



(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2022 200 869.3**

(22) Anmeldetag: **26.01.2022**

(43) Offenlegungstag: **27.07.2023**

(51) Int Cl.: **G01L 9/00** (2006.01)

G01L 19/12 (2006.01)

F16L 55/04 (2006.01)

H01H 35/24 (2006.01)

F16L 55/045 (2006.01)

(71) Anmelder:
Siemens Aktiengesellschaft, 80333 München, DE

(72) Erfinder:
**Klehr, Stefan, 76764 Rheinzabern, DE; von Dosky,
Stefan, 76149 Karlsruhe, DE; Burckhardt, Rico,
76877 Offenbach, DE**

(56) Ermittelter Stand der Technik:

DE	102 17 239	A1
DE	10 2005 032 862	A1
DE	10 2020 207 740	A1
DE	601 19 633	T2
US	7 357 034	B1

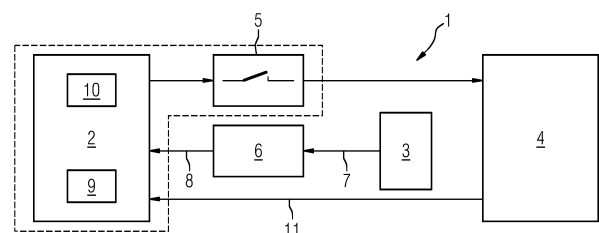
Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen.

(54) Bezeichnung: **Vorrichtung und Verfahren zur Detektion von Änderungen eines Wertes einer physikalischen Größe**

(57) Zusammenfassung: Vorgeschlagen wird eine Vorrichtung (1) zur Detektion von Änderungen eines Wertes einer physikalischen Größe, aufweisend:

- ein erstes Bauteil (3), welches dazu ausgebildet ist, bei einem Überschreiten eines Schwellwertes einer Änderungsrate des Wertes der physikalischen Größe ein erstes Ausgangssignal (7) zu erzeugen,
- ein zweites Bauteil (4), welches dazu ausgebildet ist, den Wert der physikalischen Größe zu ermitteln und ein entsprechendes zweites Ausgangssignal (11) zu erzeugen,
- eine Steuereinheit (2), die einen Mikroprozessor (9), der zum Abarbeiten vorgegebener Befehle ausgebildet ist, einen Speicher (10) und eine Energieversorgung (5), die zu einer Versorgung des zweiten Bauteils (4) mit Energie ausgebildet ist, aufweist, wobei die Steuereinheit (2) mit dem ersten Bauteil (3) und dem zweiten Bauteil (4) kabelgebunden oder kabellos verbunden und dazu ausgebildet ist, das erste Ausgangssignal (7) und das zweite Ausgangssignal (11) auszulesen, wobei die Steuereinheit (2) dazu ausgebildet ist, den Wert der physikalischen Größe mit einer anpassbaren Messrate zu erfassen, indem die Steuereinheit (2) das zweite Bauteil (3) entsprechend der vorgesehenen Messrate mit Energie versorgt, und den über das zweite Ausgangssignal (11) erfassten Wert jeweils in dem Speicher (10) der Steuereinheit (2) zu hinterlegen, und wobei die Steuereinheit (2) dazu ausgebildet ist, in Reaktion auf das Empfangen des ersten Ausgangssignals (7) unverzüglich und unabhängig von der aktuell vorgesehenen Messrate das zweite Bauteil (4) mit Energie zu versorgen.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zur Detektion von Änderungen eines Wertes einer physikalischen Größe. Außerdem betrifft die Erfindung eine Rohrleitung, die von einem Fluid durchströmbar ist. Außerdem betrifft die Erfindung ein Detektionssystem, ein Verfahren zur Detektion von Änderungen eines Wertes einer physikalischen Größe, eine Verwendung einer Vorrichtung und ein Computerprogrammprodukt.

[0002] In Rohrleitungsnetzen, wie beispielsweise im Bereich der Trinkwasserversorgung, besteht die Gefahr von Rohrbrüchen aufgrund von Druckstößen, die aufgrund der Fluidodynamik entstehen können. Diese Problematik tritt vergleichsweise häufig auf, so dass Trinkwasserversorgungsunternehmen ein besonderes Interesse haben, Druckstoßereignisse zu detektieren und insbesondere einen möglichen Rohrbruch zu lokalisieren.

[0003] Um Druckstöße zu vermeiden oder wenigstens deren Intensität abzuschwächen, ist es bekannt, an verschiedenen Stellen im Rohrleitungsnetz sogenannte mechanische Wasserschlagdämpfer einzusetzen. Beispielsweise offenbaren die DE 617 502 C oder die EP 0 507 705 A1 derartige Vorrichtungen. Die Wasserschlagdämpfer können Druckstöße zwar dämpfen, jedoch können sie keine Informationen über die Druckstoßereignisse bereitstellen.

[0004] Um die schädlichen Auswirkungen der Druckstöße zu begrenzen, können im Rahmen der Planung und des Aufbaus von Rohrleitungsnetzen vorher berechnete Parameter hinsichtlich Materialauswahl und Wandstärke der Rohrleitungen berücksichtigt werden, um Rohrbrüchen vorzubeugen. Diese Vorgehensweise ist in den meisten Fällen jedoch nicht praktikabel, zumal Alterungsprozesse wie Korrosion hierbei unberücksichtigt bleiben.

[0005] Es ist auch möglich, Drucksensoren im Rohrleitungsnetz zu verteilen und so die Druckzustände kontinuierlich zu überwachen. Aufgrund der hierfür erforderlichen kontinuierlichen Druckmessung muss für jede Messstelle eine adäquate Energieversorgung bereitgestellt werden, was bei der beträchtlichen Länge von Rohrleitungsnetzen (speziell im Trinkwasserversorgungsbereich) einen hohen Energie- und Materialaufwand mit sich bringt. Zudem ist ein verteiltes Sensornetzwerk nur praktikabel, wenn die Sensoren drahtlos betrieben werden. Eine ständige Druckmesswerterfassung verbraucht zudem relativ viel Energie, was die Batterielaufzeit wiederum stark einschränkt.

