

19



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

11

N° de publication :

LU503288

12

BREVET D'INVENTION

B1

21

N° de dépôt: LU503288

51

Int. Cl.:
H04Q 9/00

22

Date de dépôt: 30/12/2022

30

Priorité:

43

Date de mise à disposition du public: 03/07/2024

47

Date de délivrance: 03/07/2024

73

Titulaire(s):
WILO SE – 44263 Dortmund (Deutschland)

72

Inventeur(s):
OETTMEIER Martin – Deutschland, GROßE WESTHOFF
Edgar – Deutschland, GENTEMANN Roland Bastian –
Deutschland

74

Mandataire(s):
COHAUSZ HANNIG BORKOWSKI WIRGOTT
PATENTANWALTSKANZLEI GBR –
40237 Düsseldorf (Deutschland)

54

Verfahren zur Synchronisation von Sensoreinheiten.

57

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Synchronisation von Sensoreinheiten (S1, S2) für die zeitgleiche Durchführung einer Messung zu einem definierten Messzeitpunkt (tx) an verschiedenen Orten durch wenigstens eine erste und eine zweite Sensoreinheit, die jeweils eine eigene Echtzeituhr und ein Funkmodul mit einer individuellen Kennung zur Kommunikation über ein Funknetzwerk, insbesondere ein zellulares Mobilfunknetz und das Internet mit einem entfernten Nachrichtenvermittlungsdienst (1) aufweisen, umfassend die Schritte - Übertragen eines Messauftrags (2) über die Durchführung der Messung zu dem definierten Messzeitpunkt (tx) an den Nachrichtenvermittlungsdienst (1) durch einen Operator (3). - Übertragen einer den Messzeitpunkt (tx) umfassenden ersten Nachricht (4) vom Nachrichtenvermittlungsdienst (1) an die erste Sensoreinheit (S1) und einer den Messzeitpunkt (tx) umfassenden zweiten Nachricht (5) vom Nachrichtenvermittlungsdienst (1) an die zweite Sensoreinheit (S2), - Ausführen des Messauftrags (2) durch die erste und die zweite Sensoreinheit (S1, S2) zum definierten Messzeitpunkt (tx), indem die erste und die zweite Sensoreinheit jeweils Messdaten (D1, D2) aufzeichnen und - Übertragen der jeweiligen Messdaten (D1, D2) in der aufgezeichneten oder in einer aufbereiteten Form von der ersten und zweiten Sensoreinheit (S1, S2) über den Nachrichtenvermittlungsdienst (1) zum Operator (3) und/oder zu einer Auswertezentrale.

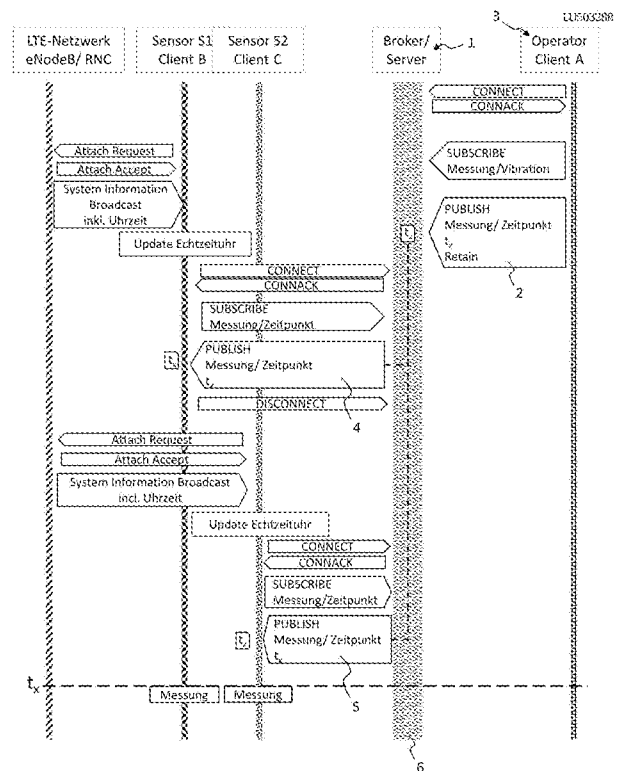


Fig. 1a

WILO SE

Wilopark 1

44263 Dortmund, DE

Verfahren zur Synchronisation von Sensoreinheiten

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Synchronisation von Sensoreinheiten für die zeitgleiche Durchführung einer Messung zu einem definierten Messzeitpunkt an verschiedenen Orten durch wenigstens eine erste und eine zweite Sensoreinheit.

Umfangreiche Untersuchungen von Eigenschaften technischer Einrichtungen, Aggregaten oder Umgebungen erfordern häufig die Verwendung mehrerer Sensoren, die an unterschiedlichen geografischen Orten der Einrichtung, am Aggregat oder in der Umgebung angeordnet sind, aber zeitgleich eine Messung aufnehmen. Ein Beispiel einer solchen Untersuchung sind Vibrationsmessungen an einem vergleichsweise großen Pumpenaggregat, wie z.B. einer sogenannten Splitcase-Pumpe, die den Einsatz mehrerer Sensoren an verschiedenen Stellen des Pumpenaggregats erfordern. Die Messdaten der verschiedenen Sensoren müssen zum gleichen Zeitpunkt und mit möglichst identischer Zeitbasis erfasst werden, um eine gute Grundlage für die weitere Analyse zu schaffen, wie beispielsweise eine Auswertung durch eine Spektralanalyse.

Um eine derartige Untersuchung durchzuführen, ist es üblich, eine komplexe Messtechnik am Ort der Einrichtung, des Aggregats oder der Umgebung aufzubauen, umfassend zumindest eine zentrale Steuer- und Auswerteeinrichtung und die genannten mehreren Sensoren. Die Steuer- und Auswerteeinrichtung weist eine Vielzahl von analogen und/ oder digitalen Eingängen (Inputs) auf, wobei den analogen Eingängen in der Regel Analog-Digital-Wandlern nachgeschaltet sind. Mittels entsprechender Leitungen bzw. Kabel, bei längeren Distanzen auch mittels Glasfaser, sind die Sensoren mit der Steuer- und Auswerteeinrichtung verbunden, und liefern ihr zeitgleich entsprechende Messsignale, denen die Steuer- und

Auswerteeinrichtung aufgrund des zeitgleichen Empfangs bei ihr eine einheitliche Zeitbasis verleiht.

LU503288

Es versteht sich von selbst, dass eine solche Steuer- und Auswerteeinrichtung zur Ausführung der Untersuchung kostenintensiv ist, wenn es mehrere Eingaben von einer Vielzahl von Sensoren gleichzeitig verarbeiten können soll. Die Anzahl der verwendbaren Sensoren ist jedoch regelmäßig limitiert, d.h. nicht völlig flexibel wählbar. Es sind modulare Konzepte von Messsystemen bekannt, bei denen die entsprechende Steuer- und Auswerteeinrichtung skalierbar bzw. durch zusätzliche Messmodule erweiterbar ist, um weitere Sensoren anschließen zu können. Nachteilig bei diesem Konzept ist allerdings weiterhin, dass der Endkunde für ungenutzte Hardware zahlt, wenn er nicht alle Sensoren oder Eingänge nutzt.

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, eine einfache, erweiterbare und kostengünstige Untersuchungsmöglichkeit mit einer faktisch unbegrenzten Anzahl von Sensoreinheiten zu schaffen, die derart angesteuert werden, dass sie zu einem definierten Messzeitpunkt zeitgleich eine Messung durchführen.

Diese Aufgabe wird durch ein Verfahren mit den Merkmalen des Anspruchs 1 gelöst. Vorteilhafte Weiterbildungen sind in den Unteransprüchen angegeben und werden nachfolgend erläutert.

