

Verfahren und Vorrichtung zur Überwachung magnetisch-induktiver Durchflussmesser

Die Schutzrechte sind angemeldet als Patentanmeldung:

beim Deutschen Patent- und Markenamt

weiterhin sind gestellt: Prüfungsantrag nach § 44 Patentgesetz
Rechercheantrag nach § 43 Patentgesetz

Schutzrechte sind weiterhin angemeldet als:

Gebrauchsmuster beim Deutschen Patent- und Markenamt

Vorrichtung zur Überwachung magnetisch-induktiver Durchflussmesser

Beschreibung der Erfindung:

Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Fehlerkompensation und Überwachung teil- oder vollbefüllter magnetisch-induktiver Durchflussmesser mit einem Messrohr, wobei im Messrohr Elektroden angeordnet sind, die eine der Durchflussgeschwindigkeit proportionale Spannung abgreifen.

Diese Messanordnungen mit Elektroden zur Geschwindigkeitsmessung und damit zur Durchflussmessung sind allgemein bekannt.

Mit magnetisch-induktiven Durchflussmessern wird der Volumendurchfluss von elektrisch leitfähigen Messstoffen gemessen. Ein elektrischer Leiter, das ist im Allgemeinen eine elektrisch leitfähige Flüssigkeit oder Suspension (Messstoff), bewegt sich durch ein Magnetfeld. In dem vom Magnetfeld durchflossenen Messstoff wird entsprechend dem Faradayschen Prinzip eine Spannung e induziert, die direkt proportional von der mittleren Fließgeschwindigkeit v abhängt. Die magnetische Induktion B (Stärke des Magnetfeldes) und der Elektrodenabstand D (Rohrnennweite) werden als konstant betrachtet.

$$(1) \quad e = K \times B \times v \times D$$

mit:

- B** magnetische Induktion
- K** Gerätekonstante
- v** mittlere Fließgeschwindigkeit des Messstoffes
- D** Elektrodenabstand

Der Elektrodenabstand **D** ist für magnetisch-induktive Durchflussmesser gleich dem Rohrdurchmesser.

Der Volumendurchfluss **Q** lässt sich berechnen nach:

$$(2) \quad Q = v \times D^2 \times \frac{\pi}{4}$$

Aus Gleichung 1 folgt:

$$(3) \quad v = e / K \times B \times D$$

Damit ist:

$$(4) \quad Q = (e / K \times B) \times D \times \frac{\pi}{4}$$

Damit **e = proportional Q** ist, muss der gesamte Rohrquerschnitt vom Messstoff durchströmt sein.

Die Befüllung des gesamten Messrohrquerschnittes ist daher eine grundlegende Voraussetzung für das Funktionieren dieser Messgeräte mit minimalen Fehlern.

Für teilbefüllte magnetisch-induktive Durchflussmesser (auch Freispiegelmessungen genannt) sind Lösungen bekannt.

Dazu werden in die Rohrauskleidung berührungslose kapazitive Füllstandmesser integriert. Damit sollen Messungen bis hinunter zu 10% Teilbefüllung möglich sein.

Bei dieser Fehlerkorrektur wird aber der Einfluss von Ablagerungen nicht mit berücksichtigt. Diese Ablagerungen können auch wie Sedimente verstanden werden, die den Messrohrquerschnitt unterhalb der Elektroden verringern.

Ablagerungen auf der Rohrsohle verfälschen durch Verkleinerung des Querschnitts das Messergebnis, während Ablagerungen auf den Messelektroden zu fehlerhafter Geschwindigkeitsmessung durch falsche Spannungsmessung führen können.

Die spezifische Dielektrizitätskonstante der Ablagerungen führt hier zu einer zusätzlichen Fehlmessung der Füllstandmessung und damit zu einer fehlerhaften Durchflusskorrektur.

Diese Ablagerungen im Messaufnehmer sind vorwiegend im Zulauf zur Kläranlage zu befürchten aber auch in feststoffbeladenen Zuläufen von Trinkwasseraufbereitungsanlagen.

Es sind auch magnetisch-induktive Messwertaufnehmer bekannt, die durch zusätzliche Elektrodenpaare im teilbefüllten Zustand messen können.