[0006] In der DE 7 040 823 U und in der DE 6 911 897 U ist jeweils ein Druckschalter mit

Schaltpunkteinstellung zur Erfassung eines Druckwerts eines Fluids offenbart.

[0007] In der DE 582 011 A ist ein Druckschalter offenbart, der bei Überschreiten eines gewissen Druckschwellwertes eines Fluids einen elektrischen Kontakt schließt, um beispielsweise den Kühlvorgang eines Kühlschranks zu unterbrechen.

[0008] In der EP 3 588 042 A1 ist ein Druckelement zur Überwachung eines das Druckelement beaufschlagenden Fluids offenbart. Das Druckelement ist dabei dazu ausgebildet, einen elektrischen Schaltkreis, bedingt durch eine Änderung eines Drucks, den das Fluid auf das Druckelement ausübt, unabhängig von einem Absolutwert des Drucks zu schließen. Dieser elektrische Schaltkreis fungiert dabei als Trigger für einen nachgelagerten Drucksensor. Das Druckelement dient jedoch nur der Erkennung von relativ großen Druckänderungen.

[0009] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Erfassung von Änderungen eines Wertes einer physikalischen Größe zu ermöglichen, die eine hohe Genauigkeit bei einem zugleich geringen Energieaufwand ermöglicht.

[0010] Diese Aufgabe wird gelöst durch eine Vorrichtung zur Detektion von Änderungen eines Wertes einer physikalischen Größe nach Anspruch 1. Außerdem wird die Aufgabe gelöst durch eine Rohrleitung, die von einem Fluid durchströmbar ist, nach Anspruch 8. Zudem wird die Aufgabe gelöst durch ein Detektionssystem nach Anspruch 10. Außerdem wird die Aufgabe gelöst durch ein Verfahren zur Detektion von Änderungen eines Wertes einer physikalischen Größe nach Anspruch 11. Zudem wird die Aufgabe gelöst durch die Verwendung einer Vorrichtung nach Anspruch 14 und ein Computerprogrammprodukt nach Anspruch 15. Vorteilhafte Weiterbildungen ergeben sich aus den abhängigen Ansprüchen.

[0011] Eine erfindungsgemäße Vorrichtung zur Detektion von Änderungen eines Wertes einer physikalischen Größe weist die folgenden Teile auf:

- ein erstes Bauteil, welches dazu ausgebildet ist, bei einem Überschreiten eines Schwellwertes einer Änderungsrate des Wertes der physikalischen Größe ein erstes Ausgangssignal zu erzeugen,
- ein zweites Bauteil, welches dazu ausgebildet ist, den Wert der physikalischen Größe zu ermitteln und ein entsprechendes zweites Ausgangssignal zu erzeugen, und
- eine Steuereinheit, die einen Mikroprozessor, der zum Abarbeiten vorgegebener Befehle ausgebildet ist, einen Speicher und eine Energieversorgung, die zu einer Versorgung des zweiten Bauteils mit Energie ausgebildet ist, aufweist,

wobei die Steuereinheit mit dem ersten Bauteil und dem zweiten Bauteil kabelgebunden oder kabellos verbunden und dazu ausgebildet ist, das erste Ausgangssignal und das zweite Ausgangssignal auszulesen.

[0012] Die Steuereinheit ist dabei dazu ausgebildet, den Wert der physikalischen Größe mit einer anpassbaren Messrate zu erfassen, indem die Steuereinheit das zweite Bauteil entsprechend der vorgesehenen Messrate mit Energie versorgt. Weiterhin ist die Steuereinheit dazu ausgebildet, den über das zweite Ausgangssignal erfassten Wert jeweils in dem Speicher der Steuereinheit zu hinterlegen. Darüber hinaus ist die Steuereinheit dazu ausgebildet, in Reaktion auf das Empfangen des ersten Ausgangssignals unverzüglich und unabhängig von der aktuell vorgesehenen Messrate das zweite Bauteil mit Energie zu versorgen, um einen aktuellen Wert der physikalischen Größe über das zweite Ausgangssignal zu erfassen und in dem Speicher zu hinterlegen. Mit dem Begriff „einen aktuellen Wert“ ist gemeint, dass dieser nicht nur zu einem einzigen Zeitpunkt ermittelt werden muss, sondern auch über einen definierten Zeitbereich hinweg - beispielsweise, bis das Kriterium der Schwellwertüberschreitung wieder weggefallen ist. Es kann sich demnach bei dem „aktuellen Wert“ im eigentlichen Sinn auch um einen Werteverlauf handeln.

[0013] Die erfindungsgemäße Vorrichtung kann in vorteilhafter Weise mit einer vorgegebenen Messrate über das zweite Bauteil einen aktuellen, absoluten Messwert der physikalischen Größe ermitteln und zur weiteren Verarbeitung in einem Speicher hinterlegen. Diese (absolute) Messung kann besonders stromsparend vorgenommen werden, wenn eine niedrige Messrate (in Messungen pro Zeiteinheit) gewählt wird und wenn in der Zeit der Messpause das zweite Bauteil nicht mit Energie versorgt wird. Ein langsamer Abfall oder eine Zunahme der physikalischen Größe können damit zuverlässig und mit geringer Energie detektiert werden.