Erfindungsgemäß wird ein Verfahren vorgeschlagen, bei dem die Sensoreinheiten jeweils eine eigene Echtzeituhr und ein Funkmodul mit einer individuellen Kennung zur Kommunikation über ein Funknetzwerk, insbesondere ein zellulares Mobilfunknetz und das Internet mit einem entfernten Nachrichtenvermittlungsdienst aufweisen und folgende Schritte ausgeführt werden:

- Übertragen eines Messauftrags über die Durchführung der Messung zu dem definierten Messzeitpunkt an den Nachrichtenvermittlungsdienst durch einen Operator.
- Übertragen einer den Messzeitpunkt umfassenden ersten Nachricht vom Nachrichtenvermittlungsdienst an die erste Sensoreinheit und einer den Messzeitpunkt umfassenden zweiten Nachricht vom Nachrichtenvermittlungsdienst an die zweite Sensoreinheit,

- Ausführen des Messauftrags durch die erste und die zweite Sensoreinheit zum definierten Messzeitpunkt, indem die erste und die zweite Sensoreinheit jeweils Messdaten aufzeichnen, und
- Übertragen der jeweiligen Messdaten in der aufgezeichneten oder in einer aufbereiteten Form von der ersten und zweiten Sensoreinheit über den Nachrichtenvermittlungsdienst zum Operator und/ oder zu einer Auswertezentrale.

Die Grundidee der vorliegenden Erfindung besteht darin, Sensoreinheiten für eine Untersuchung bzw. Messung zu verwenden, die zeitlich und organisatorisch selbstständig, d.h. unabhängig voneinander Messdaten erfassen, die dann in die Cloud übertragen und dort ausgewertet werden, d.h. an einem beliebigen Ort entfernt zum Messort. Dazu müssen die Sensoreinheiten zum gleichen Zeitpunkt ausgelöst werden, so dass kohärente Messdaten vorliegen. Diese Synchronisation der Messungen wird durch den Nachrichtenvermittlungsdienst einerseits und die in den Sensoreinheiten integrierte Echtzeituhr sichergestellt. Die Sensoreinheiten können hierfür klein und kostengünstig (Low-Cost-Sensoren) sein, wobei dennoch durch die Vielzahl unterschiedlicher Messdaten, die ein Abbild des Zustands der Einrichtung, des Aggregats oder der Umgebung aus vielen Perspektiven liefern, eine hochwertige Analyse möglich ist.

Ein besonderer Vorteil der Erfindung liegt in der flexiblen Erweiterbarkeit der Installation. Je nach Bedarf kann eine unterschiedliche Anzahl von Sensoren verwendet werden.

Soweit im Rahmen der Erfindung von „zeitgleich“ oder „gleicher Zeitpunkt“ für den Beginn der Messung die Rede ist, sei angemerkt, dass sich diese Begriffe nicht auf eine nanosekunden- oder mikrosekundengenaue zeitgleiche Durchführung der Messung durch die Sensoreinheiten beziehen, da eine derart genaue Synchronisierung der Echtzeituhren der Sensoreinheiten nicht möglich ist. Vielmehr ist die zeitgleiche Durchführung der einzelnen Messungen so verstehen, dass sie auch zeitlich zueinander versetzt innerhalb eines Zeitintervalls von maximal einer Sekunde beginnen können. Es wird angenommen, dass in diesem Zeitintervall ein von den Sensoreinheiten erfasster Zustand bzw. eine gemessene Größe sich nicht

oder für die Messung nur unwesentlich ändert. Ein zeitlicher Versatz von maximal einer Sekunde ist somit im Rahmen des Verfahrens noch als „zeitlich“ zu betrachten.

Die Messung kann eine oder mehrere Messgrößen betreffen. Die Messgrößen können gleich oder unterschiedlich sein. Entsprechend kann eine Sensoreinheit einen oder mehrere Messsensoren aufweisen, um damit eine oder mehrere Messgrößen zu erfassen. Beispielsweise kann eine Sensoreinheit eine Kombination aus drei Beschleunigungssensoren sein, die jeweils eine Beschleunigung in Richtung x, y oder z messen. In diesem Fall erfasst eine Sensoreinheit drei Messgrößen gleicher Art. Eine andere Sensoreinheit kann beispielsweise einen Strom und eine Spannung messen, ggf. zusätzliche auch die elektrische Leistung erfassen. Auch in diesem Fall erfasst eine Sensoreinheit mehr als eine Messgröße, jedoch unterschiedlicher Art.

Es ist möglich, dass eine Sensoreinheit einen oder mehrere integrierte (interne) Sensoren aufweist, die die Messung durchführen. Alternativ oder kumulativ, kann eine Sensoreinheit eine oder mehrere Standardschnittstellen (0-10V, 4-20mA, 1-wire, PWM) aufweisen, an welche ein oder mehrere (externe) Sensoren angeschlossen sind.

Weiter alternativ oder kumulativ kann eine Sensoreinheit eine Vorverarbeitung der Messdaten, insbesondere in Form von Filtern oder Berechnungen umfassen, wie z.B. eine Tiefpassfilterung zur Reduktion von Rauschen, eine gleitende Mittelwertbildung oder eine Fouriertransformation, wobei dann diese vorverarbeiteten Sensorsignale die zu übertragenden Messdaten bilden. Die zu übertragenden Messdaten liegen dann also seitens der entsprechenden Sensoreinheit nicht in der aufgezeichneten Form (Rohform), sondern in einer aufbereiteten Form vor.

Die Messung kann über einen kurzen oder einen längeren Messzeitraum erfolgen. Ab dem definierten Messzeitpunkt werden für eine definierte Zeit von den Sensoreinheiten eine oder mehrere Messgrößen aufgezeichnet, die später dann in die Cloud gesendet werden. Die Sampling-Zeiten der Sensoreinheiten können identisch oder unterschiedlich sein, da die Messgrößenaufzeichnungen einen

gemeinsamen, bekannten, dem Messzeitpunkt entsprechenden Startzeitpunkt haben.

Als Cloud wird im allgemeinen Sprachgebrauch die verteilte Anordnung von miteinander über das Internet verbundenen Computern, genauer gesagt Servern, bezeichnet. Der Nachrichtenvermittlungsdienst wird auf einem solchen Server betrieben, so dass er Teil der Cloud ist.

Auch kann die Auswertezentrale ein Server der Cloud sein oder auf einem solchen betrieben werden, der über das Internet mit dem Nachrichtenvermittlungsdienst verbunden ist. Die Auswertezentrale kann alternativ auf einem Server angeordnet sein, der lediglich über ein lokales Netzwerk (LAN) mit dem Nachrichtenvermittlungsdienst verbunden ist. In einer weiteren Ausführungsvariante kann die Auswertezentrale auf demselben Server betrieben werden, wie der Nachrichtenvermittlungsdienst, so dass die Kommunikation zwischen Auswertezentrale und Nachrichtenvermittlungsdienst lediglich serverintern erfolgt.

Das Funknetzwerk kann ein sogenanntes LoRaWAN (Long Range Wide Area Network) sein, das speziell für das Internet der Dinge (IoT) entwickelt wurde und ein Netzwerkstandard für energieeffizientes Senden und Empfangen von Daten über große Entfernungen ist. Hierzu ist jedem Funkmodul eine eindeutige Kennung zugeordnet, über die es im Netzwerk identifiziert werden kann. In einem LoRaWAN stehen Zeitinformationen zur Verfügung, um die Echtzeituhren der Sensoreinheiten zu synchronisieren. Alternativ kann ein Zeitserver über das LoRaWAN abgefragt werden.

Für die Kommunikation mit dem zellularen Mobilfunknetz umfasst das Funkmodul einer jeden Sensoreinheit ein physisches oder virtuelles Teilnehmeridentifikationsmodul, allgemein als SIM-Karte bezeichnet. Diesem ist eine Kennung zugeordnet, die das Teilnehmeridentifikationsmodul und damit die Sensoreinheit eindeutig in dem Mobilfunknetz identifiziert und den Zugriff auf die Ressourcen des Mobilfunknetzes ermöglicht, insbesondere auf dessen Datennetzwerk, damit die jeweilige Sensoreinheit über das Mobilfunknetzwerk Zugriff auf das Internet erhält.

