über die Verarbeitungszeiten der mehreren Repeater versehen ist.

5

12. Datenempfänger (110) nach einem der vorangehenden Ansprüche,

wobei der Datenempfänger (110) konfiguriert ist, um in Abhängigkeit von dem ermittelten Zeitpunkt des Ereignisses einen Zeitstempel für das Ereignis zu generieren, und um das Ereignis mit dem Zeitstempel zu versehen.

10

13. Datenempfänger (110) nach einem der vorangehenden Ansprüche,

wobei das Ereignis eine Erfassung eines Umweltparameters in einer Umgebung des Datensenders (130) ist.

15

14. Datenempfänger (110) nach dem vorangehenden Anspruch,

wobei das Signal (120) eine Information über den Umweltparameter aufweist.

20

15. Datenempfänger (110) nach einem der Ansprüche 13 bis 14,

wobei das Ereignis eine Erfassung einer Mehrzahl von Umweltparametern ist, wobei die Mehrzahl von Umweltparametern zu unterschiedlichen Zeiten erfasst sind,

25

wobei das Signal (120) eine Information über die Mehrzahl von Umweltparametern aufweist,

wobei das Signal (120) eine Information über Zeitdifferenzen zwischen der Erfassung der Mehrzahl von Umweltparametern und dem Senden des Signals (120) aufweist,

30

wobei der Datenempfänger (110) konfiguriert ist, um Zeitpunkte der Erfassung der Mehrzahl von Umweltparametern basierend auf der Information über Zeitdifferenzen zwischen der Erfassung der Mehrzahl von Umweltparametern und dem Senden des Signals (120) zu ermitteln.

35

16. Datenempfänger (110) nach einem der Ansprüche 13 bis 14,

wobei das Ereignis eine Erfassung einer Mehrzahl von Umweltparametern ist, wobei die Mehrzahl von Umweltparametern periodisch erfasst sind,

5 wobei das Signal (120) eine Information über die Mehrzahl von Umweltparametern aufweist,

10 wobei das Signal (120) eine Information über eine Zeitdifferenz zwischen der Erfassung eines der Mehrzahl von Umweltparametern und dem Senden des Signals (120) aufweist,

15 wobei der Datenempfänger (110) konfiguriert ist, um Zeitpunkte der Erfassung der Mehrzahl von Umweltparametern basierend auf der Information über die Zeitdifferenz zwischen der Erfassung eines der Mehrzahl von Umweltparametern und dem Senden des Signals (120) zu ermitteln.

17. Datenempfänger (110) nach dem vorangehenden Anspruch,

20 wobei das Signal (120) eine Information über eine Periodizität der Erfassung der Mehrzahl von Umweltparametern aufweist,

25 wobei der Datenempfänger (110) konfiguriert ist, um Zeitpunkte der Erfassung der Mehrzahl von Umweltparametern basierend auf der Information über die Periodizität der Erfassung der Mehrzahl von Umweltparametern zu ermitteln.

18. Datenempfänger (110) nach einem der Ansprüche 1 bis 13,

30 wobei das Signal (120) oder eine Erzeugung des Signals (120) von einem Taktsignal eines Taktgebers des Datensenders (130) abhängig ist,

35 wobei der Datenempfänger (110) konfiguriert ist, um einen Signalparameter des Signals (120) zu ermitteln, und um basierend auf dem Signalparameter einen Umweltparameter zu ermitteln, dem der Taktgeber des Datensenders (130) oder das Signal (120) ausgesetzt ist.

19. Datenempfänger (110) nach Anspruch 18,

wobei der Signalparameter von einem Modulationsinhalt des Signals (120) unabhängig ist.

20. Datenempfänger (110) nach einem der Ansprüche 18 bis 19,

5

wobei das Signal (120) ein digital modulierte Signal ist,

wobei der Datenempfänger (110) konfiguriert ist, um einen analogen Signalparameter des digital modulierten Signals zu ermitteln.

10

21. Datenempfänger (110) nach einem der Ansprüche 18 bis 20,

wobei der Signalparameter

15

- eine Empfangsträgerfrequenz,
- ein Empfangszeitpunkt,
- eine Empfangssymbolrate,
- ein Empfangsmodulationsindex,
- eine Dopplerfrequenz,
- ein Signal- zu Rauschverhältnis,
- eine Signalleistung,
- eine Kanalphase,
- eine Kanaldämpfung,
- eine Kanaldispersion und/oder
- eine Polarisationsdrehung

20

25

oder eine Änderung derselben bzw. desselben ist.

22. Datenempfänger (110) nach einem der Ansprüche 13 bis 21,

wobei der Umweltparameter

30

- eine Temperatur,
- eine Luftfeuchtigkeit,
- ein Atmosphärendruck,
- eine elektromagnetische Strahlung,
- eine Helligkeit,
- eine Bewegung und/oder
- eine Vibration

35

oder eine Änderung derselben bzw. desselben ist.

23. Datenempfänger (110) nach einem der vorangehenden Ansprüche,
wobei der Datenempfänger (110) ein Datenempfänger (110) eines drahtlosen
Kommunikationssystems ist.
24. Datenempfänger (110) nach einem der vorangehenden Ansprüche,
wobei der Datenempfänger (110) eine Basisstation ist.
25. Datenempfänger (110) nach einem der vorangehenden Ansprüche,
wobei der Datensender (130) ein Sensorknoten ist.
26. Datensender (130),
wobei der Datensender (130) konfiguriert ist, um ein Signal (120) ansprechend auf ein
Ereignis auszusenden,
wobei der Datensender (130) konfiguriert ist, um das Signal (120) mit einer Information
über eine Zeitdifferenz zwischen dem Ereignis und dem Senden des Signals (120) zu
versehen.
27. System, mit folgenden Merkmalen:
einem Datenempfänger (110) nach einem der Ansprüche 1 bis 25, und
einem Datensender (130) nach Anspruch 26.
28. Verfahren (200) zum Ermitteln eines Zeitpunktes eines Ereignisses, mit folgenden
Schritten:
Empfangen (202) eines Signals, wobei das Signal ansprechend auf ein Ereignis
ausgesendet wird,
Ermitteln (204) eines Zeitpunktes des Ereignisses basierend auf einer Zeitverzögerung
zwischen dem Ereignis und dem Empfang des Signals.