[0014] Für eine Detektion von vergleichsweise schnellen Änderungen der physikalischen Größe kann die alleinige Nutzung des zweiten Bauteils nicht ausreichend sein, da unter Umständen aufgrund einer relativ groß vorgegebenen Messrate die Messung der physikalischen Größe zeitlich zu ungenau ist, d.h. die Messrate zu gering gewählt sein kann. Die Steuereinheit der erfindungsgemäßen Vorrichtung ist daher mit einem weiteren Bauteil (dem ersten Bauteil) verbunden, welches dazu ausgebildet ist, bei einem Überschreiten eines Schwellwertes einer Änderungsrate des Wertes der physikalischen Größe ein erstes Ausgangssignal zu erzeugen. Mit anderen Worten ist das erste Bauteil dazu in der Lage, eine relative Änderung der physikalischen Größe direkt, d.h. ohne eine nachgelagerte Berech-

nung von Differenzwerten zu benötigen, zu erfassen und infolgedessen ein Signal an die Steuereinheit weiterzuleiten. In Reaktion auf das von dem ersten Bauteil empfangene Signal kann die Steuereinheit das zweite Bauteil unmittelbar mit Energie versorgen, um (früher als durch die vorgegebene Messrate vorgesehen) einen aktuellen Wert der physikalischen Größe zu erfassen. Das erste Bauteil dient daher der Erfassung von relativ schnellen Änderungen der physikalischen Größe.

[0015] Die erfindungsgemäße Vorrichtung vereint in vorteilhafter Weise eine zeitlich fein auflösbare Erfassung eines Wertes einer physikalischen Größe mit einem minimalen Energieaufwand.

[0016] Bevorzugt ist die Steuereinheit dazu ausgebildet, die Messrate beim Überschreiten eines Schwellwertes einer Änderungsrate zuvor erfasster und in dem Speicher hinterlegter Werte der physikalischen Größe anzupassen. Mit anderen Worten kann die Steuereinheit die Änderungsrate bedingt durch das Überschreiten eines Schwellwertes der Änderungsrate der in dem Speicher der Steuereinheit hinterlegten historischen Werte der physikalischen Größe anpassen. Die aktuelle Änderungsrate kann dabei unter Nutzung geeigneter Algorithmen vorteilhafterweise durch die Steuereinheit selbst bestimmt und mit dem Schwellwert verglichen werden. Es ist aber auch möglich, dass eine externe, ausgelagerte Recheneinheit diese Aufgabe übernimmt und dabei die Steuereinheit ggf. auf das Überschreiten des Schwellwertes hinweist. Wird so beispielsweise eine hohe aktuelle Änderungsrate erkannt, kann die Steuereinheit die Messrate erhöhen, um die physikalische Größe zeitlich genauer auflösen zu können, wodurch sich bestimmte Charakteristiken der physikalischen Größe ggf. besser erkennen lassen.

[0017] Im Rahmen einer vorteilhaften Weiterbildung der Erfindung ist die Vorrichtung dazu ausgebildet, die in dem Speicher hinterlegten Werte der physikalischen Größe zu vorgegebenen Zeitpunkten und/oder auf Anfrage an eine übergeordnete Auswerteeinheit zu übertragen, insbesondere an eine cloudbasierte Auswerteeinheit.

[0018] Das erste Bauteil kann dazu ausgebildet sein, bei dem Überschreiten des Schwellwertes der Änderungsrate des Wertes der physikalischen Größe aufgrund einer durch die physikalische Größe auf das erste Bauteil bewirkte Kraftereinwirkung eine elektrische Spannung als das erste Ausgangssignal zu erzeugen. Diese Spannung kann dann als Eingangssignal einer speziellen Trigger-Elektronik verwendet werden, welche ein Triggersignal erzeugt und an die Steuereinheit überträgt. Das Triggersignal kann daraufhin bei der Steuereinheit einen Hardware-Interrupt auslösen, wodurch die Steuereinheit

über das Auftreten der Schwellwertüberschreitung informiert wird.

[0019] Bei einer vorteilhaften Weiterbildung der Erfindung der Schwellwert der Änderungsrate des Wertes der physikalischen Größe fünf bar pro Sekunde beträgt, wobei die physikalische Größe einen Druck, insbesondere einen Druck eines Fluids in einer Rohrleitung, darstellt. Das erste Bauteil kann dabei vorteilhafterweise ringförmig ausgebildet sein. Das erste Bauteil kann bevorzugt ein sich gemäß dem piezoelektrischen Effekt verhaltenden Material umfassen, welches auf das Ausüben einer Kraft, die durch die Druckänderung bedingt ist, mit dem Anfallen einer elektrischen Spannung reagiert. Ein solches Material ist dabei ferroelektrisch und weist einen permanenten elektrischen Dipol auf.

[0020] Das zweite Bauteil stellt vorteilhafterweise einen Drucksensor dar, der zur Erfassung eines Drucks als physikalischem Wert dient.

[0021] Die Steuereinheit kann zusätzlich zu der Detektion der Druckänderung einen exakten Zeitstempel des Änderungsereignisses zur Verfügung stellen und Sensoren zur Erfassung von Temperatur, Feuchte, Vibration, Helligkeit und dergleichen aufweisen.

[0022] Die zuvor erläuterte Aufgabe wird gleichfalls von einer Rohrleitung gelöst. Diese Rohrleitung ist von einem Fluid durchströmbar, wobei die Rohrleitung wenigstens eine Vorrichtung wie zuvor erläutert aufweist, wobei die Vorrichtung in der Rohrleitung derart angeordnet ist, dass das erste Bauteil eine Änderungsrate eines Druck des Fluids und das zweite Bauteil den Wert des Druckes des Fluides in der Rohrleitung erfassen können. Bei dieser Rohrleitung kann besonders vorteilhaft eine Druckänderung des Fluiddrucks festgestellt werden, woraufhin entsprechende Maßnahmen eingeleitet werden können, um der Druckänderung zu begegnen. Bevorzugt weist die Rohrleitung dabei eine Vielzahl von solchen Vorrichtungen auf, wie sie vorstehend erläutert wurden. Dadurch wird ermöglicht, dass die Druckänderung örtlich aufgelöst festgestellt werden kann, um die Einleitung möglicher Gegenmaßnahmen effizienter und schneller vornehmen zu können.