Vorzugsweise verwendet das Funkmodul den Funkstandard NB-IoT (Narrowband Internet of Things). Dies ist ein Low-Power-Wide-Area-Network (LPWAN)-Funkstandard, der von 3GPP für Mobilfunkgeräte und -dienste entwickelt wurde und in der Spezifikation 3GPP Release 13 (LTE Advanced Pro) im Juni 2016 festgelegt ist. Die Vorteile von NB-IoT bestehen in den niedrigen Kosten, einer langen Batterielaufzeit der Sensoreinheit und der hohen Verbindungsdichte. NB-IoT verwendet eine Teilmenge des LTE-Standards, beschränkt aber die Bandbreite auf ein einziges schmales Band von 200 kHz.

Der Nachrichtenvermittlungsdienst ist eine Kommunikationsplattform, die von einer Vielzahl an Teilnehmer (Clients) verwendet werden kann, wobei die Sensoreinheiten, der Operator und die Auswertezentrale jeweils als ein Teilnehmer zu betrachten sind. Der Nachrichtenvermittlungsdienst kann auch als Broker betrachtet werden, der Nachrichten zwischen den Teilnehmern vermittelt.

Der Operator kann als „Master“ betrachtet werden, wohingegen die Sensoreinheiten „Slaves“ bilden. Bei dem Operator kann es sich um eine Software handeln, die eine Kommunikationsschnittstelle zum Nachrichtenvermittlungsdienst bildet, so dass eine natürliche Person oder aber auch ein Computerprogramm Nachrichten an den Nachrichtenvermittlungsdienst übermitteln und erhalten kann, insbesondere Messaufträge erstellen und Messdaten erhalten kann.

Vorzugsweise erfolgt die Kommunikation über den Nachrichtenvermittlungsdienst ausschließlich innerhalb themenbezogener Nachrichtenkanäle, in denen einerseits Nachrichten von den Teilnehmern zu einem bestimmten Thema gepostet werden können und die andererseits von den Teilnehmern abgehört werden können. Der Nachrichtenvermittlungsdienst veröffentlicht den Inhalt einer geposteten Nachricht in dem Nachrichtenkanal, indem er ihn an interessierte Teilnehmer überträgt.

Somit kann vorgesehen sein, dass der definierte Messzeitpunkt vom Nachrichtenvermittlungsdienst in einem bestimmten, im (geposteten) Messauftrag identifizierten Nachrichtenkanal veröffentlicht wird. Bei dem Messauftrag handelt es sich folglich um eine Nachricht mit für den Nachrichtenkanal bestimmtem Inhalt.

Vorzugsweise identifiziert der Messauftrag nicht nur den Nachrichtenkanal, z.B. „Messung“, sondern spezifiziert auch seinen Inhalt durch Verwendung einer Parameterangabe wie z.B. „Zeitpunkt“. Somit können interessierte Teilnehmer gezielt auf einen bestimmten Inhalt von in dem Nachrichtenkanal geposteten Nachrichten hören.

Sinnvollerweise meldet sich der Operator vor dem Übertragen des Messauftrags zunächst bei dem Nachrichtenvermittlungsdienst an, um den Messzeitpunkt zu hinterlegen. Erst nach der Anmeldung besteht eine dedizierte Client-Server Beziehung zwischen dem Operator und dem Nachrichtenvermittlungsdienst. Selbiges kann für die Sensoreinheiten vorgesehen sein.

Es ist möglich, dass die Teilnehmer, d.h. der Operator, Auswertezentrale, sowie erste und/ oder zweite Sensoreinheit dauerhaft mit dem Nachrichtenvermittlungsdienst verbunden bleiben oder nur temporär mit ihm verbunden sind. Letzteres spart Strom und ist zur Erhöhung der Lebensdauer der vorzugsweise batterie- oder akkubetriebenen Sensoreinheiten zu bevorzugen.

Um einerseits Energie zu sparen, andererseits aber keine für sie bestimmten Nachrichten wie z.B. Messaufträge, zu verpassen, können sich die erste und zweite Sensoreinheit jeweils und unabhängig voneinander regelmäßig nach Ablauf eines Meldeintervalls bei dem Nachrichtenvermittlungsdienst anmelden. Beispielsweise kann das Meldeintervall im Bereich von 30 Minuten und 24 Stunden liegen, vorzugsweise zwischen 1 und 6 Stunden.

Um Nachrichten auf dem Nachrichtenkanal zu erhalten, können die erste und zweite Sensoreinheit jeweils nach der Anmeldung bei dem Nachrichtenvermittlungsdienst den Nachrichtenkanal abonnieren.

Um zu vermeiden, dass eine Sensoreinheit aufgrund des nur temporären Anmeldens beim Nachrichtenvermittlungsdienst eine für sie bestimmte Nachricht verpasst, kann der Operator den Messauftrag zu einem Zeitpunkt übertragen, der mehr als die Länge des Meldeinterfalls früher als der definierte Messzeitpunkt ist. Dies stellt sicher, dass die Sensoreinheiten über den Messzeitpunkt informiert werden.

Es kann vorgesehen sein, dass der Messzeitpunkt nur für eine bestimmte zeitliche Dauer am Nachrichtenvermittlungsdienst vorgehalten wird, und nach Ablauf der Dauer gelöscht wird. Somit wird der Speicherbedarf für den Nachrichteninhalte reduziert. Für die genannte Dauer sollte der Messzeitpunkt jedoch am Nachrichtenvermittlungsdienst vorgehalten werden, damit er sich nachträglich anmeldenden Sensoreinheiten zur Verfügung gestellt werden kann. Die Dauer sollte länger als das Meldeintervall der Sensoreinheiten sein, damit die Übertragung des Messzeitpunkts an die Sensoreinheiten sichergestellt ist.

Zweckmäßigerweise erfolgt die Übertragung der ersten Nachricht vom Nachrichtenübermittlungsdienst an die erste Sensoreinheit nur oder erst dann, wenn sich die erste Sensoreinheit am Nachrichtenvermittlungsdienst angemeldet und den Nachrichtenkanal abonniert hat. In entsprechender Weise erfolgt bevorzugt die Übertragung der zweiten Nachricht vom Nachrichtenübermittlungsdienst an die zweite Sensoreinheit nur oder erst dann erfolgt, wenn sich die zweite Sensoreinheit am Nachrichtenvermittlungsdienst angemeldet und den Nachrichtenkanal abonniert hat.

Wie bereits erwähnt, kann vorgesehen sein, dass sich die erste und zweite Sensoreinheit jeweils und unabhängig voneinander nach Ablauf eines Anmeldezeitraums bei dem Nachrichtenvermittlungsdienst abmelden, um Energie zu sparen.

Nach Ausführung des Messauftrags kann die erste Sensoreinheit wenigstens eine erste Messdaten umfassende erste Messnachricht zum Nachrichtenvermittlungsdienst übertragen, und die zweite Sensoreinheit wenigstens eine zweite Messdaten umfassende zweite Messnachricht zum Nachrichtenvermittlungsdienst übertragen, und zwar unabhängig voneinander und zu ggfs. unterschiedlichen Zeitpunkten. Sofern die Messdaten aufgrund ihrer Datengröße bzw. Datenmenge nicht in eine Messnachricht passen, können sie auf zwei oder mehr Messnachrichten verteilt werden.

Die jeweilige Übertragung der ersten und zweiten Messnachricht erfolgt geeigneterweise erst dann, wenn sich die erste und zweite Sensoreinheit jeweils und unabhängig voneinander wieder beim Nachrichtenvermittlungsdienst angemeldet hat. Mit anderen Worten vergeht nach der Messung noch ein wenig Zeit, bis die Messdaten an die Auswertezentrale übertragen werden.

