

Die Erfindung betrifft ein neues Verfahren zur Ermittlung der Korrosivität und/oder Erosivität von fluiden Medien bzw. der Massenänderung von mit, insbesondere strömenden, Korrosion und/oder Erosion verursachenden, fluiden Medien in Berührung kommenden bzw. stehenden metallischen Werkstoffen, insbesondere auf Basis von Eisen bzw. Stahl, wobei ein in seiner Zusammensetzung und/oder Struktur jener der genannten metallischen Werkstoffe gleichender oder entsprechender Prüf- bzw. Probekörper während eines vorgegebenen Zeitraumes in das fluide Medium eingebracht bzw. mit demselben in Kontakt gebracht bzw. gehalten wird und die Änderung, insbesondere der Verlust, von dessen Masse als elektrische Meßgröße erfaßt und ermittelt wird. Ferner betrifft die Erfindung eine Vorrichtung zur Ermittlung der Korrosivität und/oder Erosivität von Fluiden Medien bzw. der Massenänderung von mit, insbesondere strömenden, Korrosion und/oder Erosion verursachenden, fluiden Medien in Berührung kommenden bzw. stehenden metallischen Werkstoffen, insbesondere auf Basis von Eisen bzw. Stahl, mit mindestens einem Sensor mit mindestens einem in seiner Zusammensetzung und/oder Struktur jener der genannten metallischen Werkstoffe gleichender oder entsprechender Prüf- bzw. Probekörper, welcher während eines vorgegebenen Zeitraumes in das fluide Medium einbringbar ist, weiters mindestens einer Einrichtung zur Versorgung des Sensors mit Strom/Spannung und mindestens einer Einrichtung zur Ermittlung einer der Änderung, insbesondere des Verlustes, der Masse des Prüfkörpers entsprechenden elektrischen Meßgröße.

Zu Korrosion und Erosion, insbesondere elektrochemischer Korrosion, Korrosionsschutz und Meßverfahren im Bereich desselben wird allgemein und einleitend folgendes ausgeführt:

20 Elektrochemische Korrosion:

Wird ein Metall insbesondere von der Oberfläche her durch elektrochemische Reaktionen angegriffen bzw. zerstört, so bezeichnet man diesen Vorgang als elektrochemische Korrosion.

Diese Art der Korrosion tritt ein, wenn an die Berührungsstelle zweier verschiedener Metalle eine Elektrolytlösung gelangt. Die einander berührenden Metalle ergeben zusammen mit der Elektrolytlösung ein Korrosionselement, also ein kurzgeschlossenes galvanisches Element.

Beim Vorgang an der Anodenseite kommt es stets zu einer Oxidation des unedleren Metalls. Als katodischer Vorgang kann dem gegenüberstehen die Reduktion von Sauerstoff, oder die Reduktion von Wasserstoffionen.

30 Sauerstoffkorrosion tritt vornehmlich in neutraler alkalischer Lösung auf, Wasserstoffkorrosion in saurer Lösung.

Bei der elektrochemischen Korrosion wird stets das unedlere Metall zerstört, indem es oxidiert wird.

Elektrochemische Korrosion droht überall dort, wo einander zwei metallische Leiter berühren. Dazu genügen schon Fremdeinschlüsse an der Metalloberfläche (hier bilden sich Lokalelemente; also kurzgeschlossene galvanische Elemente). Als Elektrolyt reicht bereits der Wasserfilm aus, der sich in der Atmosphäre an jeder Metalloberfläche ausbildet. Die Geschwindigkeit der elektrochemischen Korrosion hängt unter anderem von der Leitfähigkeit des Elektrolyten ab. Hierzu trägt schon das aus der Luft aufgenommene Kohlendioxid bei, das sich im Wasser teilweise zu Kohlensäure umsetzt. Da die Abgase von Industrieanlagen stets etwas Schwefeldioxid enthalten, ist infolge der Bildung von Schwefeliger Säure die Korrosionsgefahr in Industriegebieten besonders hoch.

Dies gilt ganz allgemein auch für Abgase aller Art, die außer oder neben SO₂ Stickstoffoxide, saure Gase, Ammoniak, Amine, reduzierende und/oder oxidierende Gase und Dämpfe aufweisen können.

Korrosionsschutz:

45 Beim Korrosionsschutz, dem außerordentlich große volkswirtschaftliche Bedeutung zukommt, sind drei Möglichkeiten zu unterscheiden:

a) Eine elektrochemische Korrosion wird verhindert, wenn nur gleiche oder elektrochemisch ähnliche Metalle bzw. Legierungen miteinander verbunden werden.