Ein anderer Weg die vollständige Befüllung des Messrohres zu gewährleisten, ist die Dükerung. Dabei wird der magnetisch-induktive Durchflussmesser tiefer als der Zu- und

Ablauf der zu messenden Rohrleitung gelegt. Diese Einbauvariante des magnetisch-induktiven Durchflussmessers birgt aber bei niedrigen Messstoffgeschwindigkeiten die Gefahr der Sedimentbildung.

Aufgabe der Erfindung ist es, ein Verfahren und eine Vorrichtung anzugeben mit der vorstehend genannter Fehler eines magnetisch-induktiven Durchflussmessers nicht nur erkannt, sondern auch kompensiert wird.

Gegenstand der Erfindung ist eine Vorrichtung zur Erkennung von Fehlern in Durchflusssignalen von magnetisch-induktiven Durchflussmessern, die Messrohre aus einem gegenüberliegenden Elektrodenpaar besitzen und deren Messrohr teil- oder voll mit Messstoff gefüllt ist, wobei

- a) durch ein oberhalb der Messelektroden eingebautes piezoelektrisches Element im Impuls-Echo-Betrieb die Echolaufzeit im Gasraum bis zur Flüssigkeitsoberfläche bei teilgefüllten Messrohren mit einer niedrigen Frequenz oder bei vollgefüllten Messrohren die Echolaufzeit in der Flüssigkeit mit einer höheren Frequenz, senkrecht zur Strömungsrichtung ermittelt wird,
- b) entsprechend dem Schritt a) die ermittelte Flüssigkeitshöhe allein oder mit der ermittelten Höhe des Gasraumes über der Flüssigkeit zur Querschnittsberechnung verwendet wird,
- c) dass entsprechend Schritt a) die ermittelte Flüssigkeitshöhe zur Beurteilung der Funktionsfähigkeit des magnetisch-induktiven Durchflussmessers herangezogen wird.

Gegenstand der Erfindung ist ferner ein magnetisch-induktiver Durchflussmesser für voll- oder teilbefüllte Messrohre, wobei

- e) ein piezoelektrisches Komposit die Flüssigkeitshöhe oder eine vorhandene Gasraumhöhe senkrecht von oben nach unten ermittelt,
- f) das piezoelektrische Komposit nicht in Kontakt mit der Flüssigkeit steht,
- g) das piezoelektrische Komposit Teil einer Messstoffüberwachung ist,
- h) das piezoelektrische Komposit ein leitfähiges Gehäuse besitzen kann und mit der Flüssigkeit in Kontakt steht.

Die Messung des vom Messstoff durchströmten Querschnittes muss von oben erfolgen, da eine lose Ansammlung von Sedimenten, zum Beispiel Sandkörner, keine Messung der Messstoffhöhe von unten gestattet.

Die Füllhöhenmessung erfolgt mit einem piezoelektrischen Element durch die Laufzeitmessung eines Ultraschallimpulses.

Mit dem erfindungsgemäßen Verfahren kann bei teilgefüllten Messrohren mit einer Impuls-Laufzeitmessung der Abstand vom piezoelektrischen Element gemessen werden. Das piezoelektrische Element besteht aus einem Komposit, vorzugsweise mit der 1-3 Konnektivität. Diese Komposite können mit so einer niedrigen Frequenz angeregt werden,

dass die erzeugten Ultraschallwellen den über der Flüssigkeit sich befindenden Gasraum durchdringen können. Für kleine Rohrdurchmesser beziehungsweise geringe Messwege sind in bekannter Weise die Laufzeiten zwischen Mehrfachechos auszuwerten.

Auch bei teilgefüllten Messrohren kann sich Sediment bilden. Soll dieses berücksichtigt werden, muss zur Messung das Messrohr voll befüllt werden.

Nachfolgend soll das erfindungsgemäße Verfahren an einem mit Messstoff voll befüllten magnetisch-induktiven Durchflussmesser demonstriert werden

Bei voll befülltem Messrohr wird mittels Ultraschall die Schallweglänge durch das Messmedium von oben senkrecht nach unten bestimmt. Das piezoelektrische Element wird mit Impulsen kurzer Dauer in einem Frequenzbereich angeregt, der die Transmission der Ultraschallwellen durch die Flüssigkeit gestattet. Je nach Messrohrdurchmesser sollten die Impulslängen den Frequenzen zwischen 250 kHz und etwa 2 MHz entsprechen. Wenn die Messstoffüberwachung die volle Befüllung der Messrohres ermittelt, wird nachfolgend verfahren:

Das oberhalb der Elektroden angebrachte piezoelektrische Element ermittelt den Abstand von der Messrohrwand und der Oberfläche des im unteren Teil befindlichen Sedimentes.