Hierzu können dann die ersten Messdaten vom Nachrichtenvermittlungsdienst in einem bestimmten, in der ersten Messnachricht identifizierten Nachrichtenkanal veröffentlicht werden. Ferner können die zweiten Messdaten vom Nachrichtenvermittlungsdienst in einem bestimmten, in der zweiten Messnachricht identifizierten Nachrichtenkanal veröffentlicht werden. Es sei angemerkt, dass die Nachrichtenkanäle nicht identisch sein müssen. Ferner können sie sich auch von dem Nachrichtenkanal unterscheiden, in dem der Messzeitpunkt veröffentlicht worden ist. Gleichwohl ist es aufgrund der Einfachheit und des thematischen Bezugs zueinander sinnvoll, wenn die in den Messnachrichten identifizierten Nachrichtenkanäle denselben Nachrichtenkanal bezeichnen und dieser identisch ist mit dem Nachrichtenkanal, der in dem Messauftrag angegeben ist.

Nach dem Erhalt der ersten und zweiten Messnachricht kann der Nachrichtenvermittlungsdienst jeweils wenigstens eine erste, die ersten Messdaten umfassende Veröffentlichungsnachricht, und wenigstens eine zweite, die zweiten Messdaten umfassende Veröffentlichungsnachricht an die Auswertezentrale und/oder den Operator übertragen. Sofern die Messdaten aufgrund ihrer Datengröße bzw. Datenmenge nicht in eine Veröffentlichungsnachricht passen, können sie auf zwei oder mehr Veröffentlichungsnachrichten verteilt werden, die dann seitens des Empfängers, d.h. der Auswertezentrale oder des Operators, dann wieder zu den ursprünglichen Messdaten zusammengefügt werden.

In einer Ausführungsvariante kann der Operator die Auswertezentrale mitumfassen. In einer anderen Ausführungsvariante kann die Auswertezentrale dem Operator nachgelagert sein, so dass dieser die Messdaten an die Auswertezentrale weiterleitet.

Vorzugsweise erfolgt die Übertragung der ersten und zweiten Messdaten, wenn oder LU503288 sobald sich die Auswertezentrale bzw. der Operator am Nachrichtenvermittlungsdienst angemeldet und den in der jeweiligen Messnachricht identifizierten Nachrichtenkanal abonniert hat.

Nach Erhalt der ersten und zweiten Messdaten werden diese gemeinsam in der Auswertezentrale und/ oder beim Operator ausgewertet.

Die genannten Messdaten können entweder Rohdaten sein, die von einem entsprechenden Sensor der ersten bzw. zweiten Sensoreinheit S1, S2 erfasst worden sind, oder alternativ vorverarbeitete Daten sein, die sich beispielsweise durch Filterung, Glättung, Mittelwertbildung oder Transformation, wie z.B. eine Fouriertransformation, aus den Rohdaten ergeben.

Damit die Sensoreinheiten ihre jeweilige Echtzeituhr eichen, kann vorgesehen sein, dass sie diese mit einem Zeitsignal bzw. einer Uhrzeit synchronisieren, das/ die ihnen ein Zeitzeichensender als Rundfunksignal, das Mobilfunknetz, der Nachrichtenvermittlungsdienst, ein NTP-Server, und/ oder ein globales Navigationssatellitensystem (GPS) bereitstellt.

Es sei noch darauf hingewiesen, dass das Zeitsignal bzw. die Uhrzeit und die Echtzeituhr nicht unbedingt in dem Format Stunden, Minuten und Sekunden angegeben sein muss. Ebenso können andere Zeitformate, wie z.B. ein einfacher Zähler, verwendet werden.

Um die zuvor beschriebenen Verfahrensschritte auszuführen, kann der Nachrichtenvermittlungsdienst ein MQTT-Broker sein, beispielsweise gemäß dem MQTT Version 5.0 OASIS Standard vom 7.3.2019. MQTT (Message Queuing Telemetry Transport) ist ein offenes Netzwerkprotokoll für die Machine-to-Machine-Kommunikation, das die Übertragung von Telemetriedaten in Form von Nachrichten zwischen Geräten ermöglicht, trotz hoher Verzögerungen oder beschränkter Netzwerke.

Das erfindungsgemäße Verfahren kann besonders zur Durchführung und Auswertung von Vibrationsmessungen an einem Kreispumpenaggregat verwendet werden.

Weitere Merkmale, Eigenschaften, Wirkungen und Vorteile der Erfindung werden nachfolgend anhand von Ausführungsbeispielen und der beigefügten Figuren näher erläutert. Die in den Figuren enthaltenen Bezugszeichen behalten von Figur zu Figur ihre Bedeutung. In den Figuren bezeichnen Bezugszeichen stets dieselben oder zumindest äquivalente Komponenten, Bereiche, Richtungs- oder Ortsangaben.

Es sei darauf hingewiesen, dass im Rahmen der vorliegenden Beschreibung die Begriffe „aufweisen“, „umfassen“ oder „beinhalten“ keinesfalls das Vorhandensein weiterer Merkmale ausschließen. Ferner schließt die Verwendung des unbestimmten Artikels bei einem Gegenstand nicht dessen Plural aus.

Figuren 1a und 1b zeigen einen beispielhaften zeitlichen Ablauf der erfindungsgemäßen Kommunikation über einen Nachrichtenvermittlungsdienst zur Synchronisierung einer von zwei Sensoreinheiten ausgeführten Messung.

Der Nachrichtenvermittlungsdienst 1 ist ein MQTT Broker, an dem sich in der Art einer Server-Client Beziehung eine nahezu beliebige Anzahl an Clients anmelden können, um Nachrichten innerhalb eines bestimmten Nachrichtenkanals zu hinterlegen oder zu erhalten. Der Nachrichtenvermittlungsdienst 1 bildet in diesem Fall den Server. Er ist mit dem Internet verbunden und kann auf diese Weise entsprechend erreicht werden. In dem hier gezeigten Beispiel sind drei Clients vorhanden, wobei ein erster Client A ein Operator 3 ist, der die Durchführung einer Messung zu einem von ihm bestimmten Messzeitpunkt tx durch eine erste Sensoreinheit S1 und eine zweite Sensoreinheit S2 wünscht, die in Bezug zum Nachrichtenvermittlungsdienst 1 die weiteren zwei Clients B und C bilden. In einer anderen Ausführungsvariante können auch viele weitere Sensoreinheiten vorgesehen sein, die Clients des Nachrichtenvermittlungsdienstes 1 bilden.

Der Operator 3 kann als eine von einem Nutzer bediente Software verstanden werden, die beispielsweise auf einem Endgerät wie einem Computer (Personal Computer), einem Tablet oder einem Smartphone läuft, wobei das Endgerät mit dem Internet verbunden ist, um über das Internet mit dem Nachrichtenvermittlungsdienst 1 in Verbindung zu treten. Hierzu stellt der Operator 3 eine Verbindungsanfrage „CONNECT“ an den Nachrichtenvermittlungsdienst 1, die von diesem durch eine anschließende Verbindungsannahme „CONNACK“ quittiert wird. Hiernach ist der Operator 3 beim Nachrichtenvermittlungsdienst 1 angemeldet. Er bleibt für die Dauer des hier betrachteten Verfahrens angemeldet.

Nach der Anmeldung abonniert der Operator 3 einen ersten Nachrichtenkanal 6 „Messung/ Vibration“ (SUBSCRIBE), um darin veröffentlichte Nachrichten mit Messdaten zu erhalten. Des Weiteren hinterlegt er in einem zweiten Nachrichtenkanal 6 „Messung/ Zeitpunkt“ (PUBLISH) einen Messauftrag 2, dessen Inhalt der Messzeitpunkt tx ist, zu dem die Sensoreinheiten S1, S2 die Messung vornehmen sollen. Die Aufgabe des Nachrichtenvermittlungsdienstes 1 ist es, die für einen bestimmten Nachrichtenkanal 6 vorgesehenen Nachrichten zu veröffentlichen, indem er entsprechende Nachrichten 4, 5, 9, 10 all jenen Clients A, B unverzüglich zustellt, die diesen Nachrichtenkanal 6 abonniert haben.