50 Das ist aber in der Praxis nicht immer möglich.

b) Eine elektrochemische Korrosion wird verhindert, wenn von der Berührungsstelle zweier verschiedener Metalle Elektrolytlösungen ferngehalten werden.

Dazu können Schutzüberzüge verschiedener Art dienen, vor allem Lacke und metallische Überzüge.

55 c) Eine elektrochemische Korrosion wird verhindert, indem man ihr auf elektrochemischem Wege entgegenwirkt.

Das kann geschehen, indem man eine genau bemessene elektrische Spannung anlegt, die dem Korrosionsstrom entgegenwirkt, oder indem man das zu schützende Metall (z.B. Stahl) mit einem unedleren Metall (z.B. Magnesium) leitend verbindet, sodaß dieses oxidiert und damit zerstört (sog. Opferanode), das

weniger unedle Metall aber geschützt wird.

Dieses Verfahren wird vor allem im Schiffbau, bei Rohrleitungen, z.B. für Erdöl oder Gas und für Tanks verwendet und als katodischer Korrosionsschutz bezeichnet.

5 Zum Korrosionsschutz werden besonders in der Industrie, wie insbesondere in der chemischen und mineralölverarbeitenden Industrie, Korrosionsinhibitoren verwendet. Korrosionsinhibitoren bilden auf der behandelten Metalloberfläche teils durch Adsorption, teils durch chemische Reaktion äußerst dünne Schutzschichten.

Meßverfahren im Bereich Korrosionsschutz:

10

Um eine qualitative und quantitative Aussage über eingeleitete Korrosionsschutzmaßnahmen zu erhalten, kommen verschiedene Meßverfahren zum Einsatz. Es seien hier beispielhaft Impedanzspektroskopie, Messungen von Gelöstsauerstoff, Wasserstoff, des pH-Wertes, des Redoxpotentials, diskontinuierliche Gewichtsbestimmung an in das Medium eingebrachten Metallproben sowie Bestimmung des Ohmschen Widerstandes an in das Medium eingebrachten Metallproben genannt.

15

Zum gegenwärtigen Stand der Technik bezüglich elektrischer Einrichtungen bzw. -verfahren für Korrosionsmessungen ist folgendes auszuführen:

20 Messungen des Ohmschen Widerstandes (Electrical Resistance Measurement = E/R-Messungen):

Bei E/R-Sensoren wird der Ohmsche Widerstand von in ein Medium eingebrachten Metallproben gemessen. Diese Metallproben in Form von kurzen Drahtstücken, Röhrchen oder Scheiben werden durch Korrosion im Medium in ihren äußeren Abmessungen verändert. Diese Änderung (Abnahme der Drahtdicke) erhöht den Ohmschen Widerstand der Metallprobe und steht somit im direkten Zusammenhang mit dem Metallverlust durch Korrosion und/oder Erosion der Probe. Die Widerstandsinformation wird in einem Aktor bzw. Wandler in Metallverlust pro Zeiteinheit umgewandelt und ergibt die Korrosionsgeschwindigkeit beispielsweise in mm/Jahr od.dgl.

25

30 Nachteile beim Einsatz von E/R Meßtechniken:

Die Probe selbst wird vom Signalstrom durchflossen, es erfolgt keine galvanische Trennung des Meßsignales vom zu messenden Medium. Weiters sind Drahtproben mechanisch instabil und benötigen z.B. beim Einsatz in Medien mit hohen Durchflußraten Schutzvorrichtungen. Auch ist die Temperaturkompensation infolge der räumlichen Trennung von Probe und Referenzteil in bestimmten Anwendungsfällen unzuverlässig. Die infolge des Abtragens auftretenden Widerstandsänderungen der Proben sind gering und liegen meist nur im Milli- bis Mikroohmbereich, d.h. die Signalerfassung ist sehr schwierig und unterliegt leicht geringen Fremdeinflüssen. Schließlich werden in starken Elektrolyten, oder bei elektrisch leitenden Ablagerungen auf der Probe die Meßwerte selbst verfälscht.

35

Weitere, heute in der Korrosionsmeßtechnik verwendete Sensoren sind insbesondere "LP-Sonden" (Linear Polarization Probes), "HY-Sonden" (Hydrogen Probes) und Sonden für die Impedanzspektroskopie. Sie haben den Nachteil, daß sie nicht umfassend technisch einsetzbar, fremdeinflußempfindlich, stör anfällig und für viele Anwendungsfälle auch zu wenig robust sind.

