(19) SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT
EIDGENÖSSISCHES INSTITUT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

(11) CH 711 410 B1

(51) Int. Cl.: F17D 5/06 (2006.01)
G01M 3/24 (2006.01)
F17D 1/04 (2006.01)

Erfindungspatent für die Schweiz und Liechtenstein
Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

(12) PATENTSCHRIFT

(21) Anmeldenummer: 01643/16

(22) Anmeldedatum: 16.06.2014

(43) Anmeldung veröffentlicht: 23.12.2015

(24) Patent erteilt: 31.08.2018

(45) Patentschrift veröffentlicht: 31.08.2018

(73) Inhaber:
VONROLL INFRATEC (INVESTMENT) AG,
Bahnhofstrasse 23
6300 Zug (CH)

(72) Erfinder:
Felix Hirt, 6015 Luzern (CH)

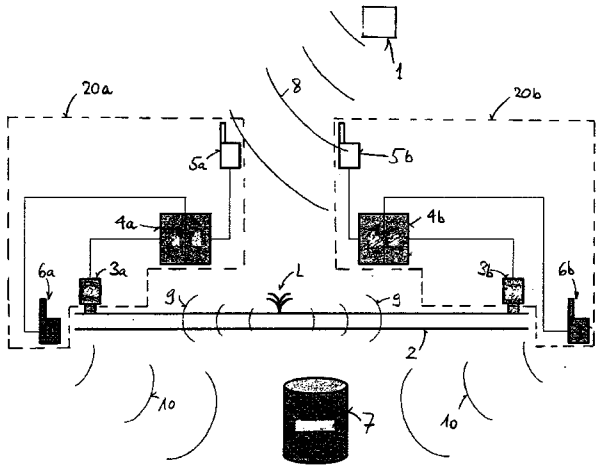
(74) Vertreter:
OK pat AG Patente Marken Lizenzen, Industriestrasse 47
6300 Zug (CH)

(86) Internationale Anmeldung:
PCT/EP 2014/062539

(87) Internationale Veröffentlichung:
WO 2015/192869

(54) Verfahren und Messvorrichtung zur Ortung eines Lecks in einem Leitungsnetz für gasförmige oder flüssige Medien.

(57) Verfahren und Vorrichtung zur Ortung eines Lecks (L) in einem Leitungsnetz (2) für gasförmige oder flüssige Medien, wobei entlang des Leitungsnetzes (2) Erfassungseinheiten (20a, 20b) vorgesehen sind, die eine Sensoreinheit (3a, 3b), eine Aufzeichnungseinheit (4a, 4b) und eine Empfangseinheit (5a, 5b) umfassen, wobei das Verfahren darin besteht, dass mit den Sensoreinheiten (3a, 3b) ein Primärsignal (9) erfasst wird, in dem zumindest im Leitungsnetz (2) vorhandene Schwingungen abgebildet sind, dass das Primärsignal (9) mit den jeweiligen Aufzeichnungseinheiten (4a, 4b) zumindest abschnittweise aufgezeichnet wird, dass mit der Empfangseinheit (5a, 5b) ein mit einer elektromagnetischen Signalquelle (1) ausgesendetes Sekundärsignal (8) empfangen wird, dass das Sekundärsignal (8) mit der jeweiligen Aufzeichnungseinheit (4a, 4b) zumindest abschnittweise aufgezeichnet wird und dass die durch verschiedene Erfassungseinheiten (20a, 20b) erfassten Primärsignale (9) mit Hilfe des Sekundärsignals (8) synchronisiert werden, wobei das Sekundärsignal (8) einen mit der Zeit ändernden charakteristischen Verlauf und zumindest eine Signalkomponente in einem Frequenzbereich von 20 kHz bis 3 GHz aufweist.



Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zur Ortung eines Lecks in einem Leitungsnetz für gasförmige oder flüssige Medien, wobei entlang des Leitungsnetzes Erfassungseinheiten vorgesehen sind, die eine Sensoreinheit, eine Aufzeichnungseinheit und eine Empfangseinheit umfassen, sowie eine Messvorrichtung nach dem Oberbegriff von Anspruch 8.

[0002] Messvorrichtungen zur Ortung von Lecks in Trinkwasserversorgungssystemen bestehen aus entlang des Versorgungssystems angeordneten so genannten Loggern. Diese weisen einen Schallsensor zur Erfassung von über das Leitungssystem übertragene und durch Lecks entstehende Geräusche auf. Ausgangssignale der Schallsensoren sind charakteristische elektrische Signale, die an Verarbeitungseinheiten übertragen und dort derart verarbeitet werden, dass eine möglichst genaue Aussage über den Ort des Lecks gemacht werden kann. Bei der Verarbeitung der charakteristischen Signale wird einerseits die Ausbreitungsgeschwindigkeit der charakteristischen Signale entlang des Versorgungssystems und anderseits der Zeitpunkt des Eintreffens dieser Signale beim Logger ausgewertet. Dabei ist insbesondere die Bestimmung des genauen Zeitpunkts des Eintreffens des charakteristischen Signals von entscheidender Bedeutung, da die Ausbreitungsgeschwindigkeit aufgrund von Kenntnissen über das verwendete Material für das Versorgungssystem in der Regel bekannt ist und darüber hinaus nur unwesentlichen Schwankungen unterliegt. Zur Bestimmung der Zeitpunkte des Eintreffens vom charakteristischen Signal bei den Loggern wird eine Zeitbasis benötigt, die am Ort der Logger bekannt ist oder zumindest rückwirkend für den jeweiligen Ort ermittelt werden kann. Es wurde daher bereits vorgeschlagen, ein Zeitsignal, beispielsweise der Zeitzeichensender DCF77 zur Steuerung von Funkuhren, einzusetzen, um eine solche Zeitbasis bei den Loggern erhalten zu können. Stellvertretend wird auf die bekannte Lehre nach DE 10 2011 018 713 A1 verwiesen.

