



(12) **Patentschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2006 004 582.3**  
 (22) Anmeldetag: **01.02.2006**  
 (43) Offenlegungstag: **09.08.2007**  
 (45) Veröffentlichungstag  
 der Patenterteilung: **19.08.2010**

(51) Int Cl.<sup>8</sup>: **G01L 13/00** (2006.01)  
**G01L 11/00** (2006.01)  
**G01L 27/00** (2006.01)  
**G05B 13/02** (2006.01)

Innerhalb von drei Monaten nach Veröffentlichung der Patenterteilung kann nach § 59 Patentgesetz gegen das Patent Einspruch erhoben werden. Der Einspruch ist schriftlich zu erklären und zu begründen. Innerhalb der Einspruchsfrist ist eine Einspruchsgebühr in Höhe von 200 Euro zu entrichten (§ 6 Patentkostengesetz in Verbindung mit der Anlage zu § 2 Abs. 1 Patentkostengesetz).

(73) Patentinhaber:

**Siemens AG, 80333 München, DE**

(72) Erfinder:

**Maier, Peter, Dr., 76229 Karlsruhe, DE; Paulitsch, Christoph, Dr., 76133 Karlsruhe, DE**

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht  
gezogene Druckschriften:

**DE 697 16 922 T2**  
**US 67 01 274 B1**  
**US 66 54 697 B1**  
**US 65 39 267 B1**  
**US 65 32 392 B1**  
**US 63 97 114 B1**  
**US 2004/02 04 883 A1**  
**US 2004/00 68 392 A1**

**US 2002/00 29 130 A1**  
**US 60 47 220 A**  
**US 59 56 663 A**  
**US 58 28 567 A**  
**US 56 80 109 A**  
**US 56 75 724 A**  
**US 56 65 899 A**  
**US 56 61 668 A**  
**US 55 70 300 A**  
**US 54 95 769 A**  
**WO 1997/0 48 974 A1**  
**WO 1997/0 36 215 A1**  
**WO 2001/0 35 174 A1**  
**JP 2004-3 54 280 AA**

(54) Bezeichnung: **Verfahren zur Diagnose einer Verstopfung einer Impulsleitung bei einem Druckmessumformer und Druckmessumformer**

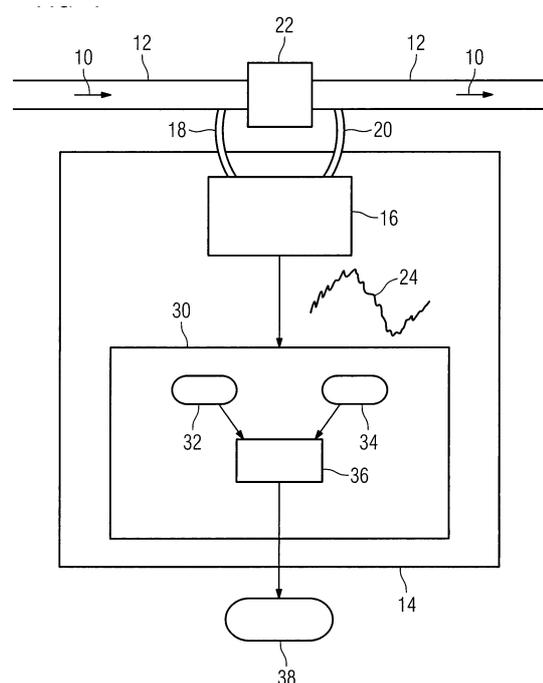
(57) Hauptanspruch: Verfahren zur Diagnose einer Verstopfung zumindest einer Impulsleitung (18, 20), mit der ein Druckmessumformer, insbesondere ein Differenzdruckmessumformer (14), an eine Leitung (12) angeschlossen ist,

wobei mittels eines Drucksensors bzw. eines Differenzdrucksensors (16) ein Messsignal (24) im Hinblick auf einen Druck in der mindestens einen Impulsleitung (18, 20) bzw. ein Messsignal (24) im Hinblick auf eine Differenz zwischen einem Druck in einer ersten Impulsleitung (18) der mindestens zwei Impulsleitungen (18, 20) und einem Druck in einer weiteren Impulsleitung (20) der mindestens zwei Impulsleitungen (18, 20) abgeleitet wird und wobei mittels einer Analyseeinrichtung (30)

– in Bezug auf das Messsignal (24) zumindest ein Kennwert (32) ermittelt wird,

– der zumindest eine Kennwert (32) mit zumindest einem vorgegebenen oder vorgebbaren Referenzwert (34) verglichen und

– in Abhängigkeit vom Ergebnis des Vergleichs eine vorgegebene oder vorgebbare Aktion (38) ausgelöst wird, dadurch gekennzeichnet, dass mittels der Analyseeinrichtung (30)...



## Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Diagnose einer Verstopfung einer Impulsleitung bei einem Druckmessumformer, insbesondere einem Differenzdruckmessumformer, sowie einen Druckmessumformer oder einen Differenzdruckmessumformer, der zur Ausführung des Verfahrens hergerichtet und vorgesehen ist. Druckmessumformer und auch Differenzdruckmessumformer sind an sich bekannt. Differenzdruckmessumformer sind insbesondere zur Messung von Druckveränderungen an einer Unstetigkeitsstelle, z. B. einer so genannten Messblende, in einer von einem Fluid durchflossenen Leitung vorgesehen. Der Druckmessumformer oder Differenzdruckmessumformer umfasst einen Drucksensor bzw. Differenzdrucksensor. Bei einem Differenzdruckmessumformer ist dessen Differenzdrucksensor über so genannte Impuls- oder Wirkdruckleitungen an einen Bereich vor und nach der Unstetigkeitsstelle gekoppelt. Bei einem Druckmessumformer besteht eine Kopplung des jeweiligen Drucksensors an die Leitung über zumindest eine Impulsleitung und zwar bevorzugt vor oder nach einer solchen Unstetigkeitsstelle. Eine solche Kopplung kann allerdings mit der Zeit nachlassen, z. B. indem die oder einzelne Impulsleitungen verstopfen. Eine nachlassende Kopplung ist aber unter Umständen an den aufgenommenen Messsignalen erkennbar. Soweit die Erfindung also ein Verfahren und eine korrespondierende Vorrichtung zur Diagnose einer Verstopfung einer Impulsleitung betrifft, betrifft sie insbesondere ein Verfahren und eine korrespondierende Vorrichtung zur Analyse eines diesbezüglichen Messwertes im Hinblick auf eine Abweichung von oder eine Übereinstimmung mit vorgegebenen oder vorgebbaren Referenzwerten. Eine nachlassende oder gestörte Kopplung ist insoweit z. B. anhand eines Maßes für die Übereinstimmung des Messsignals mit einem solchen Referenzwert oder einer Mehrzahl solcher Referenzwerte erkennbar.

**[0002]** Gattungsgemäße Verfahren oder Vorrichtungen sind allgemein bekannt. Aus der US 5,680,109 ist z. B. bekannt, neben einem Differenzdruckmessumformer einen zusätzlichen Absolutdrucksensor zu verwenden und eine Varianz des Messrauschens mit einem Referenzwert zu vergleichen. In der WO 2001 35174 wird vorgeschlagen, ein unabhängiges Referenzsignal zu ermitteln, dessen Unterschied zum Messsignal Aussagen über eine Verschlechterung der Qualität des Messsignals zulässt. Zur Bewertung des Messsignals ist aus der US 6,532,392 bekannt geworden, das Messsignal mit einem vorbestimmten Wert eines Parameters zu vergleichen und zur abschließenden Bewertung vorgegebene Regeln, Fuzzy-Logik oder neuronale Netze zu verwenden. Aus der WO 97 36215 ist bekannt, einen statistischen Parameter eines digitalisierten Messsignals mittels vorgegebener Regeln, Fuzzy Logik oder neuronalen

Netzen zu ermitteln und dann eine Fuzzy-Zugehörigkeitsfunktion auf den statistischen Parameter anzuwenden. Aus der US 6,654,697 ist des Weiteren bekannt, mittels eines moving-average Algorithmus eine Differenz zwischen einem digitalisierten Messsignal und dem ermittelten Mittelwert zu bestimmen. Aus dieser Differenz werden dann unter Berücksichtigung aktueller und historischer Daten diagnostische Daten ermittelt, wobei in einem Trainingsmodus aus den aktuellen und historischen Daten ein trainierter Datensatz berechnet wird. Aus der US 6,539,267 ist schließlich bekannt, mittels eines Algorithmus einen statistischen Parameter, wie z. B. Varianz oder Änderungsgeschwindigkeit, zu berechnen und mittels eines Mikroprozessors einen trainierten Wert zu generieren, indem der statistische Parameter während normaler Funktionsweise überwacht wird. Für unterschiedliche Rahmenbedingungen kann der trainierte Parameter dynamisch angepasst werden.

**[0003]** Weiterer Stand der Technik ergibt sich aus folgenden Dokumenten: WO 97 48974; JP 2004 354280; US 6,397,114; US 2002 029,130; US 2004 068,392; US 2004 204,883; US 6,701,274; US 5,570,300; US 5,675,724; US 5,665,899; US 5,661,668; US 6,047,220; US 5,956,663; US 5,828,567 und US 5,495,769.

**[0004]** Nachteilig bei den aus dem Stand der Technik bekannten Ansätzen ist jedoch, dass diese sämtlich auf einer Bewertung anhand von direkt aus dem jeweiligen Messsignal abgeleiteten Parametern basieren. Zur Vermeidung unerwünschter zufälliger Einflüsse erfolgt dabei stets eine Vorverarbeitung entweder des Signals selbst oder der ermittelten Parameter, z. B. derart, dass statistische Verteilungen oder Mittelungen zugrunde gelegt werden. Aufgrund solcher Vorverarbeitungen können aber gerade spezifische Charakteristika abgeschwächt oder gar eliminiert werden. Dann ist eine qualifizierte Analyse des Messsignals nicht mehr möglich oder die Qualität der noch möglichen Analyse ist erheblich reduziert.

**[0005]** Die DE 199 83 112 T1 beschreibt eine Signalverarbeitung, bei der Signalkomponenten in einem Sensorsignal zu dessen Diagnose getrennt werden. Es sollen sich bei dieser Trennung Signalbestandteile ergeben, die prozessbedingte Signale und Signale, die aus einer Übertragungsfunktion des jeweiligen Sensors hervorgehen, beschreiben. Die DE 697 16 922 beschreibt einen Ansatz, bei dem anhand von Messwerten auf Basis vergleichsweise komplexer mathematischer Beziehungen Prozessvariable ermittelt werden, um diese einer Steuerung oder Regelung eines technischen Prozesses zugrunde zu legen. Wegen der Komplexität der mathematischen Beziehung erfolgt deren vollständige Auswertung nur von Zeit zu Zeit. Dazwischen werden aus den mathematischen Beziehungen abgeleitete, in ihrer Komplexität reduzierte Beziehungen zugrunde gelegt. Beide

Dokumente betreffen weder die Diagnose einer Verstopfung einer Impulsleitung noch durch die Erfindung dafür vorgeschlagene Maßnahmen, wie nachfolgend beschrieben.