Mit:

r Messrohrradius ($r = \frac{1}{2} D$)

h Füllhöhe des Sedimentes ($h = D - m$)

Aus der gemessenen Füllhöhe des Messstoffes **m** ergibt sich die durch das Sediment besetzte Querschnittsfläche **A** zu:

$$(5) \quad A = r^2 \arccos \frac{r-h}{r} - (r-h) \sqrt{2rh - h^2}.$$

Der wahre Volumendurchfluss **Q_w** errechnet sich danach zu:

$$(6) \quad Q_w = v \times D^2 \times \frac{\pi}{4} - A$$

Diese Berechnung gilt unter der Annahme, dass die Sedimente im Messrohr einen Kreisabschnitt bilden und das Messrohr voll befüllt ist.

Je nach Ausbildung der Querschnittsfläche kann die Berechnungsvorschrift variiert werden. Wird die durchströmte Querschnittsfläche durch eine Teilbefüllung des Messrohres ständig gemindert, kann keine kontinuierliche Messung der Sedimenthöhe durch die Messung der Schalllaufzeit in der Flüssigkeit erfolgen.

Zur Vereinfachung der Berechnung können natürlich auch normierte Korrekturfaktoren in einer Tabelle abgespeichert werden. Zur Korrektur des durchflossenen Querschnittes wird dann nur noch das Verhältnis von Rohrdurchmesser und ermitteltem Abstand zur Sedimentoberfläche gebildet und mit dem abgespeicherten Korrekturwert aus der Tabelle verrechnet.

Sinngemäß kann die Korrektur natürlich auch für teilbefüllte Messrohre mit oder ohne Sediment angewendet werden.

Dazu wird bei teilbefüllter Rohrleitung das piezoelektrische Komposit mit einer niedrigen Frequenz angeregt. Für die Messung der Luftstrecke über der Flüssigkeit wird dann das piezoelektrische Komposit mit einer Impulsfolge (Burst) etwa zwischen 50 kHz bis 200 KHz angeregt. Um auch verwertbare Ergebnisse bei relativ kleinen Luftstrecken zu bekommen, werden die Laufzeiten zwischen Mehrfachechos ausgewertet. Damit kann die Begrenzung durch die „Blockdistanz“ der noch minimal messbaren Strecke des Gasraumes über der Flüssigkeit umgangen werden.

Bei laufendem Betrieb des magnetisch-induktiven Durchflussmessers kann damit die Befüllung ermittelt werden. Ist gleichzeitig mit Sedimenten zu rechnen, muss das Messrohr durch geeignete Maßnahmen zur Ermittlung dieser Sedimente kurzzeitig voll befüllt werden. Diese Intervalle unterbrechen kurzzeitig die kontinuierliche Durchflussmessung.

Diese Maßnahmen können im Rahmen von Wartungsarbeiten durchgeführt werden. Bei Feststellung von Sedimenten ist entweder das Messrohr zu reinigen, oder der nicht durchströmte Kreisabschnitt ist als Korrekturwert bei der weiteren Durchflussmessung zu berücksichtigen.

Die zur Füllhöhenmessung verwendeten piezoelektrischen Elemente (Komposit's) ragen nicht in den Messstoff hinein. Je nach Ausgestaltung kann durch das äußere Messrohr oder durch das innere elektrisch isolierte Messrohr hindurch gemessen werden. Auch ein Einbetten des Komposit's in den Inliner ist möglich.

Die Komposite können auch mit einer, der Frequenz angepassten, Schutzschicht (Koppelschicht) versehen werden. Werden diese piezoelektrischen Elemente als Teil einer Messstoffüberwachung ausgebildet, ist die zur Flüssigkeit hin gewandte Seite leitfähig. Der Aufbau des Komposits ist dann so zu gestalten, dass eine Potentialtrennung der Anregespannung des Komposits von der Messrohrüberwachung erfolgt.