29. Computerprogramm zur Durchführung des Verfahrens nach Anspruch 28.

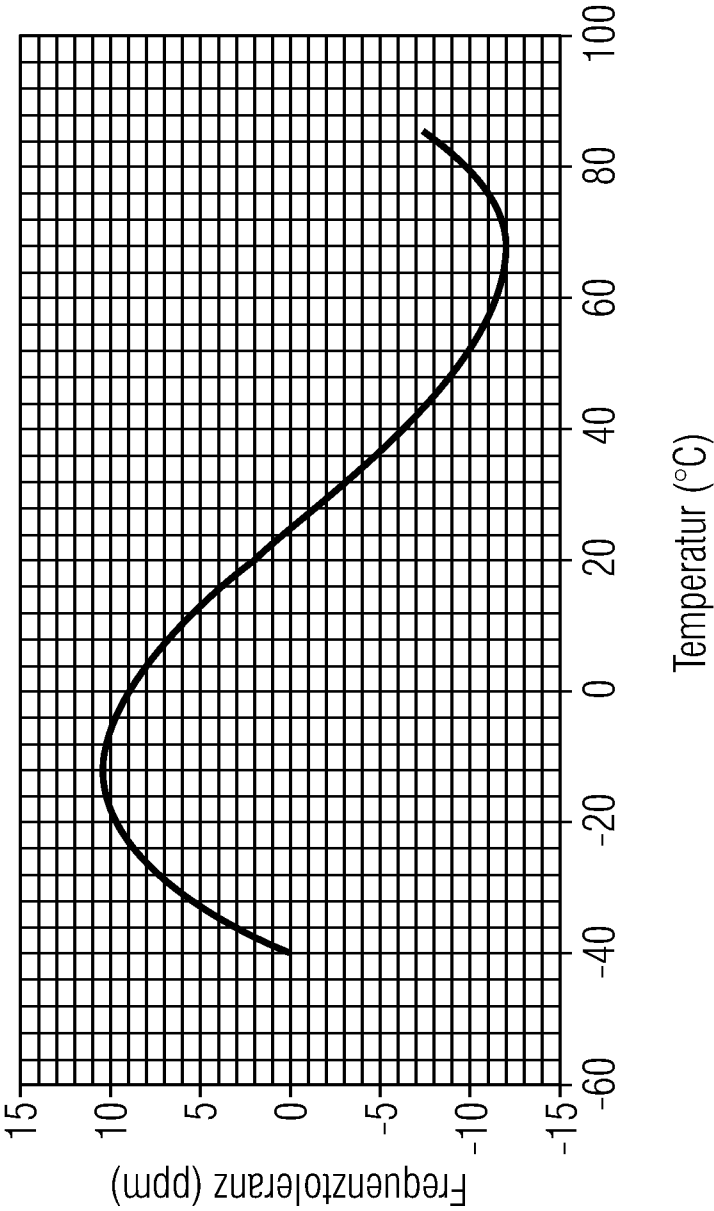


Fig. 1

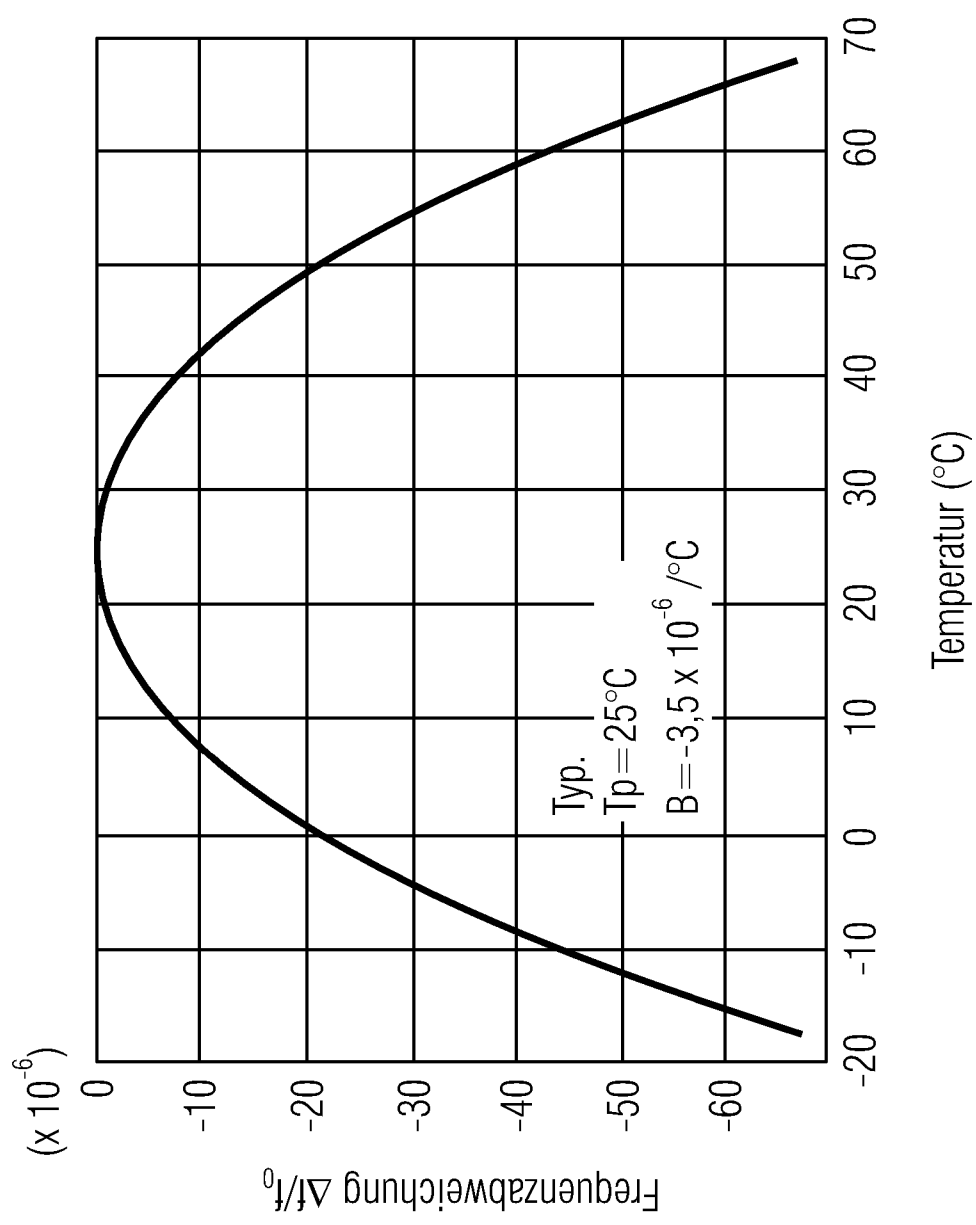


Fig. 2

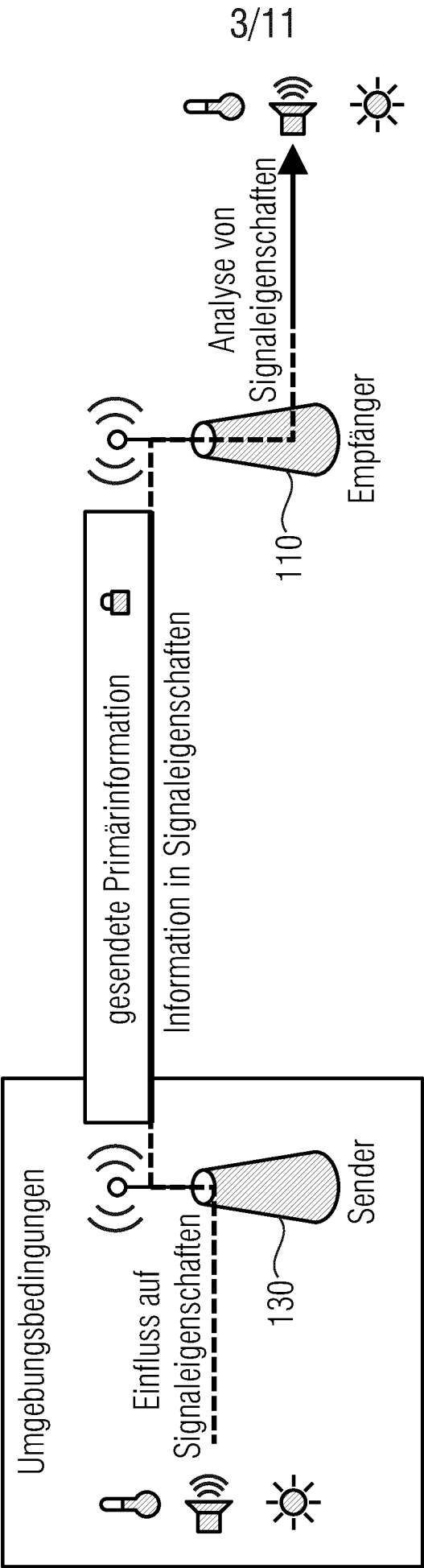


Fig. 3

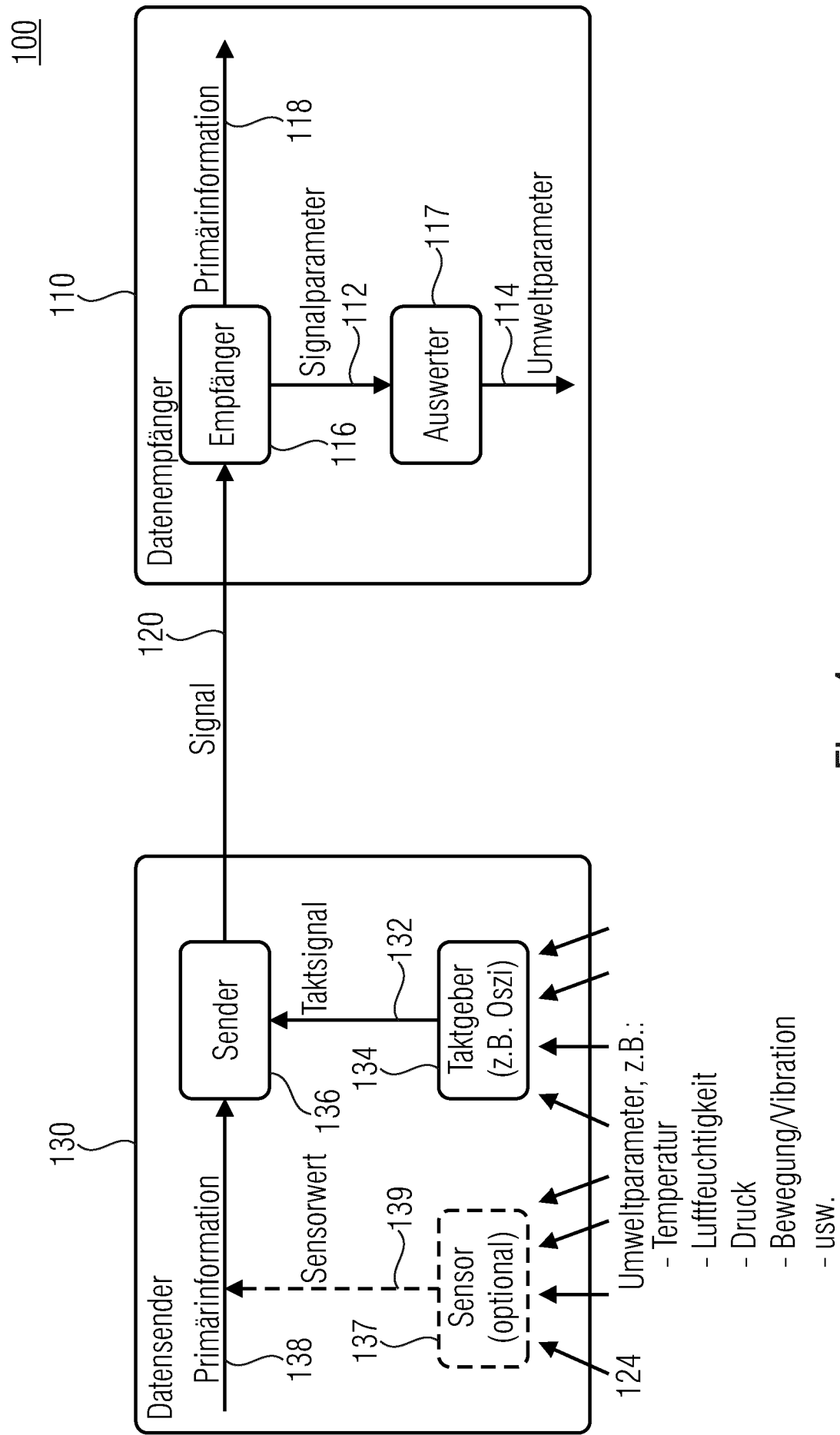


Fig. 4

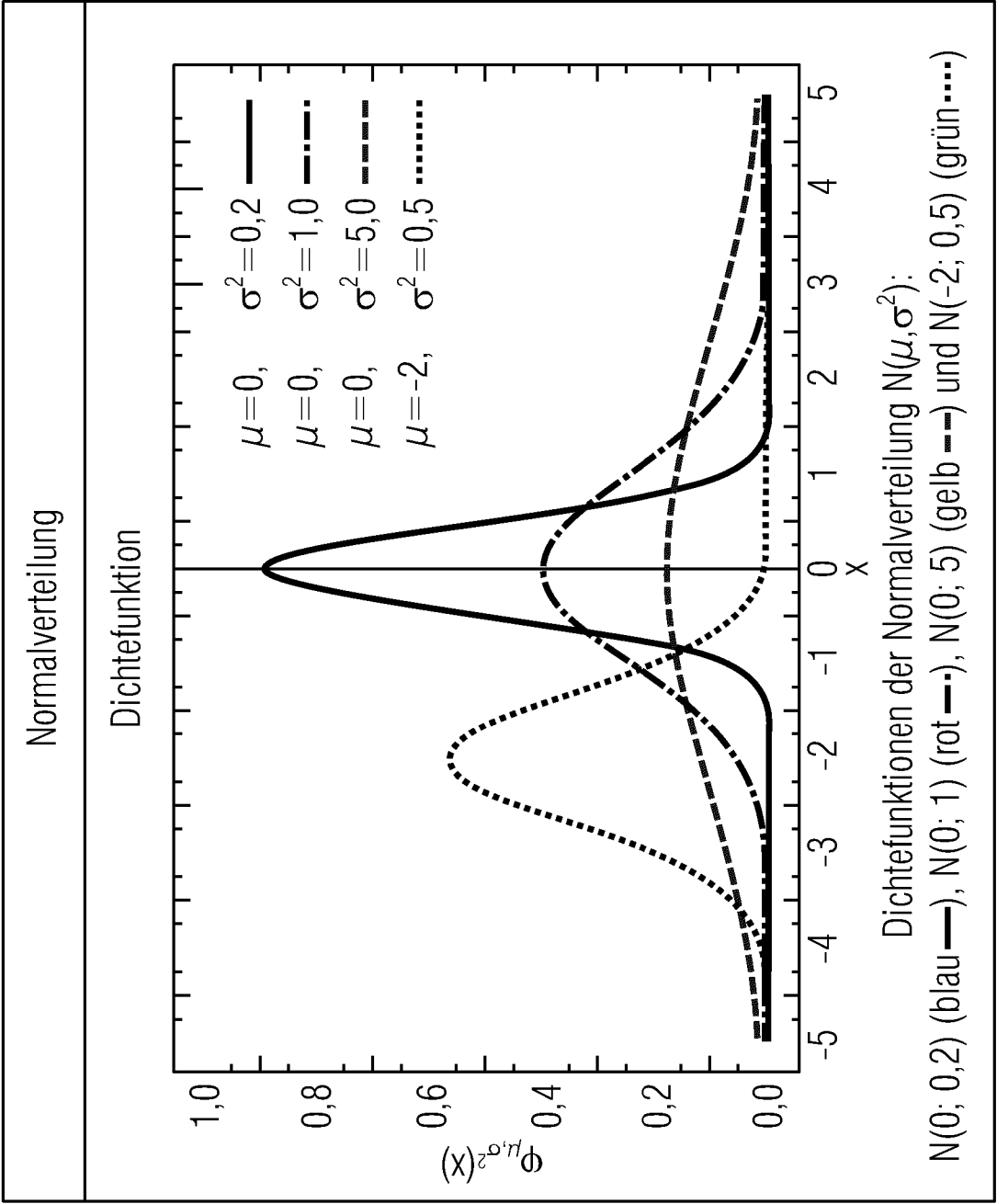


Fig. 5

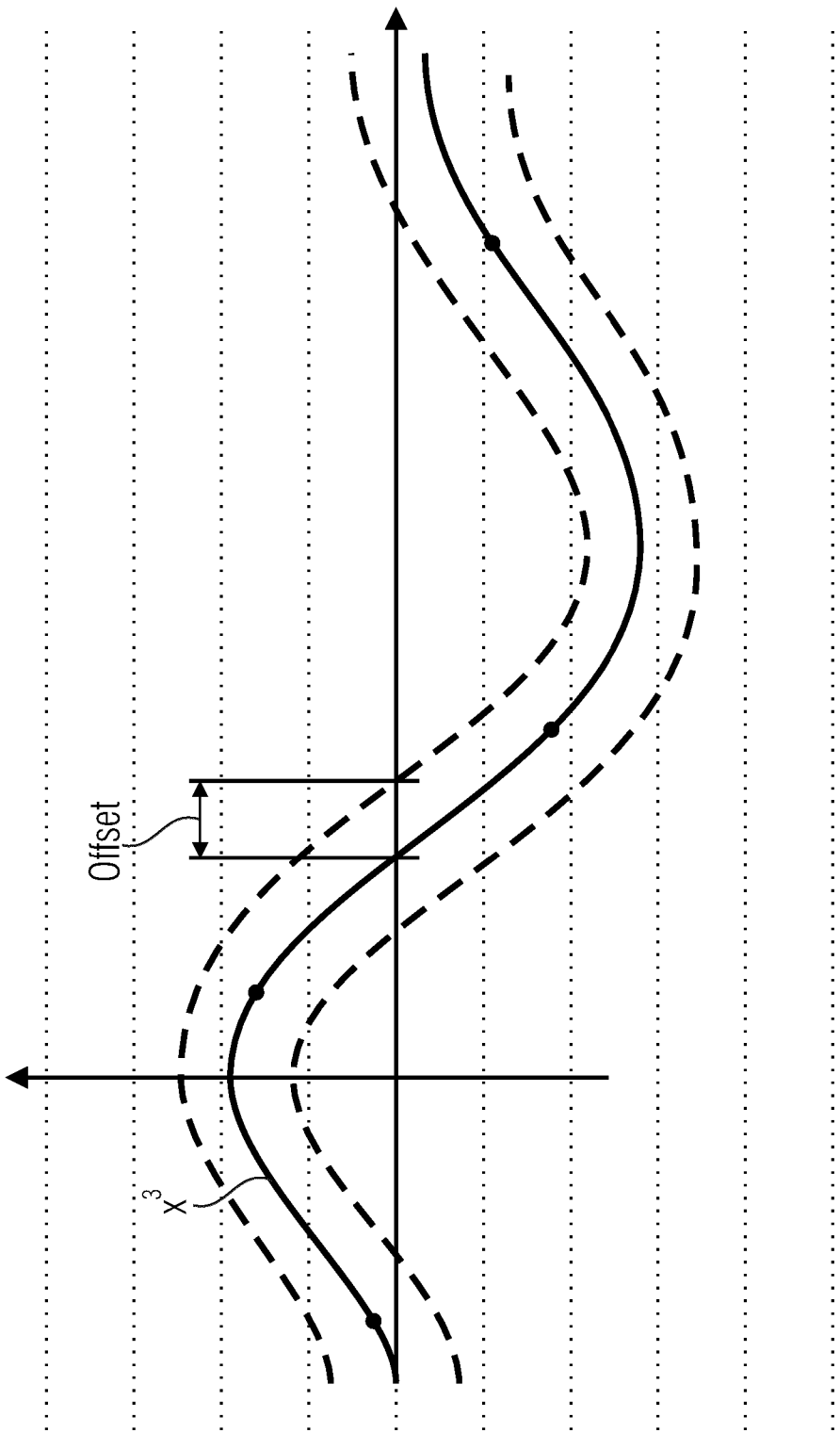


Fig. 6

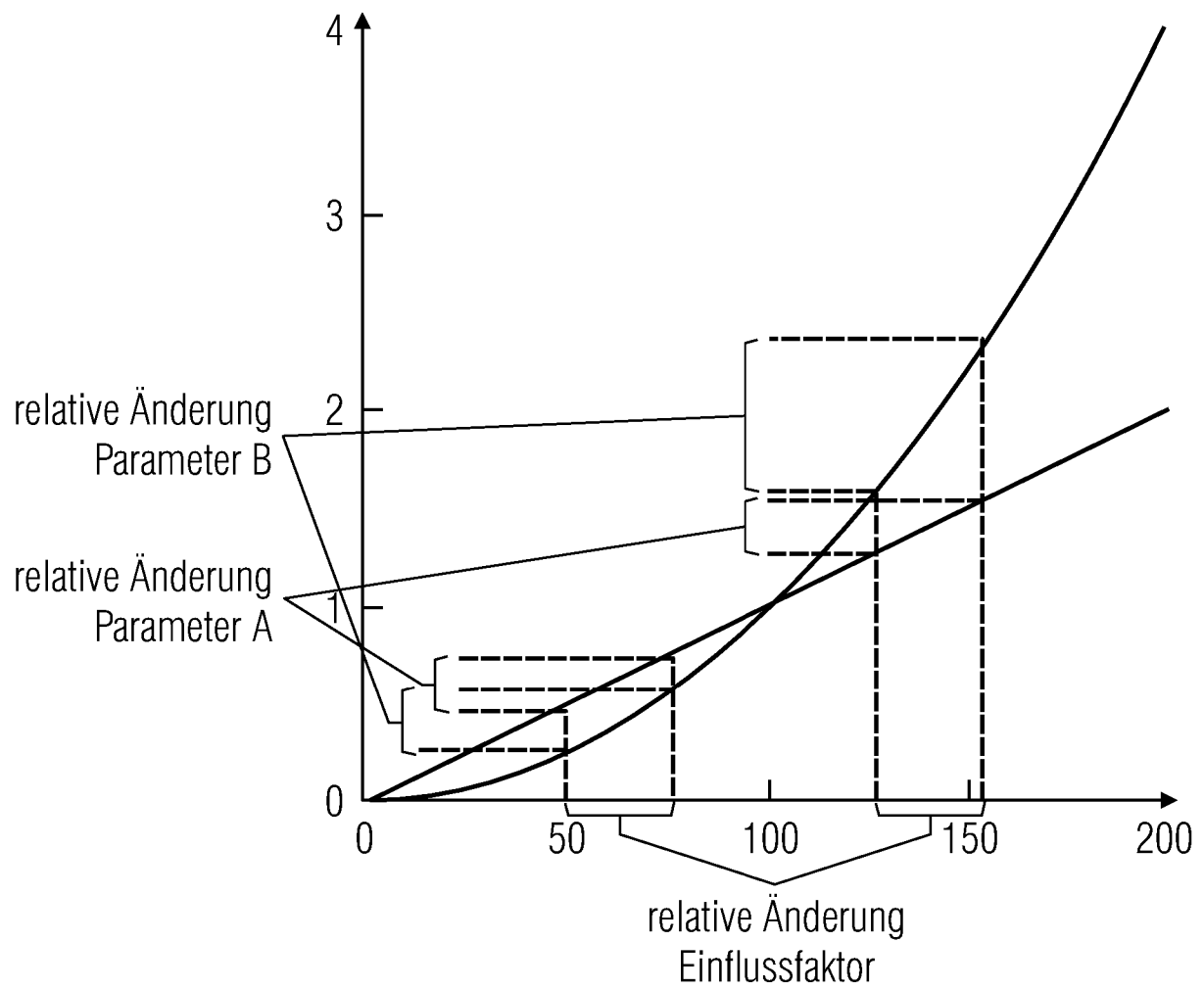


Fig. 7

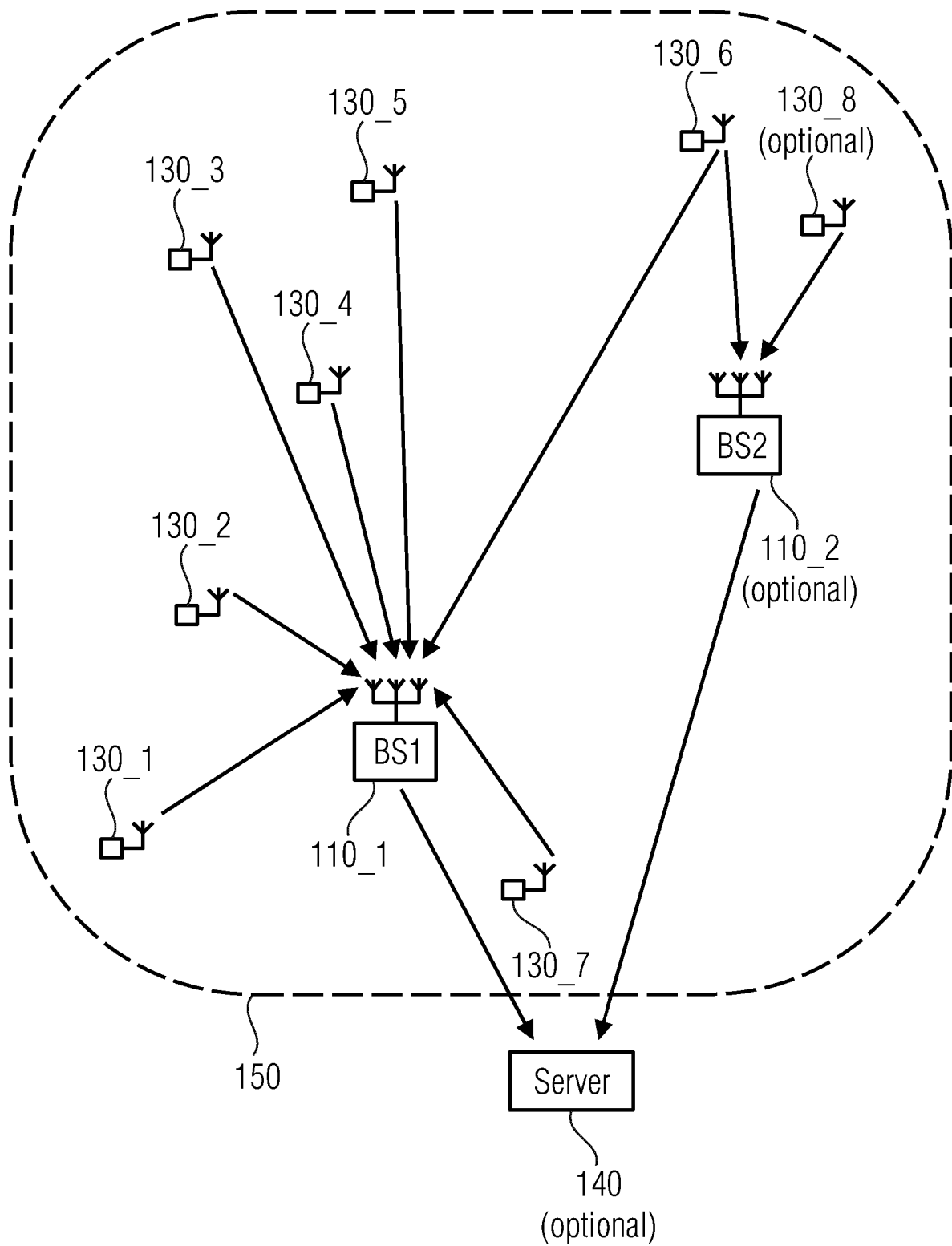
100

Fig. 8

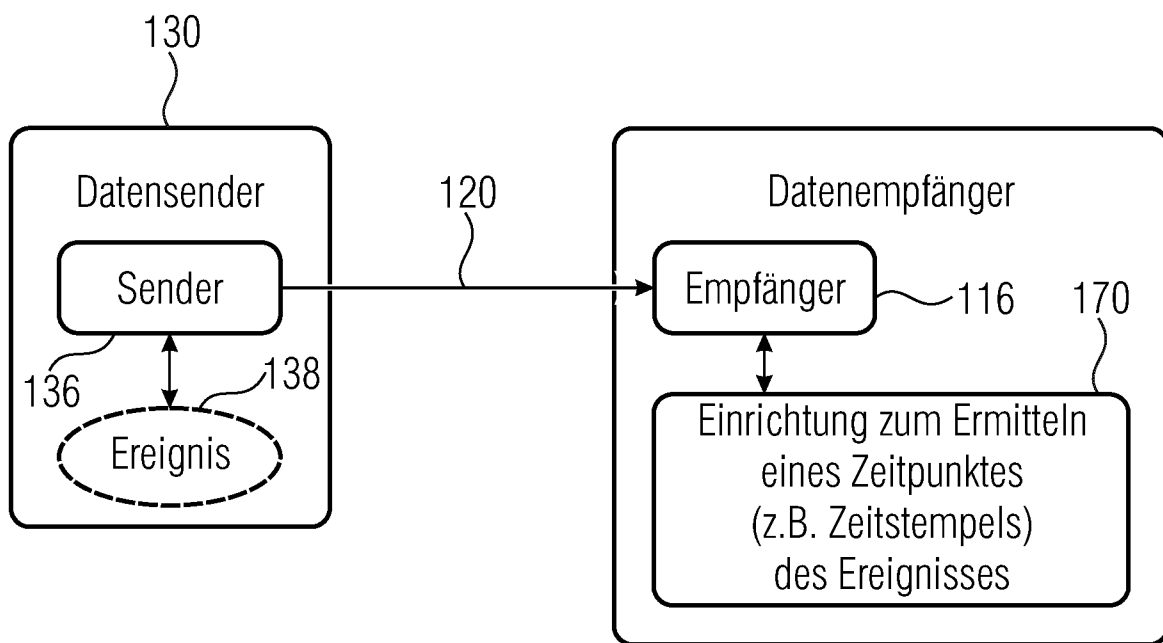