**[0006]** Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, ein weiteres, insbesondere die o. g. Nachteile vermeidendes oder verringernes Verfahren zur Diagnose einer Verstopfung einer Impulsleitung bei einem Differenzdruckmessumformer sowie einen zur Ausführung des Verfahrens geeigneten und vorgesehenen Differenzdruckmessumformer anzugeben. Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß einerseits mit einem Verfahren mit den Merkmalen des Anspruchs 1 und andererseits mit einer korrespondierenden Vorrichtung zur Ausführung des Verfahrens mit den Merkmalen des Anspruchs 6 gelöst.

**[0007]** Dazu ist bei einem Verfahren zur Diagnose einer Verstopfung zumindest einer Impulsleitung, mit denen ein Druckmessumformer, insbesondere ein Differenzdruckmessumformer, an eine von einem Fluid durchflossene Leitung angeschlossen ist, wobei mittels eines Drucksensors bzw. eines Differenzdrucksensors zumindest ein Messsignal im Hinblick auf einen Druck in der mindestens einen Impulsleitung bzw. zumindest ein Messsignal im Hinblick auf eine Differenz zwischen einem Druck in einer ersten Impulsleitung der mindestens zwei Impulsleitungen und einem Druck in einer weiteren Impulsleitung der mindestens zwei Impulsleitungen abgeleitet wird, wobei mittels einer Analyseeinrichtung in Bezug auf das oder jedes Messsignal zumindest ein Kennwert ermittelt wird, wobei mittels der Analyseeinrichtung der zumindest eine Kennwert mit zumindest einem vorgegebenen oder vorgebbaren Referenzwert verglichen und in Abhängigkeit vom Ergebnis des Vergleichs eine vorgegebene oder vorgebbare Aktion ausgelöst wird, vorgesehen, dass mittels der Analyseeinrichtung an das Messsignal oder einen Repräsentanten des Messsignals eine algebraische Funktion angepasst und dass mittels der Analyseeinrichtung als Kennwert zumindest ein Wert eines Parameters in Bezug auf zumindest einen Abschnitt der algebraischen Funktion ermittelt wird.

**[0008]** Entsprechend ist bei einem Druckmessumformer, der mit mindestens einer Impulsleitung an eine von einem Fluid durchflossene Leitung anschließbar ist und der einen Drucksensor zur Abgabe eines Messsignals im Hinblick auf einen Druck in der mindestens einen Impulsleitung und eine Analyseeinrichtung zur Ermittlung zumindest eines Kennwerts in Bezug auf das Messsignal sowie zum Vergleich des zumindest einen Kennwerts mit zumindest einem vorgegebenen oder vorgebbaren Referenzwert und zum Auslösen einer vorgegebenen oder vorgebbaren Aktion in Abhängigkeit vom Ergebnis des Vergleichs umfasst, vorgesehen, dass die Analyseeinrichtung zumindest Mittel zur Anpassung einer algebraischen Funktion an das Messsignal oder einen

Repräsentanten des Messsignals und Mittel, z. B. einen Kennwertermittler, zur Ermittlung eines Wertes zumindest eines Parameters in Bezug auf zumindest einen Abschnitt der algebraischen Funktion als Kennwert des Messsignals umfasst.

**[0009]** Bei einer bevorzugten Ausführung des Druckmessumformers als Differenzdruckmessumformer ist dieser mit mindestens zwei Impulsleitungen an die Leitung anschließbar und ein als Drucksensor fungierender Differenzdrucksensor ist zur Abgabe eines Messsignals im Hinblick auf eine Differenz zwischen einem Druck in einer ersten Impulsleitung der mindestens zwei Impulsleitungen und einem Druck in einer weiteren Impulsleitung der mindestens zwei Impulsleitungen vorgesehen.

**[0010]** Als Messsignal kommt ggf. auch ein Signal in Betracht, das auf einer arithmetischen Verknüpfung der oben genannten Messsignale basiert. Z. B. kann auch bei einem von einem Differenzdrucksensor abgegebenen Messsignal vorgesehen sein, dass eine Differenz oder dergleichen aus zu unterschiedlichen Zeitpunkten abgegebenen oder erhaltenen Messsignalen gebildet wird und das Ergebnis einer solchen arithmetischen Verknüpfung als Messsignal für die weiteren Maßnahmen zugrunde gelegt wird.

**[0011]** Die Formulierung „in Bezug auf das Messsignal“ meint dabei und im Folgenden z. B. sowohl das oder jedes Messsignal selbst als auch z. B. eine Folge von Stützstellen, also z. B. eine Abtastung, die das Messsignal repräsentieren oder zumindest einen Parameter, der das Messsignal näher charakterisiert, z. B. eine Steigung eines Verlaufs des Messsignals in einem bestimmten Abschnitt (Signalverlauf) und/oder ein oder mehrere Nulldurchgänge oder Nullstellen, Extremwerte, Wendepunkte oder dergleichen des Signalverlaufs. Des Weiteren soll die Formulierung „in Bezug auf das Messsignal“ auch entweder das oder jedes jeweils aktuelle Messsignal oder das oder jedes aktuelle Messsignal und zumindest jeweils ein vorangehendes Messsignal, also auch historische Werte, erfassen.