Die Erfindung wird mit Bezug auf die Zeichnung nachfolgend näher beschrieben.
Es zeigen:

Fig. 1: magnetisch-induktive Durchflussmesseinrichtung mit Querschnittskompensation in Schnittdarstellung bei vollgefülltem Messrohr

Fig. 2: magnetisch-induktive Durchflussmesseinrichtung mit Querschnittskompensation als Teil einer Messstoffüberwachung bei teilgefülltem Messrohr

Fig. 1 zeigt einen Querschnitt einer magnetisch-induktiven Durchflussmesseinrichtung mit den Spulen **3a** und **3b** sowie den Elektroden **2a** und **2b** im Querschnitt. Im Messrohr **1**, das hier mit nicht weiter dargestellten Flanschen in ein Rohrsystem angeordnet ist, wird der Rohrquerschnitt durch eine Sedimentschicht **6** verringert.

Der für das strömende Messstoffmedium zur Verfügung stehende Rohrquerschnitt ist um die Fläche eines Kreisabschnittes kleiner. Zur Kompensation des Fehlers genügt es, die Sedimenthöhe **6** zu bestimmen. Da der Messrohrdurchmesser gleich dem Abstand des Elektrodenpaares **2a** und **2b** und damit bekannt ist, muss nur die Höhe der Sedimentschicht **6** bestimmt werden. Die Abstandmessung zwischen dem piezoelektrischen Element **4** und der Oberfläche des Sediments **6** wird durch die Laufzeit **5** bestimmt. Ein Füllstandmesser **9** mit variabler Sendefrequenz nach dem Impuls-Echo-Verfahren ist mit einem Korrekturrechner **7** verbunden. Im Korrekturrechner wird die von dem Elektrodenpaar **2a** und **2b** gelieferte Spannung in für magnetisch-induktive Durchflussmesser bekannter Weise in eine Durchflussgeschwindigkeit umgerechnet und als kompensierter Durchflussmesswert **8** ausgegeben. Das piezoelektrische Element aus einem 1-3 Komposit wird über den Füllstandmesser mit einer kurzen Impulsfolge angeregt. Die Impulslänge kann hierbei z.B.

zwischen $4 \mu\text{s}$ und $0,5 \mu\text{s}$ liegen. Neben der Einzelimpulsanregung, die eine höhere Anregespannung erfordert, kann das 1-3 Komposit auch beispielsweise mit einem Burst der entsprechenden Frequenz zwischen 250 kHz und 2 MHz angesteuert werden. Die Elektrode der Messstoffüberwachung **16** ist Teil der Messstoffüberwachung **10**. Bei voll befülltem Messrohr **1** arbeitet der Füllstandmesser **9** mit einer höheren Ultraschallfrequenz zur Messung in der Flüssigkeit.

Aus dem Füllstandmesswert wird die um die Fläche des Kreisabschnittes verringerte durchströmte Querschnittsfläche im Korrekturrechner ermittelt.

Die Berechnung kann direkt nach der Funktion (5) erfolgen oder als abgespeicherter Tabellenwert (zum Beispiel als dimensionsloses Verhältnis von Elektrodenabstand **D** und ermittelter Füllhöhe **h** des Sedimentes **6**).

In der in **Fig. 1** gezeigten Ausführungsform erfolgt die Messung der Laufzeit **5** mit einem piezoelektrischen Element **4** durch die Messrohrwand **1** hindurch.

Die Montage des piezoelektrischen Elementes **4**, welches Teil einer Füllstandmeseinrichtung **9** ist, erfolgt in der bekannten Weise, wie sie bei Messungen durch die Wand notwendig ist. Der Ultraschallübergang zwischen piezoelektrischem Element und der Messrohrwand erfordert ein Koppelmedium.

Der Vorteil dieser Ausführungsform besteht darin, dass die zusätzliche Messung der Laufzeit **5** mit einer Füllstandmessung mit einem piezoelektrischen Element **4** durchgeführt wird, die keine zusätzliche Bohrung im Messrohr **1** erfordert. Dichtprobleme können somit nicht auftreten. Zwischen Inliner und Messrohr muss der Ultraschalldurchgang ebenso gewährleistet sein.

Für die Durchführung des Verfahrens kann die Montage des Komposits in unterschiedlichen Ausführungen erfolgen. Eine Einbettung in den Inliner ist ebenso möglich. Die Messstoffüberwachung erfolgt durch die Messstoffüberwachungselektroden **16** und **12**. Die Anordnung dieser Elektroden, zum Beispiel vor oder hinter dem Komposit **4**, hat keinen Einfluss auf die Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens.