[0023] Auch wird die Aufgabe von einem Detektionssystem gelöst, welches eine Vielzahl von Vorrichtungen wie zuvor erläutert umfasst, die mit einer oder mehreren übergeordneten Auswerteeinheiten verbunden sind, wobei die Vorrichtungen vorzugsweise in einer Rohrleitung angeordnet sind.

[0024] Die zuvor erläuterte Aufgabe wird zudem von einem Verfahren zur Detektion von Änderungen eines Wertes einer physikalischen Größe mit einer Vorrichtung, die Vorrichtung umfassend:

- ein erstes Bauteil, welches dazu ausgebildet ist, bei einem Überschreiten eines Schwellwertes einer Änderungsrate des Wertes der physikalischen Größe ein erstes Ausgangssignal zu erzeugen,

- ein zweites Bauteil, welches dazu ausgebildet ist, den Wert der physikalischen Größe zu ermitteln und ein entsprechendes zweites Ausgangssignal zu erzeugen,

- eine Steuereinheit, die einen Mikroprozessor, der zum Abarbeiten vorgegebener Befehle ausgebildet ist, einen Speicher und eine Energieversorgung, die zu einer Versorgung des zweiten Bauteils mit Energie ausgebildet ist, aufweist, wobei die Steuereinheit mit dem ersten Bauteil und dem zweiten Bauteil kabelgebunden oder kabellos verbunden und dazu ausgebildet ist, gelöst.

[0025] Das Verfahren umfasst dabei die folgenden Schritte:

- Erfassen des Wertes der physikalischen Größe mit einer durch die Steuereinheit vorgegebenen Messrate, indem die Steuereinheit das zweite Bauteil entsprechend der vorgegebenen Messrate mit Energie versorgt und den über das zweite, von dem zweiten Bauteil erzeugten Ausgangssignal erfassten Wert jeweils in dem Speicher der Steuereinheit hinterlegt,

- in Reaktion auf das Empfangen eines von dem ersten Bauteil beim Überschreiten des Schwellwertes der Änderungsrate des Wertes der physikalischen Größe erzeugten ersten Ausgangssignals, unverzüglich und unabhängig von der aktuell vorgesehenen Messrate, Versorgung des zweiten Bauteils mit Energie, um einen aktuellen Wert der physikalischen Größe über das zweite Ausgangssignal zu erfassen und in dem Speicher der Steuereinheit zu hinterlegen. Mit dem Begriff „einen aktuellen Wert“ ist gemeint, dass dieser nicht nur zu einem einzigen Zeitpunkt ermittelt werden muss, sondern auch über einen definierten Zeitbereich hinweg - beispielsweise, bis das Kriterium der Schwellwertüberschreitung wieder weggefallen ist.

[0026] Die Messrate beim Überschreiten eines Schwellwertes einer Änderungsrate zuvor erfasster und in dem Speicher hinterlegter Werte der physikalischen Größe kann durch die Steuereinheit angepasst werden.

[0027] Die in dem Speicher hinterlegten Werte der physikalischen Größe können zu vorgegebenen Zeitpunkten und/oder auf Anfrage von der Steuereinheit an eine übergeordnete Auswerteeinheit übertragen werden, insbesondere an eine cloudbasierte Aus-

werteinheit. Dabei kann beispielsweise der Standard „Narrowband IoT“ zum Einsatz kommen.

[0028] Auch wird die Aufgabe von einer Verwendung einer Vorrichtung wie zuvor erläutert, vorzugsweise einer Vielzahl solcher Vorrichtungen, zur Überwachung einer fluiddurchströmten Rohrleitung gelöst.

[0029] Zudem wird die Aufgabe gelöst durch ein Computerprogrammprodukt, umfassend Befehle, die bei der Ausführung des Programms durch einen Computer diesen veranlassen, ein Verfahren wie zuvor erläutert auszuführen.

[0030] Die oben beschriebenen Eigenschaften, Merkmale und Vorteile dieser Erfindung sowie die Art und Weise, wie diese erreicht werden, werden klarer und deutlicher verständlich im Zusammenhang mit der folgenden Beschreibung der Ausführungsbeispiele, die im Zusammenhang mit den Figuren näher erläutert wird. Es zeigen:

Fig. 1 ein Schaubild einer erfindungsgemäßen Vorrichtung; und

Fig. 2 einen zeitlichen Verlauf eines in einer Rohrleitung gemessenen Druckes eines Fluids.

[0031] **Fig. 1** zeigt ein Schaubild einer erfindungsgemäßen Vorrichtung 1. Die Vorrichtung 1 umfasst eine Steuereinheit 2, ein erstes Bauteil 3, ein zweites Bauteil 4 und eine Trigger-Elektronik 6.

[0032] Das erste Bauteil 3 ist ringförmig ausgebildet und weist ein Material auf, das auf eine mechanische Kraft gemäß dem piezoelektrischen Effekt mit einer elektrischen Spannung antwortet. Dabei ist die als eine erstes Ausgangssignal 7 erzeugte Piezospaltung direkt proportional mit einer Druckänderung beispielsweise eines Fluids, das durch eine Rohrleitung strömt und einen Druck auf das erste Bauteil 3 und auf das zweite Bauteil 4 ausübt. Das zweite Bauteil 4 umfasst einen Drucksensor, mit dem u.a. der Druck des Fluides ermittelbar ist, das durch die Rohrleitung (nicht dargestellt) strömt. Das erste Bauteil 3 kann direkt an das zweite Bauteil 4 angrenzend angeordnet sein.