**[0012]** Weiter meint die Formulierung „Repräsentant des Messsignals“ dabei und im Folgenden sowohl das Messsignal selbst als auch mit einem oder mehreren Messsignalen direkt oder indirekt korrelierte Signale, Funktionen oder Werteverläufe, z. B. eine Transformierte, insbesondere eine Fourier- oder Laplace-Transformierte oder eine in einen sonstigen Bildbereich Transformierte, oder eine oder mehrere Oberschwingungen des Messsignals, etc.

**[0013]** Ferner meint die Formulierung „Abschnitt der algebraischen Funktion“ einen Ausschnitt aus der algebraischen Funktion zwischen zwei Punkten auf der Abszisse, also insbesondere der Zeit- oder Frequen-

zachse, wobei die in diesem Zusammenhang auch verwendete Formulierung „in Bezug auf“ zumindest den gleichen Bedeutungsinhalt hat, wie bereits oben im Zusammenhang mit der korrespondierenden Formulierung hinsichtlich des Messsignals erläutert. Der Abschnitt der algebraischen Funktion wird dabei vorzugsweise so ausgewählt, dass ein mutmaßlich charakteristischer Bereich erfasst ist, also z. B. ein Bereich mit zumindest einer signifikanten Steigung, zumindest einem signifikanten Extremwert, Nullstelle und/oder Wendepunkt, etc.

**[0014]** Als Kennwert kommt unter anderem zumindest ein Wert eines signifikanten Parameters des Messsignals oder der algebraischen Funktion, also z. B. ein Extremwert, ein Wendepunkt, ein Nulldurchgang, etc., ein Maß für einen Verlauf des Messsignals in einem bestimmten Abschnitt, also z. B. ein Maß für eine Steigung, eine Krümmung, usw. des Graphs des Messsignals oder der algebraischen Funktion in Betracht. Darüber hinaus kommt als Kennwert alternativ ein statistischer Wert in Bezug z. B. auf die oben exemplarisch genannten Kennwerte in Betracht, also z. B. eine Häufigkeitsverteilung zu Krümmungswerten oder eine Standardabweichung oder ein Mittelwert einer Häufigkeitsverteilung von Steigungswerten, etc.

**[0015]** Die Erfindung geht von der Erkenntnis aus, dass bei bisher bekannten Ansätzen die Parameter zur Bewertung des Messsignals z. B. direkt aus dem Messsignal oder dessen Frequenzgang extrahiert wurden. Dies führt aber zu einer unerwünscht starken Berücksichtigung zufälliger Einflüsse. Dies hat man durch Ansatz statistischer Verteilungen, Mittelwertbildung oder dergleichen zu kompensieren versucht. In nachteiliger Weise führt dies jedoch zu einer Veränderung des eigentlich zu bewertenden Messsignals, so dass möglicherweise gerade solche Charakteristika, die für eine qualitativ hochwertige Bewertung des Messsignals notwendig sind, unterdrückt oder abgeschwächt werden und damit nicht mehr zur Verfügung stehen.

**[0016]** Diese Erkenntnis wird so umgesetzt, dass an das Messsignal oder einen Repräsentanten des Messsignals eine algebraische Funktion angepasst wird und als Kennwert in Bezug auf das Messsignal ein Kennwert in Bezug auf zumindest einen Abschnitt der algebraischen Funktion ermittelt wird. Aufgrund der Anpassung der algebraischen Funktion an das Messsignal ist die algebraische Funktion direkt mit dem zugrunde liegenden Messsignal korreliert. Entsprechend ist auch der Kennwert in Bezug auf die algebraische Funktion immer noch ein Kennwert in Bezug auf das ursprüngliche Messsignal.

**[0017]** Durch die Verwendung der an das Messsignal angepassten algebraischen Funktion anstelle des Messsignals zur Ableitung eines Kennwerts werden

unerwünschte Einflüsse vollständig oder zumindest nahezu vollständig vermieden. Die angepasste algebraische Funktion beinhaltet insbesondere Charakteristika des zugrunde liegenden Messsignals wie Trends oder Steigung, Krümmung und dergleichen. In Bezug auf die angepasste algebraische Funktion können also Parameter oder Werte bestimmter Parameter, also eine Amplitude bei einem Wendepunkt oder ein Krümmungsradius oder ein Wert für eine Steigung, ermittelt und mit vorgegebenen oder vorgebbaren Referenzwerten verglichen werden. Der Vergleich kann direkt, also in Form eines Vergleichs des Parameters bzw. Wertes mit dem jeweiligen Referenzwert oder ggf. auch einer Kombination von Referenzwerten, oder in Form eines Vergleichs einer Mehrzahl historischer Werte für den Parameter, ggf. zusammengefasst durch eine Mittelwertbildung oder dergleichen, mit dem oder jedem Referenzwert erfolgen.

**[0018]** Der Vorteil der Erfindung besteht darin, dass durch die Verwendung der algebraischen Funktion anstelle des eigentlich zu analysierenden Messsignals zur Gewinnung der Parameter unerwünschte Einflüsse, wie z. B. Messrauschen oder Informationsverlust aufgrund von Vorverarbeitung, vermieden werden und dass die algebraische Funktion das zugrunde liegende Messsignal zumindest hinsichtlich einzelner charakteristischer Eigenschaften so genau abbildet, dass deren Analyse im Ergebnis die gewünschte Qualität der Analyseergebnisse im Hinblick auf eine Diagnose einer Verstopfung einer Impulsleitung ermöglicht.