[0003] Bei den bekannten Zeitsignalen ist die Genauigkeit jedoch mit einem Fehler von typischerweise +/–10 ms beaufschlagt, was sich in einer entsprechenden Ungenauigkeit bei der Ortung des Lecks niederschlägt. Geht man beispielsweise von einer Ausbreitungsgeschwindigkeit von 1200 m/s bei einem Schallsignal entlang einem aus Stahl gefertigten Versorgungsnetz aus, so kann der Ort des Lecks lediglich auf +/–12 m bestimmt werden. Gerade bei unter dem Boden verlegten Trinkwasserversorgungsleitungen, die zur Freilegung aufwendige Grabarbeiten erfordern, ist eine genauere Ortung wünschenswert.

[0004] Der vorliegenden Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zur Ortung eines Lecks anzugeben, das wesentlich genauer ist, damit insbesondere aufwendige Grabarbeiten zur Freilegung der Leckagestelle reduziert werden können.

[0005] Diese Aufgabe wird durch die in Anspruch 1 angegebenen Verfahrensschritte gelöst. Vorteilhafte Ausführungsvarianten der vorliegenden Erfindung sowie eine Messvorrichtung sind in jeweils abhängigen Ansprüchen angegeben.

[0006] Die vorliegende Erfindung bezieht sich zunächst auf ein Verfahren zur Ortung eines Lecks in einem Leitungsnetz für gasförmige oder flüssige Medien, wobei entlang des Leitungsnetzes Erfassungseinheiten vorgesehen sind, die eine Sensoreinheit, eine Aufzeichnungseinheit und eine Empfangseinheit umfassen. Das erfindungsgemässe Verfahren besteht darin,

- dass mit den Sensoreinheiten Primärsignale erfasst werden, in denen zumindest im Leitungsnetz vorhandene Schwingungen abgebildet sind,
- dass die Primärsignale mit den jeweiligen Aufzeichnungseinheiten zumindest abschnittweise aufgezeichnet werden,
- dass die Empfangseinheiten zum Empfangen eines mit einer elektromagnetischen Signalquelle ausgesendeten Sekundärsignals verwendet werden, wobei das Sekundärsignal einen mit der Zeit ändernden charakteristischen Verlauf und zumindest eine Signalkomponente in einem Frequenzbereich von 20 kHz bis 3 GHz aufweist,
- dass jeweilige Aufzeichnungseinheiten zum mindestens abschnittweisen Aufzeichnen des Sekundärsignals verwendet werden,
- dass die durch verschiedene Erfassungseinheiten erfassten Primärsignale mit Hilfe des aufgezeichneten Sekundärsignals synchronisiert werden und
- dass durch Vergleichen der synchronisierten Primärsignale die Ortung eines Lecks vorgenommen wird.

[0007] Das erfindungsgemässe Verfahren ist damit wesentlich einfacher und damit gegenüber bekannten System kostengünstiger. Zudem ermöglicht der ausgewählte Frequenzbereich, insbesondere im Frequenzbereich 20 kHz bis 300 MHz, eine gute Erddurchdringung, so dass die Signalkomponenten insbesondere auch bei erdverlegten Erfassungseinheiten gut aufgezeichnet werden können.

[0008] Weitere Ausführungsvarianten des erfindungsgemässen Verfahrens bestehen darin, dass das Sekundärsignal mindestens eine der folgenden Eigenschaften aufweist:

- zumindest eine Signalkomponente liegt im Frequenzbereich von 30 bis 300 kHz;
- zumindest eine Signalkomponente liegt im Frequenzbereich von 0.3 bis 3 MHz;
- zumindest eine Signalkomponente liegt im Frequenzbereich von 3 bis 30 MHz;
- zumindest eine Signalkomponente liegt im Frequenzbereich von 30 bis 300 MHz;
- zumindest eine Signalkomponente liegt im Frequenzbereich von 300 MHz bis 3 GHz;
- zumindest eine Signalkomponente ist ein Signal einer einzelnen Rundfunkstation in einem der vorstehend angegebenen Frequenzbereiche;

– zumindest eine Signalkomponente sind überlagerte Signale von mehreren Rundfunkstationen in einem oder in mehreren der vorstehend angegebenen Frequenzbereiche.

[0009] Eine überaus effiziente und kostengünstige Ortung wird durch die Verwendung eines Radiosignals einer Rundfunkstation bzw. eine Überlagerung von verschiedenen Radiosignalen von mehreren Rundfunkstationen ermöglicht. Hierbei wird das Sekundärsignal quasi gratis geliefert. Eine speziell gestaltete Signalquelle ist nicht erforderlich. Zudem kann die Empfangseinheit in der Form eines einfachen Radiogerätes sein, die überaus kostengünstig erhältlich sind.

[0010] Weitere Ausführungsvarianten des erfindungsgemässen Verfahrens bestehen darin, dass die Synchronisation der durch verschiedene Erfassungseinheiten erfassten Primärsignale durch Korrelation der durch die entsprechenden Erfassungseinheiten erfassten Sekundärsignale vorgenommen wird.

[0011] Weitere Ausführungsvarianten des erfindungsgemässen Verfahrens bestehen darin, dass das Primärsignal und das Sekundärsignal je in einem Kanal aufgezeichnet werden, wobei die Aufzeichnung vorzugsweise gleichzeitig erfolgt.