Zum Zeitpunkt der Hinterlegung des Messzeitpunkts tx durch den Operator 3 hat im vorliegenden Beispiel noch kein weiterer Client den zweiten Nachrichtenkanal 6 abonniert. Der Nachrichtenvermittlungsdienst 1 würde in diesem Fall den Messzeitpunkt tx löschen. Um dies jedoch zu verhindern oder zumindest zu verzögern wird der Messzeitpunkt tx mit dem Attribut „Retain“ gekennzeichnet und dadurch vor eine definierte zeitliche Dauer vom Nachrichtenvermittlungsdienst 1 zum Zwecke der späteren Veröffentlichung vorgehalten.

Die Sensoreinheiten S1, S2 sind an verschiedenen Orten angeordnet, d.h. räumlich voneinander getrennt. Sie sind jeweils eingerichtet, eine Vibrationsmessung an einem Kreiselpumpenaggregat vorzunehmen, an dem sie befestigt sind. Sie besitzen jeweils eine eigene Echtzeituhr, um die Messung zum Messzeitpunkt tx durchzuführen.

Des Weiteren besitzen die Sensoreinheiten S1, S2 jeweils ein Funkmodul mit einer individuellen Kennung in Gestalt einer virtuellen oder physischen SIM-Karte, um sich in ein zelluläres Mobilfunknetz einzubuchen und darüber Zugang zum Internet, mithin zum Nachrichtenvermittlungsdienst 1 zu erhalten. Das Mobilfunknetz ist in diesem Fall beispielhaft ein LTE-Netzwerk (Long Time Evolution), d.h. ein Mobilfunknetzwerk der 4. Generation. Das Einbuchen der Sensoreinheiten S1, S2 in das Mobilfunknetz erfolgt über eine entsprechende Basisstation (NodeB, eNodeB) und daran angeschlossener Steuereinrichtung (RNC – Radio Network Controller) des Mobilfunknetzes in allgemein bekannter Weise gemäß der Spezifikation der Standardisierungsorganisation *3rd Generation Partnership Project* (3GPP).

Um sich mit dem Mobilfunknetz zu verbinden, sendet zunächst die erste Sensoreinheit S1 eine Einbuchungsanfrage „Attach Request“ an das Mobilfunknetz, die von diesem mit einer Bestätigung „Attach Accept“ beantwortet wird, so dass die erste Sensoreinheit S1 über das Mobilfunknetz Zugriff auf das Internet erhält.

Das Mobilfunknetz überträgt an alle seine eingebuchten Teilnehmer Systeminformationen (System Information Broadcast), die eine Uhrzeit (Zeitsignal) enthalten. Diese wird von der ersten Sensoreinheit S1 verwendet, um seine interne Echtzeituhr zu aktualisieren (upzudaten), d.h. mit der Zeitinformation des Mobilfunknetzes zu synchronisieren. Alternativ oder zusätzlich kann die erste Sensoreinheit S1 einen Zeitserver im Internet (NTP-Server) abfragen, das Rundfunksignal eines Zeitzeichensenders empfangen und/ oder die Uhrzeit eines globalen Navigationssatellitensystems (GPS) empfangen, und seine Echtzeituhr mit der so erhaltenen Uhrzeit abgleichen. Die genannte zeitliche Aktualisierung kann wiederholt, insbesondere regelmäßig stattfinden.

Um sich beim Nachrichtenvermittlungsdienst 1 anzumelden, was über das Mobilfunknetz und das Internet erfolgt, schickt die erste Sensoreinheit S1 wie zuvor der Operator 3 eine Verbindungsanfrage „CONNECT“ an den Nachrichtenvermittlungsdienst 1, die von diesem durch eine anschließende Verbindungsannahme „CONNACK“ quittiert wird. Hiernach ist auch die Sensoreinheit S1 beim Nachrichtenvermittlungsdienst 1 angemeldet.

Die erste Sensoreinheit S1 abonniert anschließend den zweiten Nachrichtenkanal „Messung/ Zeitpunkt“ (SUBSCRIBE), um über einen etwaigen Messauftrag 2 des Operators 3 informiert zu werden. Dies veranlasst den Nachrichtenvermittlungsdienst 1 den zuvor in dem zweiten Nachrichtenkanal „Messung/ Zeitpunkt“ hinterlegten und aufgrund des Attributs „Retain“ vorgehaltenen Messzeitpunkt tx des Messauftrags 2 der ersten Sensoreinheit S1 öffentlich zu machen, indem der Nachrichtenvermittlungsdienst 1 eine erste Nachricht 4, die den Messzeitpunkt tx enthält, an die erste Sensoreinheit S1 überträgt. Dies erfolgt –wie zuvor- über das Internet und das Mobilfunknetz. Die erste Sensoreinheit S1 empfängt die erste Nachricht 4 und speichert den Messzeitpunkt tx ab. Um Energie zu sparen, meldet sich die erste Sensoreinheit S1 anschließend vom Nachrichtenvermittlungsdienst 1 ab, indem sie eine entsprechende Abmeldeinformation „DISCONNECT“ an den Nachrichtenvermittlungsdienst 1 überträgt. Diese bleibt hier unquittiert, weil die erste Sensoreinheit S1 anschließend schon nicht mehr erreichbar ist.

Um weiter Energie zu sparen, kann sich die erste Sensoreinheit S1 auch vom Mobilfunknetz abmelden. Dies ist in Fig. 1a jedoch nicht dargestellt.

Die mit Bezug zur ersten Sensoreinheit S1 beschriebenen Verfahrensschritte werden auch bei der zweiten Sensoreinheit S2 durchgeführt. Um sich mit dem Mobilfunknetz zu verbinden, sendet daher auch die zweite Sensoreinheit S2 zunächst eine Einbuchungsanfrage „Attach Request“ an das Mobilfunknetz, die von diesem mit einer Bestätigung „Attach Accept“ beantwortet wird, so dass auch die zweite Sensoreinheit S2 über das Mobilfunknetz Zugriff auf das Internet erhält. Die vom Mobilfunknetz übertragene Uhrzeit wird auch von der zweiten Sensoreinheit S2 verwendet, um seine interne Echtzeituhr zu aktualisieren (upzudaten), d.h. mit der Zeitinformation des Mobilfunknetzes zu synchronisieren. Alternativ oder zusätzlich kann die erste Sensoreinheit S1 einen Zeitserver im Internet (NTP-Server) abfragen, das Rundfunksignal eines Zeitzeichensenders empfangen und/ oder die Uhrzeit eines globalen Navigationssatellitensystems (GPS) empfangen, und seine Echtzeituhr mit der so erhaltenen Uhrzeit abgleichen. Die genannte zeitliche Aktualisierung kann wiederholt, insbesondere regelmäßig stattfinden.

Um sich beim Nachrichtenvermittlungsdienst 1 anzumelden, schickt die zweite Sensoreinheit S2 eine Verbindungsanfrage „CONNECT“ an den Nachrichtenvermittlungsdienst 1, die von diesem durch eine anschließende Verbindungsannahme „CONNACK“ quittiert wird. Hiernach ist auch die Sensoreinheit S2 beim Nachrichtenvermittlungsdienst 1 angemeldet. Sie abonniert anschließend den zweiten Nachrichtenkanal „Messung/ Zeitpunkt“ (SUBSCRIBE), um über einen etwaigen Messauftrag 2 des Operators 3 informiert zu werden. Der Nachrichtenvermittlungsdienst 1 stellt daraufhin den zuvor in dem zweiten Nachrichtenkanal „Messung/ Zeitpunkt“ veröffentlichten und aufgrund des Attributs „Retain“ noch immer vorgehaltenen Messzeitpunkt tx des Messauftrags der zweiten Sensoreinheit S2 zu, indem der Nachrichtenvermittlungsdienst 1 eine zweite Nachricht 5, die den Messzeitpunkt tx enthält, an die zweite Sensoreinheit S2 überträgt. Auch dies erfolgt über das Internet und das Mobilfunknetz. Die zweite Sensoreinheit S2 empfängt die zweite Nachricht 5 und speichert den Messzeitpunkt tx ab.