[0033] Die Piezospaltung als das erste Ausgangssignal 7 ist in die Trigger-Elektronik 6 geführt, derart, dass beim Überschreiten eines bestimmten Schwellwertes einer Druckänderung des Fluides eine derart hohe Piezospaltung 7 an der Trigger-Elektronik 6 anliegt, dass die Trigger-Elektronik 6 ein Triggersignal 8 erzeugt, welches in die Steuereinheit 2 geführt ist. In der Steuereinheit löst das Triggersignal 8 einen Hardware-Interrupt aus, wodurch die Steuereinheit 2 über das Ereignis der Schwellwertüberschreitung der Druckänderung informiert wird.

[0034] Die Trigger-Elektronik 6 kann beispielsweise einen Tiefpassfilter und einen Schmitt-Trigger aufweisen, um die beschriebene Funktionalitäten bereitzustellen. Ein Stromverbrauch der Trigger-Einheit kann 3,6 Mikroampere betragen. Das erste Bauteil kann beispielsweise schnelle Drucktransienten ab einer Änderungsrate von 5 bar pro Sekunde detektieren, wobei die erzeugte Piezospaltung 7 beispielsweise 20 Millivolt beträgt.

[0035] Die Steuereinheit 2 weist einen Mikroprozessor 9, der zum Abarbeiten vorgegebener Befehle ausgebildet ist, einen Speicher 10 und eine Energieversorgung 5, die zu einer Versorgung des zweiten Bauteils 4 mit Energie ausgebildet ist, auf. Die Steuereinheit 2 ist sowohl mit dem ersten Bauteil 3 als auch dem zweiten Bauteil 4 kabelgebunden oder kabellos verbunden und dazu ausgebildet, das erste Ausgangssignal 7 und ein zweites, von dem zweiten Bauteil 4 erzeugtes Ausgangssignal 11 auszulesen.

[0036] Die Steuereinheit 2 ist zudem dazu ausgebildet, den von dem zweiten Bauteil 4 gemessenen Druckwert mit einer anpassbaren Messrate zu erfassen, indem die Steuereinheit 2 das zweite Bauteil 4 entsprechend der vorgesehenen Messrate über die Energieversorgung 5 mit Energie versorgt, und den über das zweite Ausgangssignal 11 erfassten Druckwert jeweils in dem Speicher 10 der Steuereinheit 2 zu hinterlegen. Die Messrate kann beispielsweise eine Messung pro zwei Sekunden betragen. Während der Messpausen wird der Drucksensor als zweites Bauteil 4 komplett stromlos geschaltet und der Mikrocontroller 9 befindet sich in einem energiesparenden Low-Power Modus. Die Messung eines Druckwertes kann beispielsweise jeweils sieben Millisekunden dauern.

[0037] In dem Mikrocontroller 9 der Steuereinheit 2 ist ein Algorithmus hinterlegt, welche die in dem Speicher 10 hinterlegten historischen Druckwerte dahingehend überprüft, ob ein Schwellwert einer Änderungsrate der historischen Druckwerte, mit anderen Worten eine Differenz eines aktuellen zu einem vorherigen Druckwert, überschritten ist. In Folge eines solchen Überschreitens des Schwellwertes ist der Algorithmus dazu ausgebildet, die Messrate anzupassen. Wenn der erfasste Druck beispielsweise schnell abfällt, wird der Algorithmus die Messrate erhöhen, um zeitlich feiner aufgelöst die Druckwerte zu erfassen und in dem Speicher 10 zu hinterlegen. Diese Erhöhung der Messrate kann sukzessive, d.h. in kleinen Schritten erfolgen, um nicht übermäßig viel Energie zu verbrauchen.

[0038] Die Steuereinheit 2 ist weiterhin dazu ausgebildet, in Reaktion auf das Empfangen des ersten Ausgangssignals 7 unverzüglich und unabhängig von der aktuell vorgesehenen Messrate das zweite Bauteil 4 mit Energie zu versorgen, um einen aktuel-

len Druckverlauf mit hoher Messrate über das zweite Ausgangssignal 11 zu erfassen und in dem Speicher 10 zu hinterlegen. Bei großen, schnell erfolgenden Druckänderungen kann (somit) die Steuereinheit 2 praktisch sofort reagieren, während eine rein softwarebasierte Anpassung der Messrate verzögert vorgenommen werden würde.

[0039] Fig. 2 zeigt exemplarische Druckverläufe eines Fluids in einer Rohrleitung über der Zeit. Eine erste Kurve I stellt einen tatsächlichen ersten Druckverlauf dar. Die zuvor erläuterte Steuereinheit 2 gibt eine Messrate von einer Messung pro zwei Sekunden vor, was durch die Kreuzmarkierungen in der Kurve I symbolisiert ist. Bei einem Vergleich des Druckwertes, der nach acht Sekunden gemessen wird, mit einem Druckwert, der bei sechs Sekunden gemessen wird, stellt der Algorithmus der Steuereinheit 2 fest, dass ein bestimmter Schwellwert der Druckänderung überschritten ist. Daraufhin erhöht er die Messrate, um den (weiteren) Druckverlauf zeitlich enger zu erfassen und dadurch ein mögliches Triggerereignis mit weiteren Druckmesswerten zu bestätigen. Die Erhöhung der Messrate kann dabei schrittweise in mehreren Stufen erfolgen (z.B. 2s, 500ms, 100ms, 10ms), um möglichst schnell einen signifikanten Druckgradienten zu erfassen und als Triggerereignis softwarebasiert zu detektieren und einen Softwaretrigger auszulösen.