Fig. 9

10/11

100

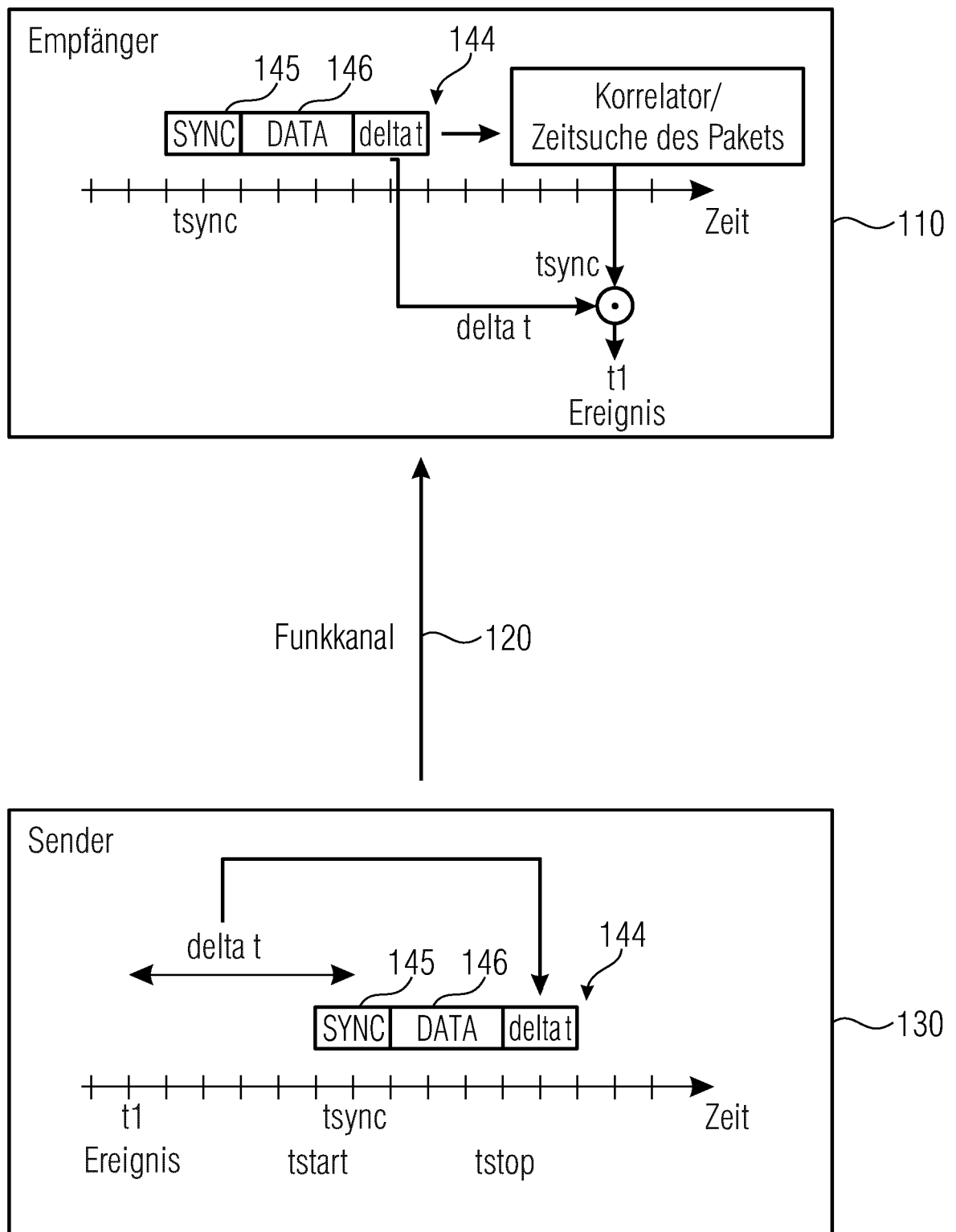


Fig. 10

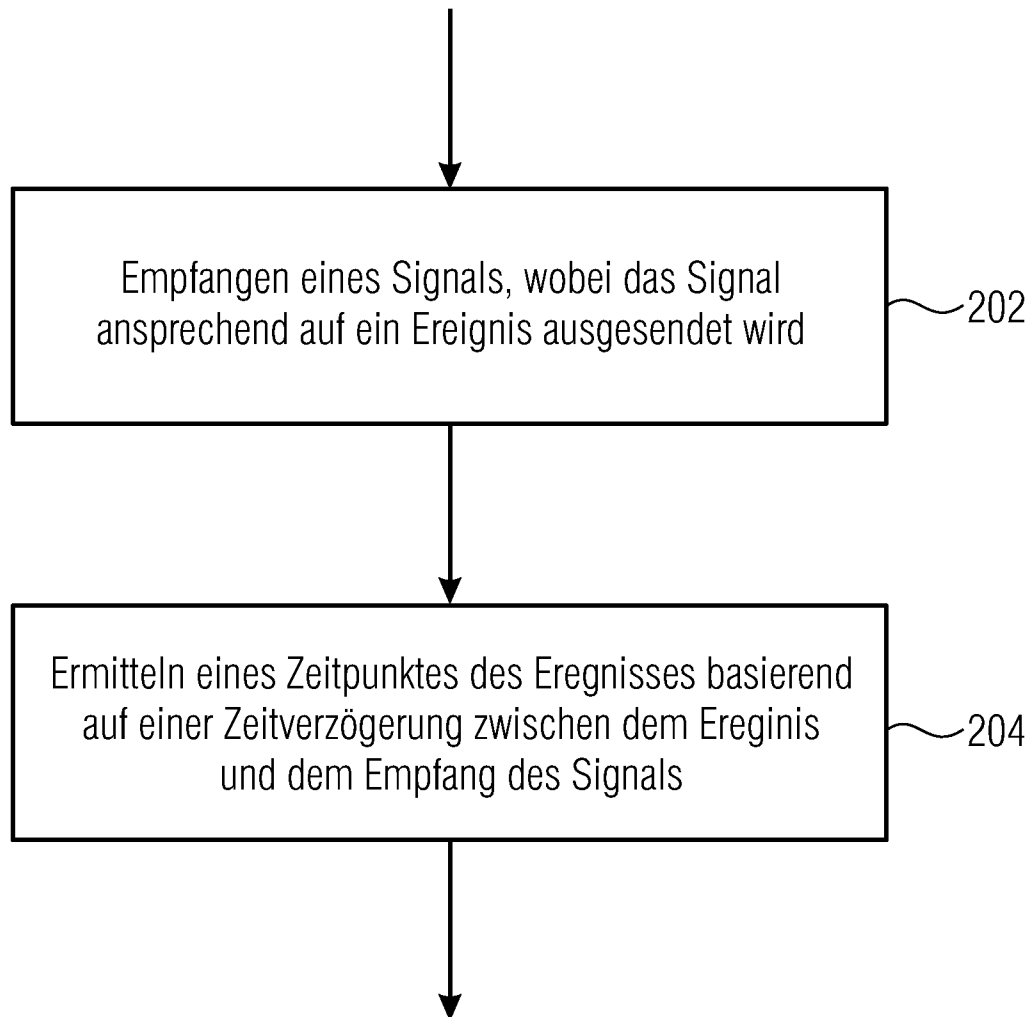
200

Fig. 11

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/EP2020/061648

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**H04Q 9/02**(2006.01)i; **H04W 56/00**(2009.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

H04Q; H04W

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X Y	WO 2014131428 A1 (SIEMENS AG [DE]) 04 September 2014 (2014-09-04) page 