[0012] Weitere Ausführungsvarianten des erfindungsgemässen Verfahrens bestehen darin, dass das Primärsignal und das Sekundärsignal und/oder ein verarbeitetes Sekundärsignal an einen Server übertragen werden.

[0013] Noch weitere Ausführungsvarianten des erfindungsgemässen Verfahrens bestehen darin, dass zusätzlich ein Zeitsignal von der Aufzeichnungseinheit aufgezeichnet wird.

[0014] Das Zeitsignal dient zur Orientierung und groben zeitlichen Zuordnung und unterliegt daher keinen hohen Genauigkeitsanforderungen. Die genaue zeitliche Abstimmung der an verschiedenen Orten aufgezeichneten Primärsignale wird über die Synchronisation mit Hilfe des Sekundärsignals vorgenommen.

[0015] Weitere Ausführungsvarianten des erfindungsgemässen Verfahrens bestehen darin, dass das Primärsignal und das Sekundärsignal gleichzeitig aufgezeichnet werden.

[0016] Ferner bezieht sich die vorliegende Erfindung auf eine Messvorrichtung zur Ortung von Lecks in einem Leitungsnetz für gasförmige oder flüssige Medien, wobei entlang des Leitungsnetzes Erfassungseinheiten angeordnet sind, die eine Sensoreinheit zur Erfassung von Primärsignalen, eine Aufzeichnungseinheit zur Aufzeichnung der Primärsignale und eine Empfängereinheit zum Empfangen eines Sekundärsignals umfassen. Die erfindungsgemässe Messvorrichtung zeichnet sich dadurch aus, dass die Empfängereinheiten zum Empfangen des Sekundärsignals ausgebildet sind, das einen mit der Zeit ändernden charakteristischen Verlauf und zumindest eine Signalkomponente in einem Frequenzbereich von 20 kHz bis 3 GHz aufweist, dass jeweilige Aufzeichnungseinheiten zum mindestens abschnittweisen Aufzeichnen des Sekundärsignals ausgebildet sind, dass eine Synchronisationseinheit vorgesehen ist, mit der die durch verschiedene Erfassungseinheiten erfassten Primärsignale mit Hilfe des aufgezeichneten Sekundärsignals synchronisierbar sind und dass Mittel zum Vergleichen der synchronisierten Primärsignale zur Ortung eines Lecks vorhanden sind.

[0017] Weitere Ausführungsvarianten der erfindungsgemässen Messvorrichtung zeichnen sich dadurch aus, dass das Sekundärsignal mindestens eine der folgenden Eigenschaften aufweist:

– zumindest eine Signalkomponente liegt im Frequenzbereich von 30 bis 300 kHz;
– zumindest eine Signalkomponente liegt im Frequenzbereich von 0.3 bis 3 MHz;
– zumindest eine Signalkomponente liegt im Frequenzbereich von 3 bis 30 MHz;
– zumindest eine Signalkomponente liegt im Frequenzbereich von 30 bis 300 MHz;
– zumindest eine Signalkomponente liegt im Frequenzbereich von 300 MHz bis 3 GHz;
– zumindest eine Signalkomponente ist ein Signal einer einzelnen Rundfunkstation in einem der vorstehend angegebenen Frequenzbereiche;
– zumindest eine Signalkomponente sind überlagerte Signale von mehreren Rundfunkstationen in einem oder in mehreren der vorstehend angegebenen Frequenzbereiche.

[0018] Noch weitere Ausführungsvarianten der erfindungsgemässen Messvorrichtung zeichnen sich dadurch aus, dass die Synchronisationseinheit eine Korrelationseinheit ist, in der zeitliche Unterschiede zwischen einem durch verschiedene Erfassungseinheiten aufgezeichnete Primärsignale über eine Korrelationsberechnung der durch die entsprechenden Erfassungseinheiten erfassten Sekundärsignale bestimmbar sind.

[0019] Weitere Ausführungsvarianten der erfindungsgemässen Messvorrichtung zeichnen sich dadurch aus, dass das Primärsignal und das Sekundärsignal je in einem Kanal aufzeichenbar sind, wobei die Aufzeichnung vorzugsweise gleichzeitig erfolgt.

[0020] Weitere Ausführungsvarianten der erfindungsgemässen Messvorrichtung zeichnen sich dadurch aus, dass ein Server vorgesehen ist, in dem das Primärsignal und das Sekundärsignal speicherbar sind.

[0021] Weitere Ausführungsvarianten der erfindungsgemässen Messvorrichtung zeichnen sich dadurch aus, dass zusätzlich ein Zeitsignal von der Aufzeichnungseinheit aufzeichenbar ist.

[0022] Noch weitere Ausführungsvarianten der erfindungsgemässen Messvorrichtung zeichnen sich dadurch aus, dass das Primärsignal und das Sekundärsignal gleichzeitig aufzeichenbar sind.

[0023] Es wird ausdrücklich darauf hingewiesen, dass die vorstehend genannten Ausführungsvarianten des erfindungsgemässen Verfahrens bzw. der erfindungsgemässen Messvorrichtung in beliebiger Weise kombinierbar sind. Lediglich

diejenigen Kombinationen von Ausführungsvarianten sind nicht geeignet, die bei Kombination zu einem Widerspruch führen würden.

[0024] Im Folgenden wird die Erfindung anhand eines in einer einzigen Figur dargestellten Ausführungsbeispiels im Detail erläutert.

[0025] Die einzige Figur zeigt in schematischer Darstellung einen Leitungsabschnitt eines Leitungsnetzes mit Komponenten einer erfinderischen Messvorrichtung zur Ortung eines Lecks.