Um Energie zu sparen, meldet sich auch die zweite Sensoreinheit S2 vom Nachrichtenvermittlungsdienst 1 wieder ab, indem sie eine entsprechende Abmeldeinformation „DISCONNECT“ an den Nachrichtenvermittlungsdienst 1 überträgt. Auch diese bleibt unquittiert. Um weiter Energie zu sparen, kann sich auch die zweite Sensoreinheit S1 vom Mobilfunknetz abmelden. Dies ist in Fig. 1a jedoch nicht dargestellt.

Obgleich diese, die zweite Sensoreinheit S2 betreffenden Verfahrensschritte in Figur 1a chronologisch nach denjenigen der ersten Sensoreinheit S1 dargestellt sind, sei angemerkt, dass dies hier lediglich zur Vereinfachung und aus Gründen der Übersichtlichkeit so gewählt ist. Tatsächlich können die die zweite Sensoreinheit S2 betreffenden Verfahrensschritte auch zeitlich parallel zu den Verfahrensschritten der ersten Sensoreinheit S1 ausgeführt werden, da die erste und zweite Sensoreinheit S1, S2 voneinander unabhängig sind und selbst den Zeitpunkt ihrer Verbindungsaufnahme mit dem Mobilfunknetz und dem Nachrichtenvermittlungsdienst 1 bestimmen, was insbesondere auch abhängig vom Zeitpunkt der Inbetriebnahme des jeweiligen Sensors sein kann. So können sich die erste und zweite Sensoreinheit S1, S2 jeweils und unabhängig voneinander

regelmäßig nach Ablauf eines Meldeintervalls bei dem Nachrichtenvermittlungsdienst LU503288 1 anmelden, um über gegebenenfalls neu veröffentlichte Nachrichten, insbesondere Messaufträge 2 informiert zu werden. Entsprechend können sich die erste und zweite Sensoreinheit S1, S2 jeweils und unabhängig voneinander nach Ablauf eines Anmeldezeitraums bei dem Nachrichtenvermittlungsdienst 1 abmelden.

Aufgrund der Unbestimmtheit, wann sich eine der Sensoreinheiten S1, S2 beim Nachrichtenvermittlungsdienst 1 meldet, überträgt der Operator 3 den Messauftrag 2 zu einem Zeitpunkt, der mehr als die Länge des Meldeinterfalls früher als der definierte Messzeitpunkt tx ist. Außerdem ist die zeitliche Dauer, für die der Messzeitpunkt tx am Nachrichtenvermittlungsdienst 1 vorgehalten wird, länger als das Meldeintervall der Sensoreinheiten S1, S2. Nach Ablauf der Dauer wird der Messzeitpunkt tx gelöscht.

Die erste und zweite Sensoreinheit S1, S2 warten anschließend darauf, dass der Messzeitpunkt tx eintritt. Hierzu vergleichen sie jeweils die aktuelle Zeit der internen Echtzeituhr mit dem Messzeitpunkt tx und starten bei Erreichen des Messzeitpunktes tx gleichzeitig ihre jeweilige Messung. Dies ist in Figur 1a durch die horizontale gestrichelte Linie veranschaulicht. Die erste und zweite Sensoreinheit S1, S2 zeichnen dann Messdaten D1, D2 auf, und führen somit den ursprünglichen Messauftrag 2 zum definierten Messzeitpunkt tx aus.

Die Messung kann für einen mehr oder weniger langen Messzeitraum erfolgen. Dabei sei angemerkt, dass die Messzeiträume der ersten und zweiten Sensoreinheit S1, S2 nicht unbedingt gleich lang sein müssen.

Die nach der jeweiligen Messung der ersten und zweiten Sensoreinheit S1, S2 durchzuführenden Verfahrensschritte sind in Figur 1b dargestellt. Hier ist vorgesehen, dass alle Sensoreinheiten Sensoreinheit S1, S2 ihre Messdaten an den Nachrichtenvermittlungsdienst 1 übertragen, der diese dann an den Operator 3 vermittelt.

Hierzu meldet sich zunächst die erste Sensoreinheit S1 wieder mit einer entsprechenden Verbindungsanfrage „CONNECT“ beim

Nachrichtenvermittlungsdienst 1 an, der diese Anfrage quittiert (CONNACK).

Anschließend sendet die erste Sensoreinheit S1 eine erste Messnachricht 7, die die Messdaten D1 der ersten Sensoreinheit S1 enthält, zur Veröffentlichung in dem ersten Nachrichtenkanal „Messung/ Vibration“ (PUBLISH), der in der ersten Messnachricht 7 identifiziert ist, an den Nachrichtenvermittlungsdienst 1.

Anschließend meldet sich die erste Sensoreinheit S1 wieder vom Nachrichtenvermittlungsdienst 1 ab (DISCONNECT). Sofern die Messdaten D1 zu groß für eine einzige Messnachricht 7 sind, kann die erste Sensoreinheit S1 die Messdaten D1 auch aufteilen und in mehreren Messnachrichten 7 an den Nachrichtenvermittlungsdienst 1 übertragen.

Da der Operator 3 den ersten Nachrichtenkanal abonniert hat, veröffentlicht der Nachrichtenvermittlungsdienst 1 die Messdaten D1 der ersten Sensoreinheit S1, indem er dem Operator 3 eine erste Veröffentlichungsnachricht 9 zusendet, die die Messdaten D1 enthält. Der Operator 3 entnimmt die Messdaten D1 der ersten Veröffentlichungsnachricht 9 und speichert sie ab.

In analoger Weise meldet sich die zweite Sensoreinheit S2 wieder mit einer entsprechenden Verbindungsanfrage „CONNECT“ beim Nachrichtenvermittlungsdienst 1 an, der diese Anfrage quittiert (CONNACK). Anschließend sendet die zweite Sensoreinheit S2 eine zweite Messnachricht 8, die die Messdaten D2 der zweiten Sensoreinheit S2 enthält, zur Veröffentlichung in dem ersten Nachrichtenkanal „Messung/ Vibration“ (PUBLISH), der in der zweiten Messnachricht 8 identifiziert ist, an den Nachrichtenvermittlungsdienst 1.

Anschließend meldet sich die zweite Sensoreinheit S2 wieder vom Nachrichtenvermittlungsdienst 1 ab (DISCONNECT). Sofern die Messdaten D2 zu groß für eine einzige Messnachricht 8 sind, kann auch die zweite Sensoreinheit S2 die Messdaten aufteilen und in mehreren Messnachrichten 8 an den Nachrichtenvermittlungsdienst 1 übertragen.

Der Nachrichtenvermittlungsdienst 1 leitet die in der zweiten Messnachricht veröffentlichten Messdaten D2 der zweiten Sensoreinheit S2 an den Operator 3 weiter, indem er ihm eine zweite Veröffentlichungsnachricht 10 zusendet, die die Messdaten D2 enthält. Der Operator 3 entnimmt die Messdaten D2 der zweiten

Veröffentlichungsnachricht 10 und speichert sie ab. Er kann anschließend aufgrund der gemeinsamen Zeitbasis der Messdaten D1, D2 eine kombinierte Analyse durchführen. LU503288

In einer anderen Ausführungsvariante kann vorgesehen sein, dass die kombinierte Analyse in einer Auswertezentrale erfolgt. Der Operator 3 kann die Messdaten an diese weiterleiten. Alternativ kann auch die Auswertezentrale ein Client des Nachrichtenvermittlungsdienstes 1 sein, sich bei diesem entsprechend anmelden, den ersten Nachrichtenkanal abonnieren und somit die Messdaten D1, D2 zugestellt bekommen, nachdem sie von der entsprechenden Sensoreinheit S1, S2 in den ersten Nachrichtenkanal veröffentlicht worden sind.