**[0019]** Die abhängigen Ansprüche sind auf bevorzugte Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung gerichtet.

**[0020]** Bevorzugt wird als Parameter in Bezug auf die algebraische Funktion zumindest ein Parameter der algebraischen Funktion ermittelt, also z. B. eine Steigung, eine Krümmung, eine Nullstelle, ein Extremwert, ein Wendepunkt oder dergleichen. Solche Parameter lassen sich numerisch einfach und zudem eindeutig ermitteln.

**[0021]** Alternativ oder zusätzlich wird bevorzugt als Parameter in Bezug auf die algebraische Funktion zumindest eine statistische Größe einer Parameterverteilung der algebraischen Funktion ermittelt, z. B. der Mittelwert der Funktionswerte, eine Standardabweichung der Funktionswerte, eine Autokorrelation oder dergleichen. Auch solche Parameter lassen sich numerisch einfach und eindeutig ermitteln.

**[0022]** Darüber hinaus kann vorteilhaft eine statistische Verarbeitung der ermittelten Parameter und damit eine Berücksichtigung historischer Werte vorgesehen sein, indem z. B. der Mittelwert einer Krümmung der algebraischen Funktion für die jeweils ak-

tuelle algebraische Funktion und eine Reihe vorangehender algebraischer Funktionen betrachtet wird. Genauso lässt sich ein Mittelwert der Standardabweichung der Funktionswerte einer Folge von algebraischen Funktionen, die als letzte Funktion die jeweils aktuelle algebraische Funktion umfasst, betrachten.

**[0023]** Bevorzugt wird als Repräsentant des Messsignals zumindest eine Basisfunktion einer transformierten des Messsignals verwendet. Der Begriff Basisfunktion wird dabei ausgehend von der Tatsache, dass z. B. als Fourier-Transformation jede Zerlegung einer Funktion in ein System von Basisfunktionen bezeichnet wird, synonym mit dem Begriff Oberschwingung verwendet.

**[0024]** Als Transformierte des Messsignals kommen entsprechend eine Fourier-Transformierte des Messsignals oder auch eine Laplace-Transformierte oder Transformierte in einen sonstigen Bildbereich in Betracht.

**[0025]** Die mit der Anmeldung eingereichten Patentsprüche sind Formulierungsvorschläge ohne Präjudiz für die Erzielung weitergehenden Patentschutzes. Die Anmelderin behält sich vor, noch weitere, bisher nur in der Beschreibung und/oder den Zeichnungen offenbarte Merkmalskombinationen zu beanspruchen.

**[0026]** Das oder jedes Ausführungsbeispiel ist nicht als Einschränkung der Erfindung zu verstehen. Vielmehr sind im Rahmen der vorliegenden Offenbarung zahlreiche Abänderungen und Modifikationen möglich, insbesondere solche Varianten und Kombinationen, die z. B. durch Kombination oder Abwandlung von einzelnen in Verbindung mit den im allgemeinen oder speziellen Beschreibungsteil beschriebenen sowie in den Ansprüchen und/oder den Zeichnungen enthaltenen Merkmalen bzw. Elementen oder Verfahrensschritten für den Fachmann im Hinblick auf die Lösung der Aufgabe entnehmbar sind und durch kombinierbare Merkmale zu einem neuen Gegenstand oder zu neuen Verfahrensschritten bzw. Verfahrensschrittfolgen führen.

**[0027]** In Unteransprüchen verwendete Rückbeziehungen weisen auf die weitere Ausbildung des Gegenstandes des Hauptanspruches durch die Merkmale des jeweiligen Unteranspruches hin; sie sind nicht als ein Verzicht auf die Erzielung eines selbständigen, gegenständlichen Schutzes für die Merkmalskombinationen der rückbezogenen Unteransprüche zu verstehen. Des Weiteren ist im Hinblick auf eine Auslegung der Ansprüche bei einer näheren Konkretisierung eines Merkmals in einem nachgeordneten Anspruch davon auszugehen, dass eine derartige Beschränkung in den jeweils vorangehenden Ansprüchen nicht vorhanden ist.

**[0028]** Da die Gegenstände der Unteransprüche im Hinblick auf den Stand der Technik am Prioritätstag eigene und unabhängige Erfindungen bilden können, behält die Anmelderin sich vor, sie zum Gegenstand unabhängiger Ansprüche oder Teilungserklärungen zu machen. Sie können weiterhin auch selbständige Erfindungen enthalten, die eine von den Gegenständen der vorhergehenden Unteransprüche unabhängige Gestaltung aufweisen.

**[0029]** Nachfolgend wird ein Ausführungsbeispiel der Erfindung anhand der Zeichnung näher erläutert. Einander entsprechende Gegenstände oder Elemente sind in allen Figuren mit den gleichen Bezugszeichen versehen.