[0040] Der Druckgradient kann jedoch im weiteren Verlauf so schwach ausgeprägt sein, dass das Triggerkriterium (eine definierte Druckänderung muss für eine bestimmte Zeitdauer anliegen, also das Produkt Druckgradient [bar/s] * Zeitdauer [s], also $dp/dt * T$) nicht erfüllt ist, mit der Folge, dass kein Softwaretrigger ausgelöst wird und die Messrate wieder auf die langsamste Messrate z.B. 2s zurückgestellt wird.

[0041] Der Softwaretrigger veranlasst den Mikrocontroller 9, die Messrate für eine bestimmte, vorher festgelegte Zeitdauer von z.B. 60s zu erhöhen (z.B. auf 10ms), um den weiteren Druckverlauf mit hoher Abtastrate zu erfassen. Die hohe Abtastrate ist notwendig, um bei der Kreuzkorrelation mit den Signalverläufen von benachbarten Messstellen eine möglichst gute Ortsauflösung zu erzielen.

[0042] Die adaptive Erhöhung der Messrate dient dazu, dem Softwaretrigger möglichst schnell weitere Messwerte beizusteuern, um das definierte Triggerkriterium zu überprüfen bzw. zu verwerfen. Als Triggerkriterium kann das Produkt „Druckgradient * Dauer“, (z.B. $0,1\text{bar/s} * 3\text{s} - 0,3\text{bar}$) verwendet werden. Dabei ist das Kriterium auch erfüllt, wenn der Gradient größer, aber von kürzerer Dauer ist (z.B. $0,3\text{bar/s} * 1\text{s}$). Kurze Ausreißer der Messwerte (z.B. Störsignale) führen dabei nicht unmittelbar zu einem Fehltrigger.

[0043] Ein Vorteil der Erfindung ergibt sich beispielsweise beim Vorliegen einer unkritischen Druckschwankung in einem Wassernetz (z.B. durch plötzliche hohe Wasserentnahme seitens der Verbraucher). In diesem Fall würde der Druck im Rohr wieder auf den Ursprungswert (über Schwellwert) ansteigen. Durch die feine Messauflösung der erfindungsgemäßen Vorrichtung 1 könnte dieser Anstieg schnell erkannt werden und das Ereignis korrekterweise als unkritisch eingeordnet werden.

[0044] Eine zweite Kurve II zeigt einen zweiten Druckwertverlauf II, der nach ca. vier Sekunden einen starken Abfall aufweist. Wäre die Vorrichtung 1 nur dazu ausgebildet, eine rein softwarebasierte Anpassung der Messrate über den Algorithmus vorzunehmen, würde dieser aufgrund der 2-sekündigen Messung den Druckabfall erst nach sechs Sekunden feststellen und die Messrate erhöhen (im Bereich B). Die erfindungsgemäße Vorrichtung 1 nutzt hier jedoch den Trigger durch das erste Bauteil 1, um im Bereich A, also beim Auftreten des Druckabfalls, schon die Messrate zu erhöhen (z.B. auf 10ms). Dadurch wird der Verlauf der Kurve II zwischen den Bereichen A und B im Gegensatz zu bislang bekannten Vorrichtungen exakt erfasst.

[0045] Die erläuterte Vorrichtung 1 ermöglicht eine stromsparende und dabei gleichzeitig in der Geschwindigkeit adaptive Detektion von Druckänderungen eines Fluides in einer Rohrleitung. Mit Verwendung der vorgeschlagenen Vorrichtung 1 und deren Daten- und Energiebedarfsreduktion kann eine Rohrbrucherkennung mit batteriebetriebenen Sensoren über viele Jahre erfolgen. Zudem ist eine präzise Leckortung durch Kreuzkorrelation (Druck-Rohdaten) möglich, die zum Zeitpunkt des Druckabfalls selektiv erfasst werden.

[0046] Obwohl die Erfindung im Detail durch das bevorzugte Ausführungsbeispiel näher illustriert und beschrieben wurde, so ist die Erfindung nicht durch das offenbarte Beispiel eingeschränkt, und andere Variationen können vom Fachmann hieraus abgeleitet werden, ohne den Schutzzumfang der Erfindung zu verlassen.

ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde automatisiert erzeugt und ist ausschließlich zur besseren Information des Lesers aufgenommen. Die Liste ist nicht Bestandteil der deutschen Patent- bzw. Gebrauchsmusteranmeldung. Das DPMA übernimmt keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

Zitierte Patentliteratur

- DE 617502 C [0003]
- EP 0507705 A1 [0003]
- DE 7040823 U [0006]
- DE 6911897 U [0006]
- DE 582011 A [0007]
- EP 3588042 A1 [0008]

Patentansprüche

1. Vorrichtung (1) zur Detektion von Änderungen eines Wertes einer physikalischen Größe, aufweisend:

- ein erstes Bauteil (3), welches dazu ausgebildet ist, bei einem Überschreiten eines Schwellwertes einer Änderungsrate des Wertes der physikalischen Größe ein erstes Ausgangssignal (7) zu erzeugen,
- ein zweites Bauteil (4), welches dazu ausgebildet ist, den Wert der physikalischen Größe zu ermitteln und ein entsprechendes zweites Ausgangssignal (11) zu erzeugen,
- eine Steuereinheit (2), die einen Mikroprozessor (9), der zum Abarbeiten vorgegebener Befehle ausgebildet ist, einen Speicher (10) und eine Energieversorgung (5), die zu einer Versorgung des zweiten Bauteils (4) mit Energie ausgebildet ist, aufweist, wobei die Steuereinheit (2) mit dem ersten Bauteil (3) und dem zweiten Bauteil (4) kabelgebunden oder kabellos verbunden und dazu ausgebildet ist, das erste Ausgangssignal (7) und das zweite Ausgangssignal (11) auszulesen, wobei die Steuereinheit (2) dazu ausgebildet ist, den Wert der physikalischen Größe mit einer anpassbaren Messrate zu erfassen, indem die Steuereinheit (2) das zweite Bauteil (3) entsprechend der vorgesehenen Messrate mit Energie versorgt, und den über das zweite Ausgangssignal (11) erfassten Wert jeweils in dem Speicher (10) der Steuereinheit (2) zu hinterlegen, und wobei die Steuereinheit (2) dazu ausgebildet ist, in Reaktion auf das Empfangen des ersten Ausgangssignals (7) unverzüglich und unabhängig von der aktuell vorgesehenen Messrate das zweite Bauteil (4) mit Energie zu versorgen, um einen aktuellen Wert der physikalischen Größe über das zweite Ausgangssignal (11) zu erfassen und in dem Speicher (10) zu hinterlegen.