[0026] In der Figur ist ein Versorgungsnetz 2 dargestellt, das beispielsweise zur Trinkwasserversorgung eingesetzt wird. In der schematischen Darstellung gemäss der Figur ist von dem in der Praxis nahezu beliebig verzweigten Versorgungsnetz 2 lediglich ein Leitungsabschnitt dargestellt, in dem zunächst an unbekannter Stelle ein Leck L vorhanden ist, durch das eine im Versorgungsnetz 2 transportierte Flüssigkeit entweichen kann. Es ist selbstredend, dass solche Lecks L repariert werden müssen, damit möglichst keine Verluste im Versorgungsnetz 2 entstehen.

[0027] Obwohl das in der Figur dargestellte Ausführungsbeispiel ein Trinkwasserversorgungssystem betrifft, lässt sich die vorliegende Erfindung bei allen flüssigen und auch bei gasförmigen Medien verwenden. Entsprechend gelten die nachfolgenden Ausführungen sowohl für flüssige als auch gasförmige Medien.

[0028] Da insbesondere bei der Trinkwasserversorgung das Leitungsnetz im Erdreich verlegt ist und Reparaturen immer mit relativ grossen und kostspieligen Grabarbeiten verbunden sind, ist eine möglichst genaue Ortung von Lecks L von grosser Bedeutung, wie dies bereits in der Beschreibungseinleitung dargelegt worden ist.

[0029] Die erfindungsgemässe Messvorrichtung zur Ortung von Lecks L im Leitungsnetz 2 umfasst Erfassungseinheiten 20a, 20b entlang des Leitungsnetzes 2, wobei jede der Erfassungseinheiten 20a, 20b aus einer Sensoreinheit 3a bzw. 3b, einer Aufzeichnungseinheit 4a bzw. 4b und einer Empfangseinheit 5a bzw. 5b besteht. Bei einer weiteren Ausführungsvariante, die noch genauer erläutert wird, ist als zusätzliche Komponente der Erfassungseinheit 20a, 20b eine Übertragungseinheit 6a bzw. 6b vorgesehen.

[0030] Wie bereits erläutert wurde, sind die Erfassungseinheiten 20a, 20b entlang des Leitungsnetzes 2 angeordnet. Bei einem Trinkwasserversorgungsnetz werden die Erfassungseinheiten 20a, 20b vorzugsweise bei so genannten Schiebern angeordnet, über die sich der Fluss durch das Leitungsnetz 2 steuern lässt. Die Schieber sind für Bedienpersonal in der Regel über einen Schacht gut zugänglich, womit auch die Möglichkeit zur Montage einer Sensoreinheit 3a bzw. 3b in direktem Kontakt mit der Leitung des Leitungsnetzes 2 gegeben ist. Anstelle eines direkten Kontakts zwischen Sensoreinheit 3a, 3b und Leitung können auch alternative Bestandteile zur Montage einer Sensoreinheit 3a, 3b verwendet werden. Voraussetzung ist allerdings, dass die alternativen Bestandteile im «akustischen» Kontakt mit der Leitung stehen. Als alternativer Bestandteil zur Montage der Sensoreinheit 3a, 3b eignet sich beispielsweise eine Schieberstange, die zur Betätigung des Schiebers vorgesehen ist. Der direkte oder über alternative Bestandteile geführte indirekte Kontakt der Sensoreinheiten 3a, 3b mit dem Leitungsnetz 2 ist notwendig, um entlang des Leitungsnetzes 2 übertragene Schwingungen erfassen zu können. Solche Schwingungen oder Vibrationen entstehen durch einen unkontrollierten Wasseraustritt infolge eines Lecks L im Leitungsnetz 2. Die Schwingungen pflanzen sich entlang des Leitungsnetzes 2 mit einer vorgegebenen Geschwindigkeit fort, die in erster Linie von den Materialeigenschaften des für das Leitungsnetz 2 verwendeten Materials abhängig sind. Da das für das Leitungsnetz 2 verwendete Material bekannt ist, ist die wichtige Grösse der Ausbreitungsgeschwindigkeit von Schwingungen entlang des Leitungsnetzes 2 ebenfalls bekannt.

[0031] Die mit den Sensoreinheiten 3a, 3b erfassten Schwingungen werden im Folgenden Primärsignale 9 bezeichnet. Die Primärsignale 9 werden den Aufzeichnungseinheiten 4a, 4b zur Aufzeichnung zugeführt.

[0032] Zur Ortung des Lecks L sind ferner möglichst genaue Zeitangaben an den Orten der Erfassungseinheiten 20a, 20b von Bedeutung. Dabei ist nicht zwingend die Angabe der Uhrzeit erforderlich. Ein möglichst genauer zeitlicher Referenzpunkt ist ausreichend, der allen Erfassungseinheiten 20a, 20b zur Verfügung steht, da für eine Ortung des Lecks L die zeitliche Abweichung der Ankunft einer vom Leck L stammenden Schwingung massgebend ist. Erfindungsgemäss ist hierzu eine Signalquelle 1 vorgesehen, die elektromagnetische Wellen, nachstehend als Sekundärsignal 8 bezeichnet, aussendet. Das Sekundärsignal 8 wird durch die in der Erfassungseinheit 20a, 20b vorhandenen Empfangseinheit 5a, 5b empfangen und zur Aufzeichnung der Aufzeichnungseinheit 4a, 4b zugeführt.