**[0030]** Darin zeigen

**[0031]** [Fig. 1](#) einen an eine von einem Fluid durchströmte Leitung angekoppelten Differenzdruckmessumformer und

**[0032]** [Fig. 2](#) einen gemäß der Erfindung ausgestalteten Differenzdruckmessumformer.

**[0033]** [Fig. 1](#) zeigt in schematisch vereinfachter Form als Beispiel für einen Druckumformer einen an eine von einem Fluid **10** durchflossene Leitung **12** angekoppelten Differenzdruckmessumformer **14**. Der Differenzdruckmessumformer **14** umfasst einen Differenzdrucksensor **16**, der mittels einer ersten und einer zweiten Impulsleitung **18**, **20** an die Leitung **12** gekoppelt ist. Die erste Impulsleitung **18** greift dabei stromaufwärts einer Unstetigkeitsstelle, z. B. einer so genannten Messblende **22**, an die Leitung **12** an. Die zweite Impulsleitung **20** greift entsprechend stromabwärts der Messblende **22** an die Leitung **12** an. Der Differenzdrucksensor **16** gibt ein Messsignal **24** im Hinblick auf eine Differenz zwischen einem Druck in der ersten Impulsleitung **18** und einem Druck in der zweiten oder einer weiteren Impulsleitung **20** ab. Das Messsignal **24** wird einer Analyseeinrichtung **30** zugeführt oder ist der Analyseeinrichtung **30** zuführbar.

**[0034]** Das Messsignal **24** wird durch die Analyseeinrichtung **30** analysiert und es wird zumindest ein das Messsignal **24** charakterisierender Kennwert **32** ermittelt und in an sich bekannter Art und Weise in geeigneter Form abgespeichert, ausgegeben und/oder weiterverarbeitet. Neben dem Kennwert **32** verwaltet die Analyseeinrichtung **30** auch zumindest einen vorgegebenen oder vorgebbaren Referenzwert **34**. Die Analyseeinrichtung **30** vergleicht, ggf. mittels dafür vorgesehener Vergleichsmittel, z. B. einem Vergleichler **36**, den Kennwert **32** mit dem Referenzwert **34** (oder eine Mehrzahl von Kennwerten **32** mit einem Referenzwert **34** oder einen Kennwert **32** mit einer Mehrzahl von Referenzwerten **34** oder eine Mehrzahl von Kennwerten **32** mit einer Mehrzahl von Referenzwerten **34**) und löst in Abhängigkeit vom Ergebnis

des Vergleichs eine vorgegebene oder vorgebbare Aktion **38**, z. B. die Ausgabe eines Warnhinweises, aus.

**[0035]** **Fig. 2** zeigt in Ergänzung zu **Fig. 1** die Analyseeinrichtung **30** mit weiteren Details gemäß der Erfindung. Danach umfasst die Analyseeinrichtung **30** einen Eingang **40**, an dem der Analyseeinrichtung **30** das Messsignal **24** zugeführt wird oder zuführbar ist. Nach Übernahme in die Analyseeinrichtung **30** kann das Messsignal **24** optional einer Vorverarbeitung durch eine dafür vorgesehene Vorverarbeitungseinheit **42** unterzogen werden. Als nächster oder ggf. auch erster Verarbeitungsschritt erfolgt dann eine Anpassung einer algebraischen Funktion, z. B. einer Sinusfunktion **44**, an das Messsignal **24**. Dies erfolgt durch dafür vorgesehene Anpassungsmittel **46**, die z. B. eine Implementierung eines so genannten „curve fit“ Algorithmus umfassen. Die Anpassung der algebraischen Funktion kann dabei auf Basis einer vorgegebenen oder vorgebbaren Funktion erfolgen, so dass z. B. stets eine Sinusfunktion, eine Parabel, ein Polynom, eine Gerade, usw. so gut wie möglich an das Messsignal **24** angepasst wird. Darüber hinaus oder zusätzlich kann vorgesehen sein, dass das Anpassungsmittel **46** automatisch anhand des jeweiligen Messsignals **24** aus einer Gruppe vorgegebener oder vorgebbarer algebraischer Funktionen, z. B. einzelne oder mehrere der oben genannten Funktionen, diejenige Funktion auswählt, die bestmöglich an das Messsignal **24** angepasst werden kann, und danach die geeignete Anpassung vornimmt.

**[0036]** Ausgehend von der angepassten algebraischen Funktion wird durch einen Kennwertermittler **48** zumindest ein Kennwert **32** der algebraischen Funktion, also zumindest ein Wert eines Parameters der algebraischen Funktion, ermittelt. Als Parameter einer Sinusfunktion **44** kommt z. B. deren Frequenz und/oder deren Amplitude in Betracht. Als Parameter einer anderen algebraischen Funktion, z. B. einer linearen Funktion, kommt deren Steigung und/oder deren Nulldurchgang in Betracht. Als Parameter einer weiteren algebraischen Funktion, z. B. einer Parabel, kommt z. B. deren Krümmung und/oder Lage des Scheitel- oder Brennpunkts in Betracht, usw.

**[0037]** Zur eigentlichen Diagnose einer Verstopfung einer Impulsleitung ist zur diesbezüglichen Bewertung des Messsignals **24** sodann der Vergleichler **36** (vgl. auch **Fig. 1**) vorgesehen, der den ermittelten Kennwert **32** oder einzelne ermittelte Kennwerte **32** mit zumindest einem vorgegebenen oder vorgebbaren Referenzwert **34** vergleicht. Die Funktionalität des Vergleichlers **36** ist nicht notwendig auf einen rein mathematischen Vergleich im Sinne einer „>“ (größer oder gleich), „<=“ (kleiner oder gleich) oder „=“ (gleich) Beziehung beschränkt. Tatsächlich kann der vom Vergleichler **36** durchgeführte „Vergleich“ auch

komplexe logische und/oder mathematische Operationen, wie z. B. eine Bewertung mittels neuronaler Netze, Fuzzy-Logik oder dergleichen, umfassen.