2. Vorrichtung (1) nach Anspruch 1, bei der die Steuereinheit (2) dazu ausgebildet ist, die Messrate beim Überschreiten eines Schwellwertes einer Änderungsrate zuvor erfasster und in dem Speicher (10) hinterlegter Werte der physikalischen Größe anzupassen.

3. Vorrichtung (1) nach Anspruch 1 oder 2, die dazu ausgebildet ist, die in dem Speicher (10) hinterlegten Werte der physikalischen Größe zu vorgegebenen Zeitpunkten und/oder auf Anfrage an eine übergeordnete Auswerteeinheit zu übertragen, insbesondere an eine cloudbasierte Auswerteeinheit.

4. Vorrichtung (1) nach einem der vorangegangenen Ansprüche, bei der das erste Bauteil dazu ausgebildet ist, bei dem Überschreiten des Schwellwertes der Änderungsrate des Wertes der physikalischen Größe aufgrund einer durch die physikalische Größe auf das erste Bauteil (3) bewirkte Krafteinwirkung eine elektrische Spannung als das erste Ausgangssignal (7) zu erzeugen.

5. Vorrichtung (1) nach Anspruch 4, bei dem der Schwellwert der Änderungsrate des Wertes der physikalischen Größe fünf bar pro Sekunde beträgt, wobei die physikalische Größe einen Druck, insbesondere einen Druck eines Fluids in einer Rohrleitung, darstellt.

6. Vorrichtung (1) nach Anspruch 4 und 5, bei der das erste Bauteil (3) ringförmig ausgebildet ist.

7. Vorrichtung (1) nach einem der vorangegangenen Ansprüche, bei der das zweite Bauteil (4) einen Drucksensor zur Erfassung eines Drucks als physikalischem Wert darstellt.

8. Rohrleitung, die von einem Fluid durchströmbar ist, und die wenigstens eine Vorrichtung (1) gemäß einem der Ansprüche 1 bis 7 aufweist, wobei die Vorrichtung (1) derart in der Rohrleitung angeordnet ist, dass das erste Bauteil (3) eine Änderungsrate eines Drucks des Fluids und das zweite Bauteil (4) den Wert des Druckes des Fluides in der Rohrleitung erfassen können.

9. Rohrleitung nach Anspruch 8, die eine Vielzahl von Vorrichtungen (1) gemäß einem der Ansprüche 1 bis 7 aufweist.

10. Detektionssystem, umfassend eine Vielzahl von Vorrichtungen (1) gemäß einem der Ansprüche 1 bis 7, die mit einer oder mehreren übergeordneten Auswerteeinheiten verbunden sind, wobei die Vorrichtungen (1) vorzugsweise in einer Rohrleitung gemäß Anspruch 8 oder 9 angeordnet sind.

11. Verfahren zur Detektion von Änderungen eines Wertes einer physikalischen Größe mit einer Vorrichtung (1), die Vorrichtung (1) umfassend:

- ein erstes Bauteil (3), welches dazu ausgebildet ist, bei einem Überschreiten eines Schwellwertes einer Änderungsrate des Wertes der physikalischen Größe ein erstes Ausgangssignal (7) zu erzeugen,
- ein zweites Bauteil (4), welches dazu ausgebildet ist, den Wert der physikalischen Größe zu ermitteln und ein entsprechendes zweites Ausgangssignal (11) zu erzeugen,
- eine Steuereinheit (2), die einen Mikroprozessor (9), der zum Abarbeiten vorgegebener Befehle ausgebildet ist, einen Speicher (10) und eine Energieversorgung (5), die zu einer Versorgung des zweiten Bauteils (4) mit Energie ausgebildet ist, aufweist, wobei die Steuereinheit (2) mit dem ersten Bauteil (3) und dem zweiten Bauteil (4) kabelgebunden oder kabellos verbunden und dazu ausgebildet ist, das Verfahren umfassend:
- Erfassen des Wertes der physikalischen Größe mit einer durch die Steuereinheit (2) vorgegebenen

Messrate, indem die Steuereinheit (2) das zweite Bauteil (4) entsprechend der vorgegebenen Messrate mit Energie versorgt und den über das zweite, von dem zweiten Bauteil (4) erzeugte Ausgangssignal (11) erfassten Wert jeweils in dem Speicher (10) der Steuereinheit (2) hinterlegt,

- in Reaktion auf das Empfangen eines von dem ersten Bauteil (3) beim Überschreiten des Schwellwertes der Änderungsrate des Wertes der physikalischen Größe erzeugten ersten Ausgangssignals (7), unverzüglich und unabhängig von der aktuell vorgesehenen Messrate, Versorgen des zweiten Bauteils (4) mit Energie, um einen aktuellen Wert der physikalischen Größe über das zweite Ausgangssignal (11) zu erfassen und in dem Speicher der Steuereinheit (2) zu hinterlegen.

12. Verfahren nach Anspruch 11, bei dem die Messrate beim Überschreiten eines Schwellwertes einer Änderungsrate zuvor erfasster und in dem Speicher (10) hinterlegter Werte der physikalischen Größe durch die Steuereinheit (2) angepasst wird.