[0033] Gemäss einer Ausführungsvariante der vorliegenden Erfindung ist es vorgesehen, sowohl ein mit der Sensoreinheit 3a bzw. 3b aufgezeichnetes Primärsignal 9 als auch das mit der Empfangseinheit 5a, 5b aufgezeichnete Sekundärsignal 8 in einer Speichereinheit (in der Figur nicht gezeigt) der Aufzeichnungseinheit 4a, 4b zu speichern, wobei zum Auslesen ein Stecker zum Anschliessen eines Lesegerätes vorzusehen ist, damit die gespeicherten Informationen zur Weiterverarbeitung ausgelesen werden können.

[0034] Alternativ, wie dies in der Figur angedeutet ist, besteht eine Ausführungsvariante der vorliegenden Erfindung darin, in der Erfassungseinheit 20a, 20b eine mit der Aufzeichnungseinheit 4a, 4b wirkverbundene Übertragungseinheit 6a, 6b vorzusehen, die eine Übertragung der Informationen an einen zentralen Server 7 ermöglicht. Damit ist es nicht erforderlich, den Ort der Erfassungseinheiten 20a, 20b zur Auslesung der darin gespeicherten Informationen durch Bedienpersonal zu besuchen, da die Informationen automatisch, in einem vorgegebenen Rhythmus oder nach Abfrage an den Server 7 übertragen werden können.

[0035] Damit eine zeitverschobene Übertragung der Informationen von einer Erfassungseinheit 20a, 20b an den Server 7 vorgenommen werden kann, sind die Aufzeichnungseinheiten 4a, 4b auch bei der Ausführungsvariante mit Übertragungseinheiten 6a, 6b jeweils mit einer Speichereinheit (in der Figur nicht gezeigt) auszustatten.

[0036] Wie bereits erwähnt wird mit der Signalquelle 1 das Sekundärsignal 8 erzeugt, mit Hilfe dessen die durch die verschiedenen Erfassungseinheiten 20a, 20b aufgezeichneten Primärsignale 9 zeitlich aufeinander abgestimmt (synchronisiert) werden. Dabei kommt es weniger darauf an, dass für die einzelnen Primärsignale 9 ein exakter absoluter Zeitpunkt, d.h. die genaue Uhrzeit an einem vorgegebenen Verlaufspunkt, erhalten wird, sondern vielmehr bzw. ausreichend ist, dass zeitliche Verschiebungen zwischen den Primärsignalen 9, d.h. also die relativen Unterschiede zwischen den an den verschiedenen Orten aufgezeichneten Primärsignalen 9, erhalten werden können.

[0037] Für die Signalquelle 1 bzw. für das von der Signalquelle 1 ausgesendete Sekundärsignal 8 ergeben sich die folgenden Eigenschaften:

- Das Sekundärsignal 8 muss einen mit der Zeit ändernden charakteristischen Verlauf aufweisen.
- Das Sekundärsignal 8 muss zumindest eine Signalkomponente in einem Frequenzbereich von 20 kHz bis 3 GHz aufweisen.

[0038] Die beiden Bedingungen müssen kumulativ erfüllt sein, mithin muss die zweite Bedingung mit der frequenzmässig eingeschränkten Signalkomponente den sich mit der Zeit ändernden charakteristischen Verlauf gelten.

[0039] Während die erste Bedingung eine eindeutige zeitliche Zuweisung ermöglicht, ermöglicht die zweite Bedingung den Empfang des Sekundärsignals 8 auch noch in einer gewissen Tiefe im Erdreich.

[0040] In weiteren Ausführungsvarianten der vorliegenden Erfindung weist das Sekundärsignal 8 mindestens eine der folgenden Eigenschaften auf:

- Zumindest eine Signalkomponente liegt im Frequenzbereich von 0.3 bis 3 MHz. Dies entspricht dem Frequenzbereich von Mittelwellen, wie sie im Mittelwellenrundfunk, teilweise dem Kurzwellenrundfunk, teilweise bei Grenzwellen, teilweise dem militärischen Flugfunk und bei Lawinenverschüttetensuchgeräten verwendet werden.
- Zumindest eine Signalkomponente liegt im Frequenzbereich von 3 bis 30 MHz. Dies entspricht dem Frequenzbereich von Kurzwellen, wie sie teilweise im Kurzwellenrundfunk, teilweise bei Grenzwellen, im Amateurfunkdienst und bei RFID-(Radio Frequency Idenfication)-Anwendungen verwendet werden.
- Zumindest eine Signalkomponente liegt im Frequenzbereich von 30 bis 300 MHz. Dies entspricht dem Frequenzbereich von Ultrakurzwellen, wie sie im UKW-Rundfunk, der Flugnavigation, dem Flugfunk, bei Fernsehsignalen und bei Radaranlagen verwendet werden.
- Zumindest eine Signalkomponente liegt im Frequenzbereich von 300 MHz bis 3 GHz. Dies entspricht dem Frequenzbereich von Mikrowellen, wie sie bei Fernsehsignalen, beim zellulären Mobilfunk, bei Mikrowellenherden, WLAN, RFID, RTLS, Short Range Devices, Bluetooth, GPS und Radar verwendet werden.
- Zumindest eine Signalkomponente ist ein Signal einer einzelnen Rundfunkstation in einem der vorstehend angegebenen Frequenzbereiche;
- zumindest eine Signalkomponente sind überlagerte Signale von mehreren Rundfunkstationen in einem oder in mehreren der vorstehend angegebenen Frequenzbereiche.

[0041] Die Messvorrichtung gemäss der vorliegenden Erfindung weist insbesondere dann einen äusserst einfachen Aufbau auf, wenn als Signalquelle 1 eine Rundfunksendestelle einer Radiostation oder allenfalls überlagerte Signale von verschiedenen Rundfunksendestellen verwendet werden. Solche Signalquellen 1 sind ohnehin verfügbar und können bei der erfindungsgemässen Messvorrichtung vorzüglich als Signalquellen 1 verwendet werden. Insbesondere ist auch die vorstehend genannte erste Bedingung erfüllt, die darin besteht, dass das Sekundärsignal 8 einen mit der Zeit ändernden charakteristischen Verlauf aufweisen muss.