Die Füllhöhenmessung des Sedimentes **6** kann natürlich parallel zur Durchflussmessung durchgeführt werden. Ist der Messstoff aber gasblasenreich oder besitzt einen so großen Anteil an Feststoffen, dass keine Messung während der Durchströmung möglich ist, genügt es, in bestimmten Zeitabschnitten eine Kontrollmessung mit stehendem Messstoff, nur mit Wasser oder mit einer anderen geeigneten Flüssigkeit zu machen. Wird eine bestimmte Höhe des Sedimentes **6** ermittelt, die technologisch noch keine Säuberung des magnetisch-induktiven Durchflussmessers erfordert, wird die Durchflussmessung mit dem korrigierten Querschnitt weiter fortgeführt.

Sich ändernde Schallgeschwindigkeiten des Messstoffes können durch Plausibilitätsprüfung des Füllstandmesswertes überwacht oder zusätzlich kompensiert werden.

In der Mehrzahl der Anwendungsfälle ist der Messstoff bekannt und der Temperaturbereich der Anwendung bewegt sich in bekannten Grenzen.

Fig. 2 zeigt eine magnetisch-induktive Durchflussmeseinrichtung mit Querschnittskompensation als Teil einer Messstoffüberwachung **10** mit den Spulen **3a** und **3b** sowie dem Elektrodenpaar **2a** und **2b** bei teilbefülltem Messrohr im Querschnitt.

Oberhalb der Elektroden **2a** und **2b** ist ein piezoelektrisches Element aus einem Komposit **4** in einen Füllstandsensor mit einem zur Flüssigkeit hin leitfähigem Gehäuse **11** eingebaut. Der Füllstandsensor wird mit einer niedrigen Frequenz betrieben, da die Messstoffüberwachung **10** mit den Messstoffüberwachungselektroden **12** und **11** eine Teilbefüllung des Messrohres **1** ermittelt hat. Die niedrige Betriebsfrequenz des Füllstandmessers **9** gestattet die Ermittlung der Höhe des Gasraumes über der Flüssigkeit. Der Füllstandmesser **9** nach dem Impuls-Echo-Verfahren ist mit einem Korrekturrechner **7** verbunden. Im Korrekturrechner wird die von

dem Elektrodenpaar **2a** und **2b** gelieferte Spannung in für magnetisch-induktive Durchflussmesser bekannter Weise in eine Durchflussgeschwindigkeit umgerechnet und als kompensierter Durchflussmesswert **8** ausgegeben. Die Kompensation kann sowohl den Gasraum über der Flüssigkeit betreffen, als auch zusätzlich eine ermittelte Sedimentschicht.

Aus den Füllstandmesswerten wird wie in **Fig.1** erläutert, die um die Kreisabschnitte des Gasraumes und Sedimentes verringerte durchströmte Querschnittsfläche im Korrekturrechner ermittelt.

In der in **Fig. 2** gezeigten Ausführungsform erfolgt die Messung der Laufzeit **14** im Gasraum über der Flüssigkeit mit einem Füllstandsensor aus dem Komposit **4** und der leitfähigen Schicht **11** im Inliner auf der Messrohrwand **1**.

Die Durchführung der Füllhöhenmessung des Sedimentes **6** kann so erfolgen wie unter **Fig. 1** beschrieben, wobei das Messrohr vorher voll befüllt wird.

In weiteren hier nicht näher dargestellten Ausführungsformen kann die Durchführung der Messstoffüberwachung auch anders gestaltet sein.

Das erfindungsgemäße Verfahren kann auch bei magnetisch-induktivem Durchflussmesser mit kapazitivem Signalabgriff erfolgen.