1, lines 6-34 page 2, line 23 - page 3, line 19 page 4, line 1 - page 5, line 27	1-5,7-14,18-29 6,15-17
Y	TOBIAS HUCK ET AL. "Precise timestamping and temporal synchronization in multi-sensor fusion" <i>INTELLIGENT VEHICLES SYMPOSIUM (IV), 2011 IEEE, IEEE</i> , 05 June 2011 (2011-06-05), pages 242-247 DOI: 10.1109/IVS.2011.5940472 ISBN: 978-1-4577-0890-9. XP031998982 paragraphs [II.A.], [II.B.], [III.B.], [III.C.], [III.D.]	6,15-17



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

07 July 2020

Date of mailing of the international search report

15 July 2020

Name and mailing address of the ISA/EP

European Patent Office
p.b. 5818, Patentlaan 2, 2280 HV Rijswijk
Netherlands

Telephone No. (+31-70)340-2040

Facsimile No. (+31-70)340-3016

Authorized officer

Weinmiller, Jost

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/EP2020/061648

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
WO	2014131428	A1	04 September 2014	NONE	

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES

INV. H04Q9/02 H04W56/00
ADD.

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)

H04Q H04W

Recherchierte, aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, WPI Data

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	WO 2014/131428 A1 (SIEMENS AG [DE]) 4. September 2014 (2014-09-04)	1-5, 7-14, 18-29
Y	Seite 1, Zeilen 6-34 Seite 2, Zeile 23 - Seite 3, Zeile 19 Seite 4, Zeile 1 - Seite 5, Zeile 27 -----	6,15-17
Y	TOBIAS HUCK ET AL: "Precise timestamping and temporal synchronization in multi-sensor fusion", INTELLIGENT VEHICLES SYMPOSIUM (IV), 2011 IEEE, IEEE, 5. Juni 2011 (2011-06-05), Seiten 242-247, XP031998982, DOI: 10.1109/IVS.2011.5940472 ISBN: 978-1-4577-0890-9 Absätze [II.A.], [II.B.], [III.B.], [III.C.], [III.D.] -----	6,15-17



Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen



Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

"E" frühere Anmeldung oder Patent, die bzw. das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

7. Juli 2020

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

15/07/2020

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde

Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040,
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Weinmiller, Jost

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

PCT/EP2020/061648

Im Recherchenbericht
angeführtes Patentdokument

Datum der
Veröffentlichung

Mitglied(er) der Patentfamilie

Datum der
Veröffentlichung

WO 2014131428	A1	04-09-2014	KEINE
---------------	----	------------	-------