[0042] Im Folgenden wird das erfindungsgemässe Verfahren erläutert, soweit es nicht bereits aus den vorstehenden Ausführungen zur Messvorrichtung hervorgeht:

[0043] Wie erwähnt werden mit den an verschiedenen Orten platzierten Erfassungseinheiten 20a, 20b ein von einem Leck L erzeugtes Primärsignal 9 mittels der Sensoreinheit 3a, 3b erfasst und in der Aufzeichnungseinheit 4a, 4b aufgezeichnet. Die Aufzeichnung kann dabei in vorgegebenen Zeitpunkten – beispielsweise während ohnehin ruhigen Phasen, wie in der Nacht – oder in regelmässigen zeitlichen Abständen gestartet werden. Grundsätzlich ist – auch wenn dies möglich ist – eine dauernde Aufzeichnung von Signalen nicht vorgesehen.

[0044] Das Sekundärsignal 8 kann gleichzeitig während der Aufzeichnungsphasen aufgezeichnet werden, während derer auch das Primärsignal 9 aufgezeichnet wird. Es wird bei dieser Ausführungsvariante eine Zweikanal-Aufzeichnung vorgenommen: Im einen Kanal wird das Primärsignal 9 und im anderen Kanal wird das Sekundärsignal 8 aufgezeichnet. Die Aufzeichnungen können dann in den erwähnten Speichereinheiten (in der Figur nicht gezeigt) der Aufzeichnungseinheiten 4a, 4b zwischengespeichert werden, bis sie mit Hilfe von Lesegeräten vor Ort ausgelesen werden.

[0045] Bei der auch schon bereits erläuterten Ausführungsvariante mit Übertragungseinheiten 6a, 6b in den Erfassungseinheiten 20a, 20b (wie in der Figur dargestellt) können die Aufzeichnungen an den Server 7 übertragen werden, auf den auch eine Synchronisationseinheit (in der Figur nicht dargestellt) zugreifen kann.

[0046] In der Synchronisationseinheit werden dann beispielsweise zwei von verschiedenen Erfassungseinheiten 20a und 20b aufgezeichnete Aufzeichnungen verglichen, indem zunächst ein zeitlicher Bezugspunkt durch Korrelation der beiden aufgezeichneten Sekundärsignale 8 festgelegt wird. Damit ist das zeitliche Raster der Aufzeichnungen festgelegt.

[0047] In einem weiteren Schritt werden nun – wiederum durch die Synchronisationseinheit – die beiden von verschiedenen Erfassungseinheiten 20a und 20b aufgezeichneten Primärsignale 9 korreliert, womit die zeitlichen Differenzen in Bezug auf den durch Korrelation der beiden Sekundärsignale 8 erhaltenen Bezugspunkt ermittelt werden kann. Die zeitlichen Unterschiede erlauben es nun, über die bekannten Signallaufzeiten entlang des Leitungsnetzes 2 eine genaue Position des Lecks L über die bekannte Weg-Zeit-Geschwindigkeits-Beziehung zu ermitteln.

[0048] Auch wenn im Zusammenhang mit den vorstehend erwähnten Verfahrensschritten von der Synchronisationseinheit die Rede war, ist es durchaus auch denkbar und mitunter üblich, diese Verfahrensschritte mit Hilfe eines Computerprogramms durchzuführen. In diesem Sinne ist dann die Synchronisationseinheit mittels entsprechender Software-Routinen in einer Rechnereinheit realisiert.

[0049] Bei einer weiteren Ausführungsvariante der vorliegenden Erfindung werden das Primärsignal 9 und das Sekundärsignal 8 nicht gleichzeitig sondern zeitverschoben bzw. alternativ aufgezeichnet. Aus diesem Grund wird diese Ausführungsvariante auch etwa als Einkanal-Aufzeichnung bezeichnet. So ist denkbar, dass eine in der Erfassungseinheit 20a, 20b enthaltene Echtzeituhr mit Hilfe des Sekundärsignals 8 periodisch eingestellt bzw. justiert wird, wobei dieser Vorgang beispielsweise kurz vor einer Aufzeichnung des Primärsignals 9 vorgenommen wird. Je nach Zeitstabilität der Echtzeituhr kann der Einstellvorgang mehr oder weniger oft vorgenommen werden. Damit wird bei dieser Ausführungsvariante beispielsweise das Signal der Echtzeituhr mit der Aufzeichnung des Primärsignals 9 an den Server 7 übermittelt oder es kann das Primärsignal mit einem Stempel der Echtzeituhr versehen werden. Die weitere Verarbeitung durch die Synchronisationseinheit ist entsprechend vereinfacht, führt aber ebenso zu exakten Ergebnissen für die Ortung eines Lecks L.