13. Verfahren nach Anspruch 11 oder 12, bei dem die in dem Speicher (10) hinterlegten Werte der physikalischen Größe zu vorgegebenen Zeitpunkten und/oder auf Anfrage von der Steuereinheit (2) an eine übergeordnete Auswerteeinheit übertragen werden, insbesondere an eine cloudbasierte Auswerteeinheit.

14. Verwendung wenigstens einer Vorrichtung (1) gemäß einem der Ansprüche 1 bis 7, vorzugsweise einer Vielzahl solcher Vorrichtungen (1), zur Überwachung einer fluiddurchströmten Rohrleitung.

15. Computerprogrammprodukt, umfassend Befehle, die bei der Ausführung des Programms durch einen Computer diesen veranlassen, ein Verfahren wie in einem der Ansprüche 11 bis 13 beschrieben auszuführen.

Es folgt eine Seite Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

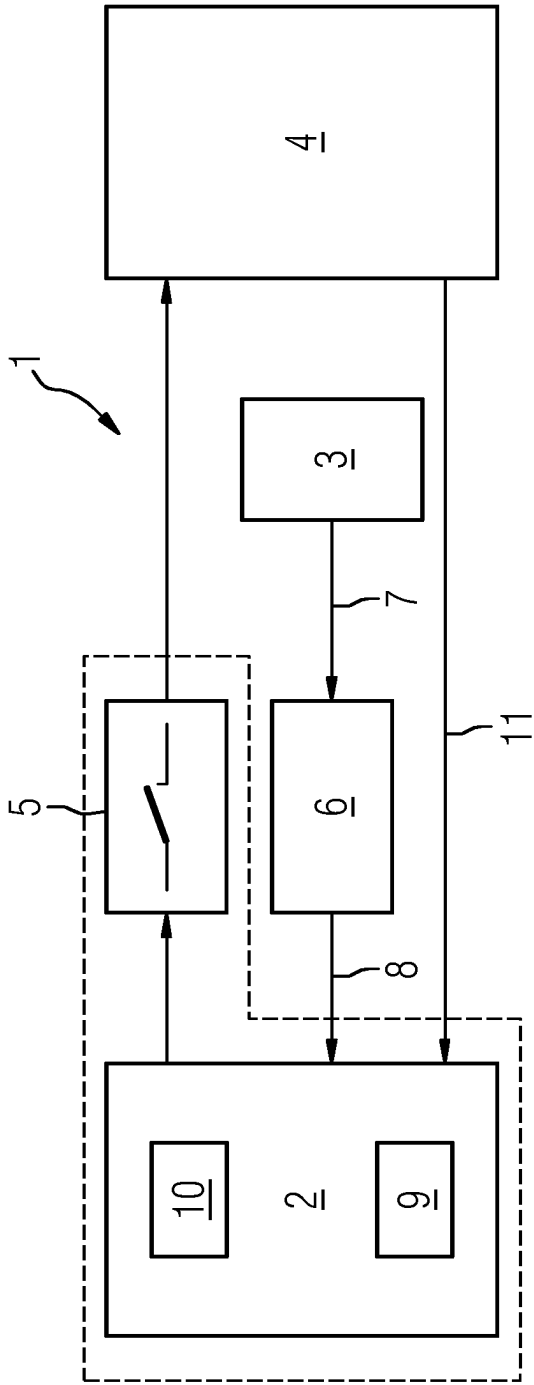


FIG 1

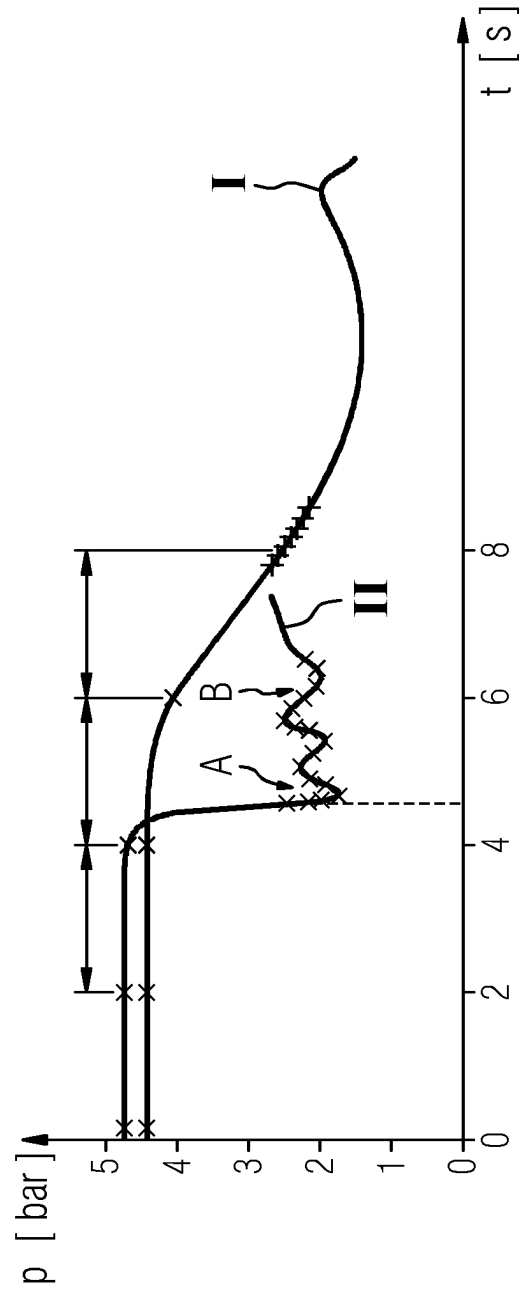


FIG 2