**[0038]** Zusätzlich oder alternativ kann vorgesehen sein, dass der Vergleich erst nach einer insbesondere auf Basis einer statistischen Funktion erfolgenden Bewertung des aktuellen Kennwerts **32** und zeitlich vorangehender Kennwerte, also historischer Daten, erfolgt. Dazu ist ein Bewertungsfunktionsblock **50** vorgesehen, der den jeweils aktuellen Kennwert **32** und vorangehende historische Daten z. B. durch Anwendung einer Verteilungsfunktion, wie z. B. Mittelwert, Standardabweichung, etc., bewertet (statistische Bewertung). Der Ausgang des Bewertungsfunktionsblocks **50** ist ein nicht separat dargestellter Kennwert, der mit einem entsprechenden Referenzwert durch den Vergleichler **36** verglichen wird.

**[0039]** In Abhängigkeit vom Ergebnis des Vergleichs wird entweder direkt durch den Vergleichler **36** oder durch die Analyseeinrichtung **30** eine vorgegebene oder vorgebbare Aktion **38**, z. B. eine optische oder akustische Warnmeldung, in Bezug auf das Über- oder Unterschreiten bestimmter Grenzwerte für das Messsignal **24**, die durch den jeweiligen Referenzwert **34** kodiert sind, ausgelöst.

**[0040]** Des Weiteren kann zusätzlich oder alternativ vorgesehen sein, dass eine algebraische Funktion an ein mit zwei oder mehr Sensoren aufgenommenes Messsignal, z. B. Absolut- und Differenzdruck, angepasst wird. Bei zwei oder mehr Sensoren kann aus dem von dem oder jedem Sensor gelieferten Messsignal durch Anwendung einer vorgegebenen oder vorgebbaren Operation ein resultierendes (Mess-)Signal gewonnen werden, z. B. nach Art einer Übertragungsfunktion. Parameter einer solchen Übertragungsfunktion können z. B. Dämpfung, Amplitude und/oder Phasenverschiebung insbesondere in einem ausreichend angeregten Frequenzbereich sein. Ebenfalls können Parameter einer Korrelation zwischen den gemessenen Signalen in dieser oder der vorangehend beschriebenen Art und Weise betrachtet und/oder analysiert werden.

**[0041]** Damit lässt sich die Erfindung kurz wie folgt darstellen: Es wird ein Verfahren zur Erkennung oder Diagnose einer Verstopfung einer Impulsleitung bei einem Druckmessumformer sowie ein korrespondierender Druckmessumformer angegeben, bei dem zur Analyse eines Messsignals **24** zumindest ein Kennwert **32** mit zumindest einem Referenzwert **34** verglichen und in Abhängigkeit vom Ergebnis des Vergleichs eine Aktion **38** ausgelöst wird, wobei der oder jeder Kennwert **32** als Wert eines Parameters einer an das Messsignal **24** angepassten algebraischen Funktion **44** ermittelt wird.

### Patentansprüche

1. Verfahren zur Diagnose einer Verstopfung zumindest einer Impulsleitung (18, 20), mit der ein Druckmessumformer, insbesondere ein Differenzdruckmessumformer (14), an eine Leitung (12) angeschlossen ist,

wobei mittels eines Drucksensors bzw. eines Differenzdrucksensors (16) ein Messsignal (24) im Hinblick auf einen Druck in der mindestens einen Impulsleitung (18, 20) bzw. ein Messsignal (24) im Hinblick auf eine Differenz zwischen einem Druck in einer ersten Impulsleitung (18) der mindestens zwei Impulsleitungen (18, 20) und einem Druck in einer weiteren Impulsleitung (20) der mindestens zwei Impulsleitungen (18, 20) abgeleitet wird und

wobei mittels einer Analyseeinrichtung (30)

– in Bezug auf das Messsignal (24) zumindest ein Kennwert (32) ermittelt wird,

– der zumindest eine Kennwert (32) mit zumindest einem vorgegebenen oder vorgebbaren Referenzwert (34) verglichen und

– in Abhängigkeit vom Ergebnis des Vergleichs eine vorgegebene oder vorgebbare Aktion (38) ausgelöst wird,

**dadurch gekennzeichnet**, dass mittels der Analyseeinrichtung (30)

– an das Messsignal (24) oder einen Repräsentanten des Messsignals (24) eine algebraische Funktion (44) angepasst und

– als Kennwert (32) zumindest ein Wert eines Parameters in Bezug auf zumindest einen Abschnitt der algebraischen Funktion (44) ermittelt wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei als Parameter in Bezug auf die algebraische Funktion (44) zumindest ein Parameter der algebraischen Funktion (44) ermittelt wird.

3. Verfahren nach Anspruch 1, wobei als Parameter in Bezug auf die algebraische Funktion (44) zumindest eine statistische Größe einer Parameterverteilung der algebraischen Funktion ermittelt wird.

4. Verfahren nach Anspruch 1, 2 oder 3, wobei als Repräsentant des Messsignals (24) zumindest eine Basisfunktion einer Transformatierten des Messsignals (24) verwendet wird.

5. Verfahren nach Anspruch 4, wobei als Transformatierte des Messsignals (24) eine Fourier-Transformierte des Messsignals (24) verwendet wird.