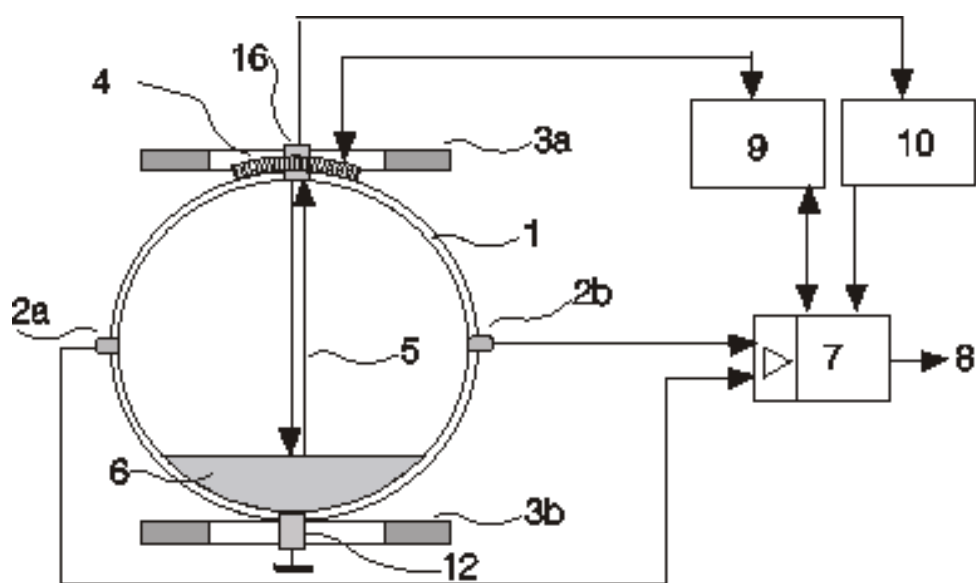


Fig. 1

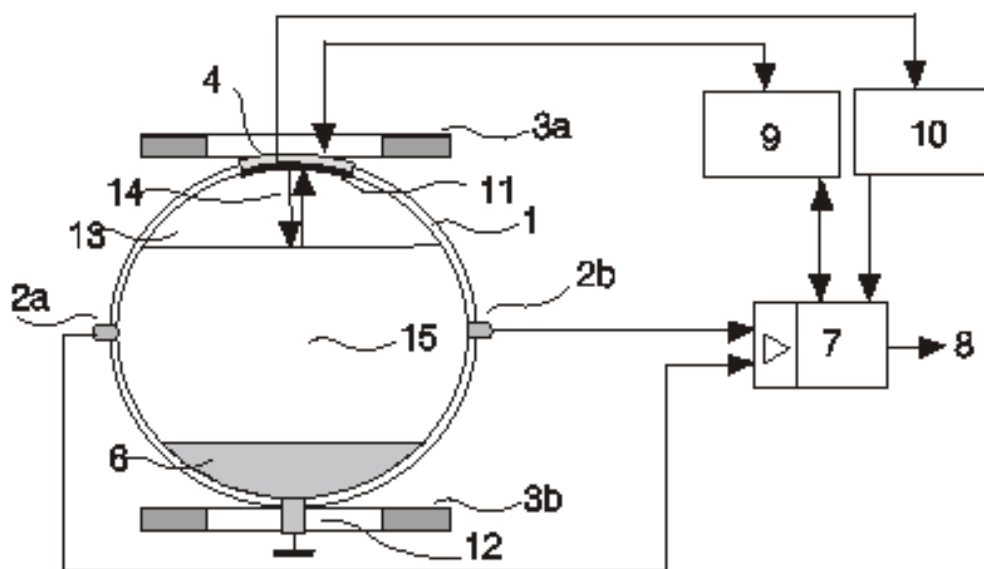


Fig. 2

Patentansprüche

1. Verfahren zur Überwachung von voll- oder teilbefüllten magnetisch- induktiven Durchflussmessern, deren anteilige Flüssigphase an der Messrohrbefüllung ermittelt wird
dadurch gekennzeichnet,
dass ein oberhalb der Messelektroden eingebautes piezoelektrisches Element
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet,
dass
3. Vorrichtung zur Durchführung eines Verfahrens nach einem der vorhergehenden Ansprüche zur Fehlerkompensation und Überwachung magnetisch- induktiver Durchflussmesser mit einem piezoelektrischen Element,
dadurch gekennzeichnet,
dass ein piezoelektrisches Element aus einem Komposit besteht
4. Vorrichtung nach Anspruch 1 dadurch gekennzeichnet, dass das piezoelektrische Komposit eine
5. Vorrichtung nach Anspruch 3 und 4 dadurch gekennzeichnet, dass das piezoelektrische Komposit
6. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das piezoelektrische Komposit.....
7. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das piezoelektrische Komposit