[0050] Eine spezifische Einkanal-Aufzeichnungsvariante besteht darin, dass das Sekundärsignal für einige Sekunden vor und nach der Primärsignalaufzeichnung aufgezeichnet wird. Damit führt die effiziente Einkanal-Aufzeichnung zu überaus zufriedenstellenden Ortungen von Lecks.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Ortung eines Lecks (L) in einem Leitungsnetz (2) für gasförmige oder flüssige Medien, wobei entlang des Leitungsnetzes (2) Erfassungseinheiten (20a, 20b) vorgesehen sind, die eine Sensoreinheit (3a, 3b), eine Aufzeichnungseinheit (4a, 4b) und eine Empfangseinheit (5a, 5b) umfassen, wobei das Verfahren darin besteht,
   – dass mit den Sensoreinheiten (3a, 3b) Primärsignale (9) erfasst werden, in denen zumindest im Leitungsnetz (2) vorhandene Schwingungen abgebildet sind,
   – dass die Primärsignale (9) mit den jeweiligen Aufzeichnungseinheiten (4a, 4b) zumindest abschnittweise aufgezeichnet werden,
   – dass die Empfangseinheiten (5a, 5b) zum Empfangen eines mit einer elektromagnetischen Signalquelle (1) ausgesendeten Sekundärsignals (8) verwendet werden, wobei das Sekundärsignal (8) einen mit der Zeit ändernden charakteristischen Verlauf und zumindest eine Signalkomponente in einem Frequenzbereich von 20 kHz bis 3 GHz aufweist,
   – dass jeweilige Aufzeichnungseinheiten (4a, 4b) zum mindestens abschnittweisen Aufzeichnen des Sekundärsignals (8) verwendet werden,
   – dass die durch verschiedene Erfassungseinheiten (20a, 20b) erfassten Primärsignale (9) mit Hilfe des aufgezeichneten Sekundärsignals (8) synchronisiert werden und
   – dass durch Vergleichen der synchronisierten Primärsignale (9) die Ortung eines Lecks (L) vorgenommen wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das Sekundärsignal (8) mindestens eine der folgenden Eigenschaften aufweist:
   – zumindest eine Signalkomponente liegt im Frequenzbereich von 30 bis 300 kHz;
   – zumindest eine Signalkomponente liegt im Frequenzbereich von 0.3 bis 3 MHz;
   – zumindest eine Signalkomponente liegt im Frequenzbereich von 3 bis 30 MHz;
   – zumindest eine Signalkomponente liegt im Frequenzbereich von 30 bis 300 MHz;
   – zumindest eine Signalkomponente liegt im Frequenzbereich von 300 MHz bis 3 GHz;
   – zumindest eine Signalkomponente ist ein Signal einer einzelnen Rundfunkstation in einem der vorstehend angegebenen Frequenzbereiche;
   – zumindest eine Signalkomponente sind überlagerte Signale von mehreren Rundfunkstationen in einem oder in mehreren der vorstehend angegebenen Frequenzbereiche.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Synchronisation der durch verschiedene Erfassungseinheiten (20a, 20b) erfassten Primärsignale (9) durch Korrelation der durch die entsprechenden Erfassungseinheiten (20a, 20b) erfassten Sekundärsignale (8) vorgenommen wird.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass das Primärsignal (9) und das Sekundärsignal (8) je in einem Kanal aufgezeichnet werden, wobei die Aufzeichnung vorzugsweise gleichzeitig erfolgt.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass das Primärsignal (9) und das Sekundärsignal (8) und/oder ein verarbeitetes Sekundärsignal (8) an einen Server (7) übertragen werden.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass zusätzlich ein Zeitsignal von der Aufzeichnungseinheit (4a, 4b) aufgezeichnet wird.

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass das Primärsignal (9) und das Sekundärsignal (8) gleichzeitig aufgezeichnet werden.

8. Messvorrichtung zur Ortung von Lecks (L) in einem Leitungsnetz (2) für gasförmige oder flüssige Medien, wobei entlang des Leitungsnetzes (2) Erfassungseinheiten (20a, 20b) angeordnet sind, die eine Sensoreinheit (3a, 3b) zur Erfassung von Primärsignalen (9), eine Aufzeichnungseinheit (4a, 4b) zur Aufzeichnung der Primärsignale (9) und eine Empfängereinheit (5a, 5b) zum Empfangen eines Sekundärsignals (8) umfassen, dadurch gekennzeichnet, dass die Empfängereinheiten (5a, 5b) zum Empfangen des Sekundärsignals (8) ausgebildet ist, das einen mit der Zeit ändernden charakteristischen Verlauf und zumindest eine Signalkomponente in einem Frequenzbereich von 20 kHz bis 3 GHz aufweist, dass jeweilige Aufzeichnungseinheiten (4a, 4b) zum mindestens abschnittweisen Aufzeichnen des Sekundärsignals (8) ausgebildet sind, dass eine Synchronisationseinheit vorgesehen ist, mit der das durch verschiedene Erfassungseinheiten (20a, 20b) erfasste Primärsignal (9) mit Hilfe des aufgezeichneten Sekundärsignals (8) synchronisierbar sind und dass Mittel zum Vergleichen der synchronisierten Primärsignale (9) zur Ortung eines Lecks vorhanden sind.

9. Messvorrichtung nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass die Empfängereinheiten (5a, 5b) für Sekundärsignale (8) ausgebildet sind, welche mindestens eine der folgenden Eigenschaften aufweisen:
– zumindest eine Signalkomponente liegt im Frequenzbereich von 30 bis 300 kHz;
– zumindest eine Signalkomponente liegt im Frequenzbereich von 0.3 bis 3 MHz;
– zumindest eine Signalkomponente liegt im Frequenzbereich von 3 bis 30 MHz;
– zumindest eine Signalkomponente liegt im Frequenzbereich von 30 bis 300 MHz;
– zumindest eine Signalkomponente liegt im Frequenzbereich von 300 MHz bis 3 GHz;
– zumindest eine Signalkomponente ist ein Signal einer einzelnen Rundfunkstation in einem der vorstehend angegebenen Frequenzbereiche;
– zumindest eine Signalkomponente sind überlagerte Signale von mehreren Rundfunkstationen in einem oder in mehreren der vorstehend angegebenen Frequenzbereiche.