6. Druckmessumformer, der mit mindestens einer Impulsleitung (18; 20) an eine Leitung (12) anschließbar ist, insbesondere Differenzdruckmessumformer (14), der mit mindestens zwei Impulsleitungen an die Leitung (12) anschließbar ist, mit einem Drucksensor bzw. einem Differenzdrucksensor (16), zur Abgabe eines Messsignals (24) im

Hinblick auf einen Druck in der mindestens einen Impulsleitung (18; 20) bzw. zur Abgabe eines Messsignals (24) im Hinblick auf eine Differenz zwischen einem Druck in einer ersten Impulsleitung (18) der mindestens zwei Impulsleitungen (18, 20) und einem Druck in einer weiteren Impulsleitung (20) der mindestens zwei Impulsleitungen (18, 20), und mit einer Analyseeinrichtung (30)

– zur Ermittlung zumindest eines Kennwerts (32) in Bezug auf das Messsignal (24) und

– zum Vergleich des zumindest einen Kennwerts (32) mit zumindest einem vorgegebenen oder vorgebbaren Referenzwert (34) sowie

– zum Auslösen einer vorgegebenen oder vorgebbaren Aktion (38) in Abhängigkeit vom Ergebnis des Vergleichs,

dadurch gekennzeichnet, dass die Analyseeinrichtung (30) zumindest

– Mittel (46) zur Anpassung einer algebraischen Funktion (44) an das Messsignal (24) oder einen Repräsentanten des Messsignals (24) und

– Mittel (48) zur Ermittlung eines Wertes zumindest eines Parameters in Bezug auf zumindest einen Abschnitt der algebraischen Funktion als Kennwert (32) des Messsignals (24) umfasst.

7. Computerprogramm mit durch einen Computer ausführbaren Programmcodeanweisungen zur Implementierung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 5, wenn das Computerprogramm auf einem Computer ausgeführt wird.

8. Computerprogrammprodukt, insbesondere Speichermedium, mit einem durch einen Computer ausführbaren Computerprogramm gemäß Anspruch 7.

Es folgen 2 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

FIG 1

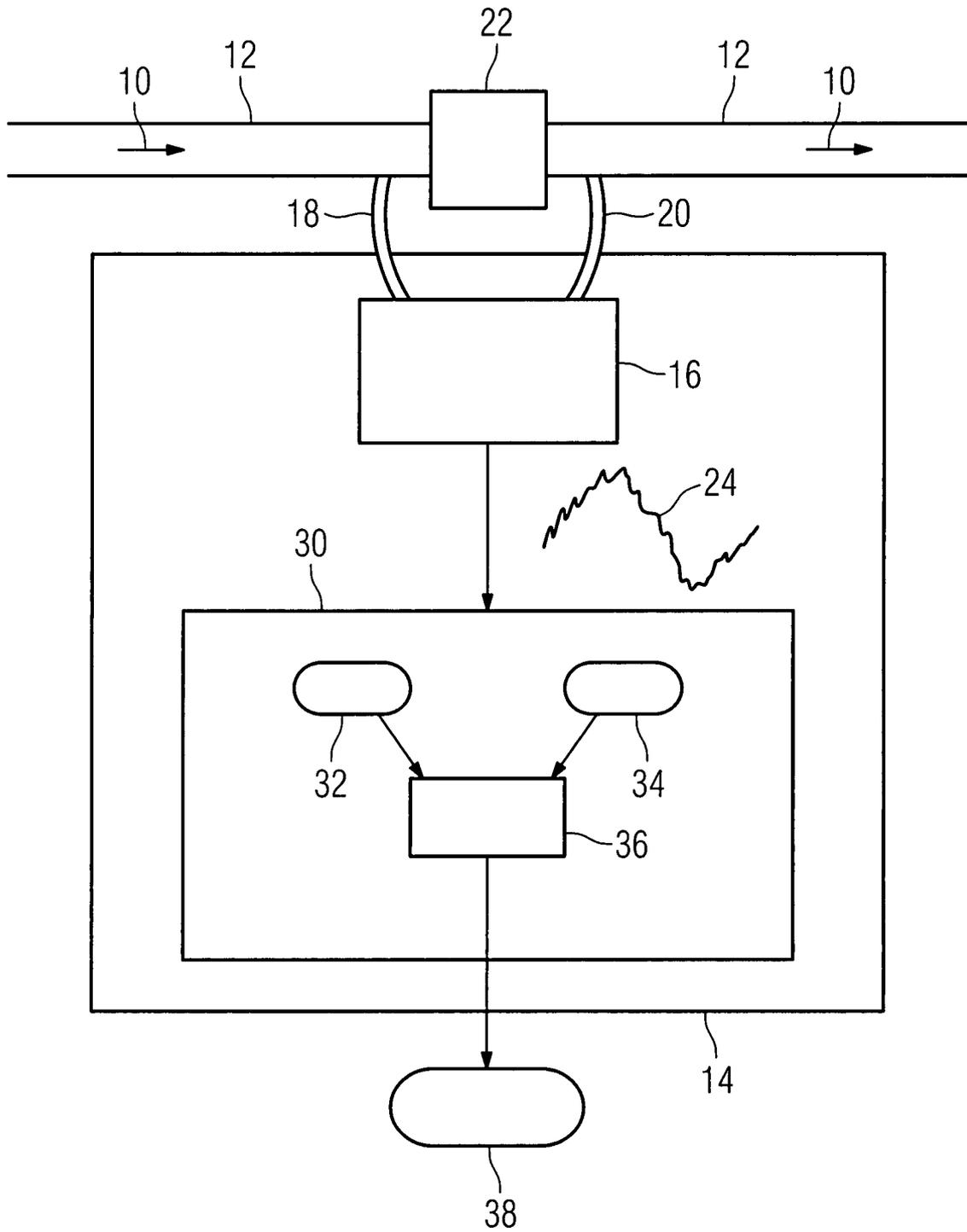


FIG 2