Es sei darauf hingewiesen, dass die vorstehende Beschreibung lediglich beispielhaft zum Zwecke der Veranschaulichung gegeben ist und den Schutzbereich der Erfindung keineswegs einschränkt. Merkmale der Erfindung, die als „kann“, „beispielhaft“, „bevorzugt“, „optional“, „ideal“, „vorteilhaft“, „gegebenenfalls“, „geeignet“ oder dergleichen angegeben sind, sind als rein fakultativ zu betrachten und schränken ebenfalls den Schutzbereich nicht ein, welcher ausschließlich durch die Ansprüche festgelegt ist. Soweit in der vorstehenden Beschreibung Elemente, Komponenten, Verfahrensschritte, Werte oder Informationen genannt sind, die bekannte, naheliegende oder vorhersehbare Äquivalente besitzen, werden diese Äquivalente von der Erfindung mit umfasst. Ebenso schließt die Erfindung jegliche Änderungen, Abwandlungen oder Modifikationen von Ausführungsbeispielen ein, die den Austausch, die Hinzunahme, die Änderung oder das Weglassen von Elementen, Komponenten, Verfahrensschritten, Werten oder Informationen zum Gegenstand haben, solange der erfindungsgemäße Grundgedanke erhalten bleibt, ungeachtet dessen, ob die Änderung, Abwandlung oder Modifikationen zu einer Verbesserung oder Verschlechterung einer Ausführungsform führt.

Obgleich die vorstehende Erfindungsbeschreibung eine Vielzahl körperlicher, unkörperlicher oder verfahrensgegenständlicher Merkmale in Bezug zu einem oder mehreren konkreten Ausführungsbeispiel(en) nennt, so können diese Merkmale auch isoliert von dem konkreten Ausführungsbeispiel verwendet werden, jedenfalls soweit sie nicht das zwingende Vorhandensein weiterer Merkmale erfordern. Umgekehrt

können diese in Bezug zu einem oder mehreren konkreten Ausführungsbeispiel(en) LU503288
genannten Merkmale beliebig miteinander sowie mit weiteren offenbarten oder nicht
offenbarten Merkmalen von gezeigten oder nicht gezeigten Ausführungsbeispielen
kombiniert werden, jedenfalls soweit sich die Merkmale nicht gegenseitig
ausschließen oder zu technischen Unvereinbarkeiten führen.

Ansprüche

1. Verfahren zur Synchronisation von Sensoreinheiten (S1, S2) für die zeitgleiche Durchführung einer Messung zu einem definierten Messzeitpunkt (t_x) an verschiedenen Orten durch wenigstens eine erste und eine zweite Sensoreinheit, die jeweils eine eigene Echtzeituhr und ein Funkmodul mit einer individuellen Kennung zur Kommunikation über ein Funknetzwerk, insbesondere ein zellulares Mobilfunknetz und das Internet mit einem entfernten Nachrichtenvermittlungsdienst (1) aufweisen, umfassend die Schritte
 - Übertragen eines Messauftrags (2) über die Durchführung der Messung zu dem definierten Messzeitpunkt (t_x) an den Nachrichtenvermittlungsdienst (1) durch einen Operator (3).
 - Übertragen einer den Messzeitpunkt (t_x) umfassenden ersten Nachricht (4) vom Nachrichtenvermittlungsdienst (1) an die erste Sensoreinheit (S1) und einer den Messzeitpunkt (t_x) umfassenden zweiten Nachricht (5) vom Nachrichtenvermittlungsdienst (1) an die zweite Sensoreinheit (S2),
 - Ausführen des Messauftrags (2) durch die erste und die zweite Sensoreinheit (S1, S2) zum definierten Messzeitpunkt (t_x), indem die erste und die zweite Sensoreinheit jeweils Messdaten (D1, D2) aufzeichnen und
 - Übertragen der jeweiligen Messdaten (D1, D2) in der aufgezeichneten oder in einer aufbereiteten Form von der ersten und zweiten Sensoreinheit (S1, S2) über den Nachrichtenvermittlungsdienst (1) zum Operator (3) und/ oder zu einer Auswertezentrale.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** der definierte Messzeitpunkt (t_x) vom Nachrichtenvermittlungsdienst (1) in einem bestimmten, im Messauftrag (2) identifizierten Nachrichtenkanal (6) veröffentlicht wird.

3. Verfahren nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** sich der Operator (3) zunächst bei dem Nachrichtenvermittlungsdienst (1) anmeldet, um den Messzeitpunkt (t_x) zu hinterlegen.
4. Verfahren nach Anspruch 1, 2 oder 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** sich die erste und zweite Sensoreinheit (S1, S2) jeweils und unabhängig voneinander regelmäßig nach Ablauf eines Meldeintervalls bei dem Nachrichtenvermittlungsdienst (1) anmelden.
5. Verfahren zumindest nach den Ansprüchen 2 und 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** die erste und zweite Sensoreinheit (S1, S2) jeweils nach der Anmeldung bei dem Nachrichtenvermittlungsdienst (1) den Nachrichtenkanal (6) abonniert.
6. Verfahren nach Anspruch 4 oder 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Operator (3) den Messauftrag (2) zu einem Zeitpunkt überträgt, der mehr als die Länge des Meldeintervalls früher als der definierte Messzeitpunkt (t_x) ist.
7. Verfahren nach Anspruch 4 oder 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Messzeitpunkt (t_x) nur für eine bestimmte zeitliche Dauer am Nachrichtenvermittlungsdienst (1) vorgehalten wird, die länger als das Meldeintervall der Sensoreinheiten (S1, S2) ist, und nach Ablauf der Dauer gelöscht wird.
8. Verfahren zumindest nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Übertragung der ersten Nachricht (4) nur oder erst dann erfolgt, wenn sich die erste Sensoreinheit (S1) am Nachrichtenvermittlungsdienst (1) angemeldet und den Nachrichtenkanal (6) abonniert hat, und/ oder dass die Übertragung der zweiten Nachricht (5) nur oder erst dann erfolgt, wenn sich die zweite Sensoreinheit (S2) am Nachrichtenvermittlungsdienst (1) angemeldet und den Nachrichtenkanal (6) abonniert hat.
9. Verfahren zumindest nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** sich die erste und zweite Sensoreinheit (S1, S2) jeweils und unabhängig

voneinander nach Ablauf eines Anmeldezeitraums bei dem Nachrichtenvermittlungsdienst (1) abmelden.

LU503288

10. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** nach Ausführung des Messauftrags (2) die erste Sensoreinheit (S1) wenigstens eine erste Messdaten (D1) umfassende erste Messnachricht (7) zum Nachrichtenvermittlungsdienst (1) überträgt, und die zweite Sensoreinheit (S2) wenigstens eine zweite Messdaten (D2) umfassende zweite Messnachricht (8) zum Nachrichtenvermittlungsdienst (1) überträgt.
11. Verfahren nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** die jeweilige Übertragung der ersten und zweiten Messnachricht (7, 8) erst dann erfolgt, wenn sich die erste und zweite Sensoreinheit (S1, S2) jeweils und unabhängig voneinander wieder beim Nachrichtenvermittlungsdienst (1) angemeldet hat.
12. Verfahren nach Anspruch 10 oder 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** die ersten Messdaten (D1) vom Nachrichtenvermittlungsdienst (1) in einem bestimmten, in der ersten Messnachricht (7) identifizierten Nachrichtenkanal (6) veröffentlicht werden, und/ oder die zweiten Messdaten (D2) vom Nachrichtenvermittlungsdienst (1) in einem bestimmten, in der zweiten Messnachricht (8) identifizierten Nachrichtenkanal (6) veröffentlicht werden.
13. Verfahren nach einem der Ansprüche 10 bis 12, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Nachrichtenvermittlungsdienst (1) jeweils wenigstens eine erste, die ersten Messdaten (D1) umfassende Veröffentlichungsnachricht (9), und wenigstens eine zweite, die zweiten Messdaten (D2) umfassende Veröffentlichungsnachricht (10) an die Auswertezentrale und/ oder den Operator (3) überträgt, insbesondere wenn oder sobald diese/ dieser sich am Nachrichtenvermittlungsdienst (1) angemeldet und den in der jeweiligen Messnachricht (7) identifizierten Nachrichtenkanal (6) abonniert hat.
14. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die ersten und zweiten Messdaten (D1, D2) gemeinsam in der Auswertezentrale und/ oder beim Operator (3) ausgewertet werden.

15. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Sensoreinheiten (S1, S2) ihre jeweilige Echtzeituhr mit einem Zeitsignal synchronisieren, das ihnen ein Zeitzeichensender als Rundfunksignal, das Mobilfunknetz, der Nachrichtenvermittlungsdienst (1), ein NTP-Server, und/ oder ein globales Navigationssatellitensystem (GPS) bereitstellt.

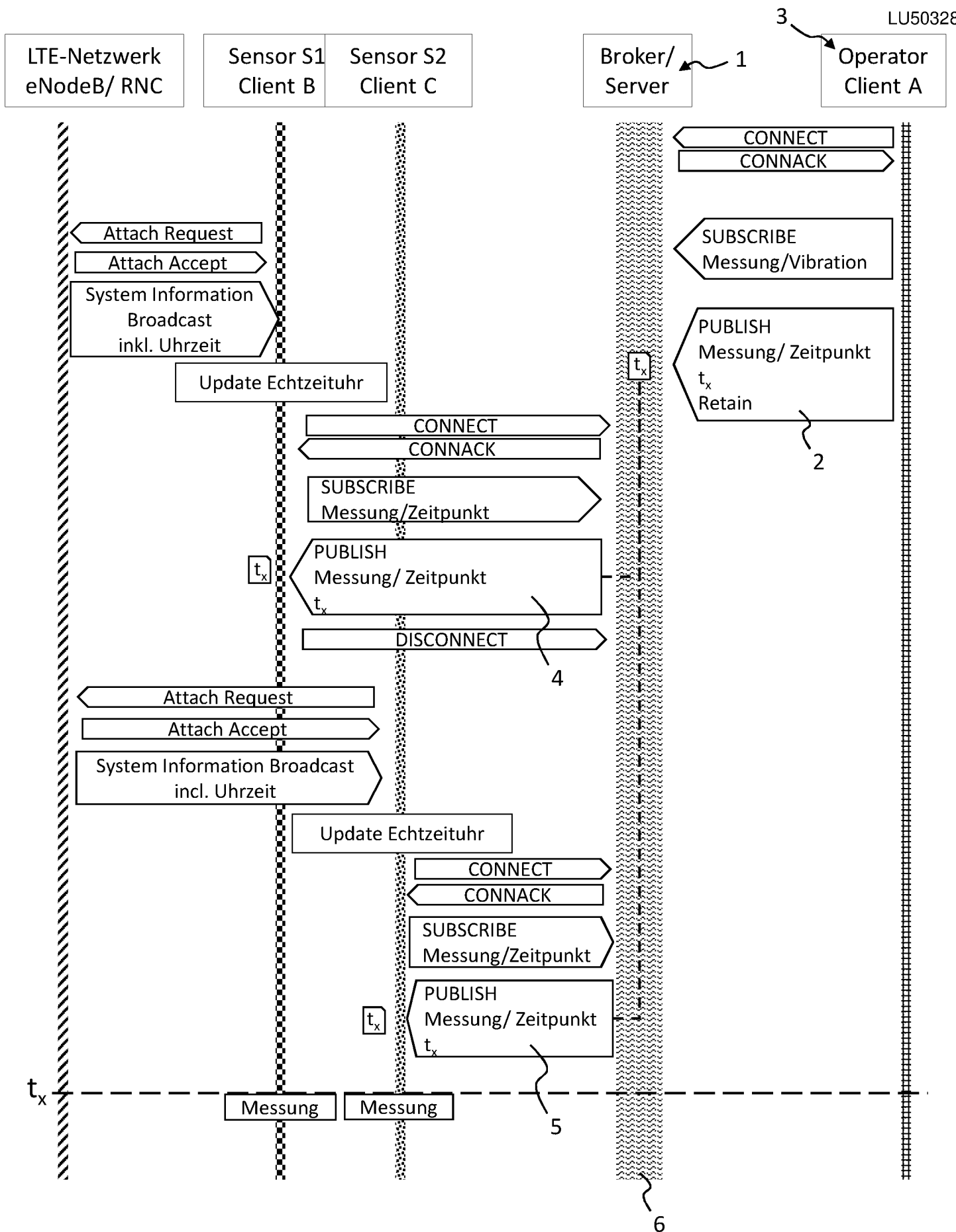


Fig. 1a

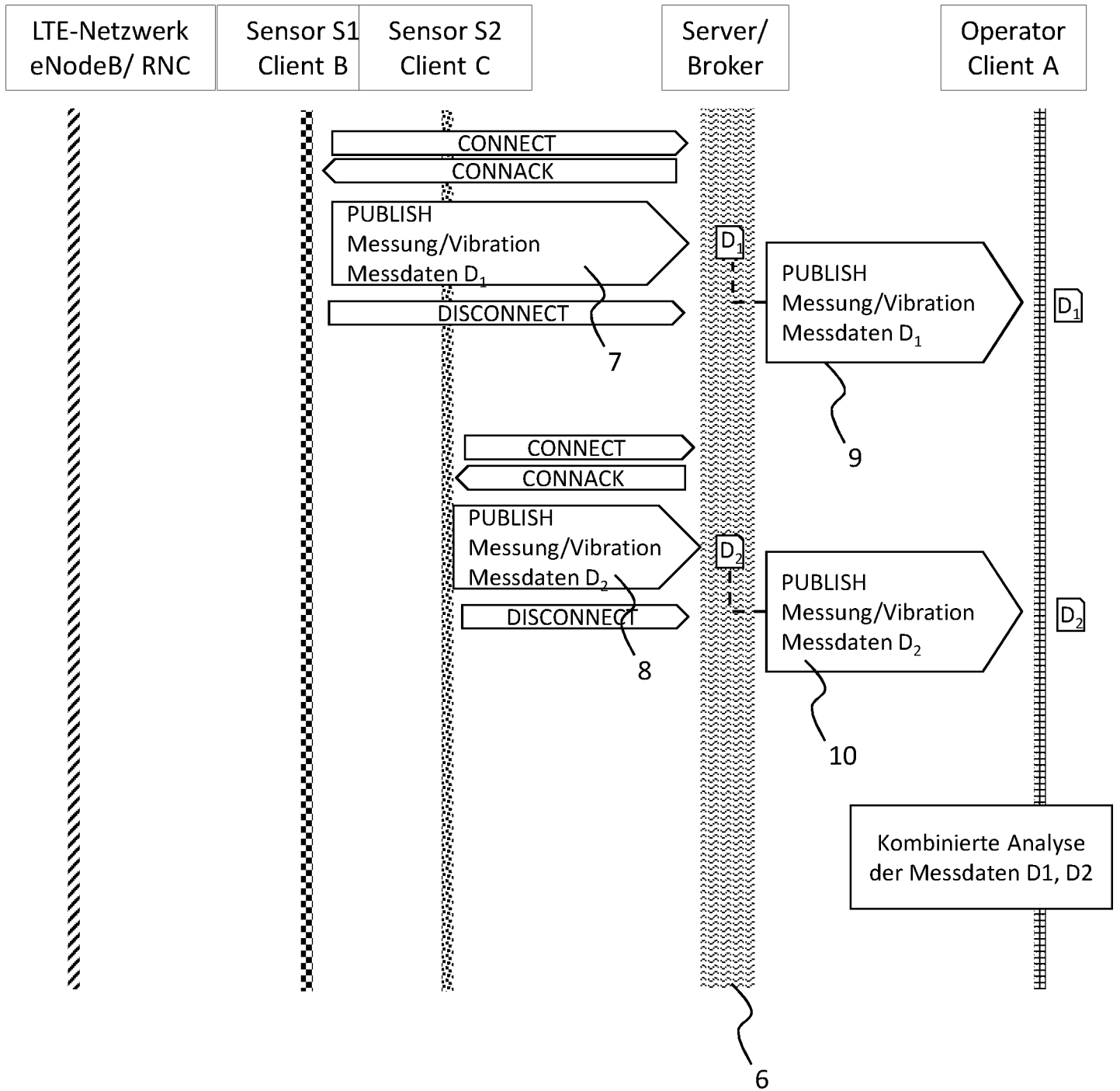


Fig. 1b