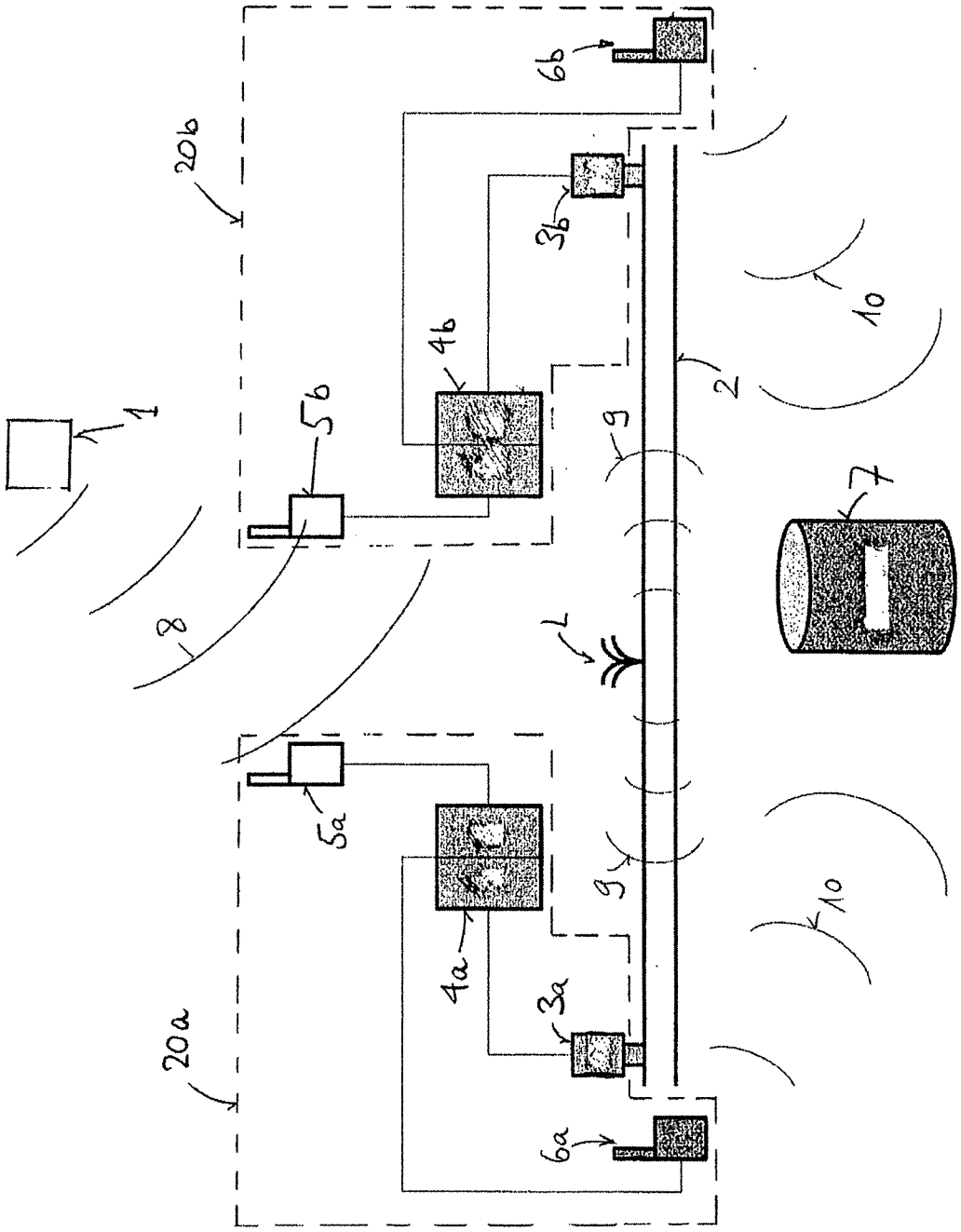
10. Messvorrichtung nach Anspruch 8 oder 9, dadurch gekennzeichnet, dass die Synchronisationseinheit eine Korrelationseinheit ist, in der zeitliche Unterschiede zwischen einem durch verschiedene Erfassungseinheiten (20a, 20b) aufgezeichnete Primärsignale (9) über eine Korrelationsberechnung der durch die entsprechenden Erfassungseinheiten (20a, 20b) erfassten Sekundärsignale (8) bestimmbar sind.

11. Messvorrichtung nach einem der Ansprüche 8 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass das Primärsignal (9) und das Sekundärsignal (8) je in einem Kanal aufzeichenbar sind, wobei die Aufzeichnungseinheiten (4a, 4b) für eine gleichzeitige Aufzeichnung ausgebildet sind.

12. Messvorrichtung nach einem der Ansprüche 8 bis 11, dadurch gekennzeichnet, dass ein Server (7) vorgesehen ist, in dem das Primärsignal (9) und das Sekundärsignal (8) speicherbar sind.

13. Messvorrichtung nach einem der Ansprüche 8 bis 12, dadurch gekennzeichnet, dass die Aufzeichnungseinheiten (4a, 4b) ausgebildet sind, zusätzlich ein Zeitsignal aufzuzeichnen.

14. Messvorrichtung nach einem der Ansprüche 8 bis 13, dadurch gekennzeichnet, dass die Aufzeichnungseinheiten (4a, 4b) zur gleichzeitigen Aufzeichnung des Primärsignals (9) und des Sekundärsignals (8) ausgebildet sind.


6b
20b
3b
10
4b
2
1
5b
9
7
8
L
5a
9
10
4a
3a
20a
6a