40

Es ist ferner bekannt, den an Armierungen von Betonbrücken-Konstruktionen infolge Korrosion auftretenden Massenverlust mittels magnetischer Messungen abzuschätzen.

45

Ähnliche Bestrebungen in jüngster Zeit gelten auch der Kontrolle der Spannelemente von Spannbeton-Konstruktionen von Brücken mittels "Squids", wobei hier erst von tastenden Vorversuchen berichtet wird.

Korrosionssensoren sind ferner aus der US-PS 4 768 383 und 4 627 905 bekannt.

Die Erfindung hat sich nun die Aufgabe gestellt, ein Verfahren und eine Vorrichtung zu entwickeln, welche die Nachteile bisher in der Korrosionsüberwachung und im Korrosionsschutz angewandter Methoden und Geräte nicht aufweisen und es ermöglichen, den infolge Korrosion und/oder Erosion auftretenden Materialabtrag auch unter technisch schwierigen Bedingungen in aggressiven Medien, praktisch fremdeinflußfrei und unter Erhalt problemlos weiterzuverarbeitender Meßsignale und -signalhöhen hoch-reproduzierbar zu ermitteln.

50

Zur Erreichung dieses Zieles wird für ein Verfahren der eingangs genannten Art gemäß der Erfindung vorgeschlagen, daß eine Sonde bzw. ein Sensor mit mindestens einem, vorzugsweise als Kern und oder Joch ausgebildeten, im Magnetfeld mindestens einer wechselstrom-beaufschlagbaren bzw. -beaufschlagten Spule in konstanter Position zu derselben angeordneten, mit dem fluiden Medium in Berührung kommen-

55

den Prüfkörper in dasselbe eingebracht wird und die aufgrund der korrosions- und/oder erosionsbedingten Änderung, insbesondere Verringerung, der Masse des Prüfkörpers eintretende Änderung mindestens einer magnetischen Kenngröße, vorzugsweise der Induktivität bzw. des induktiven Widerstandes, im Spule(n)-Prüfkörper-System, insbesondere in der Spule des Sensors bzw. einer der- bzw. demselben entsprechenden aus ihm bzw. ihr derivierten elektrisch/magnetischen Meßgröße ermittelt wird.

Von den oben beschriebenen Sondentypen des Standes der Technik sind die E/R-(Electrical Resistance)-Sonden den erfindungsgemäß eingesetzten neuen M/R (Magnetical Resistance)-Sonden als am ähnlichsten zu bezeichnen, wobei deren Arbeitsweisen kurz verglichen seien.

E/R-Sonden: Metallverlust durch Korrosion oder Erosion führt zur Ohmschen Widerstandserhöhung des direktstromdurchflossenen Sensorelementes.

M/R-Sonden: Metallverlust durch Korrosion oder Erosion am Sensorelement führt zur Induktivitätsverminderung im Sensor-Spulen/PrüfkörperSystem.

Der Erfindung liegt das Prinzip zugrunde, daß eine nichtelektrische Größe die Induktivität eines Probekörpers beeinflusst; im vorgegebenen Fall verändert die Verminderung der Masse eines Metall- z.B. Eisenkernes durch Korrosion oder Erosion z.B. innerhalb oder außerhalb einer Spule deren Induktivität.

Bei diesen induktiven Aufnehmern bzw. auf Induktivität empfindlichen Sensoren ist die Induktivität L einer Spule die zu messende elektrische Größe. Sie hängt von dem Quadrat der Windungszahl N und dem magnetischen Widerstand R_m der Spule ab.

$$L = \frac{N^2}{R_m}$$

In den magnetischen Widerstand einer von Eisen umschlossenen Spule gehen die Weglänge s der Feldlinien, die von diesen durchsetzte Fläche A, die magnetische Feldkonstante μ₀ und die Permeabilitätszahl μ_r ein:

$$R_m = \frac{s}{\mu_0 \cdot \mu_r \cdot A}$$

Die Größe, die bei diesen hier vorgestellten induktiven Aufnehmer beeinflusst wird, ist die Weglänge s oder die Permeabilitätszahl μ_r.

Aufbau und Kennlinie:

In einer einfachen Form kann eine induktive Korrosionsmeßsonde aus einer Spule, in die ein sich durch Korrosion oder Erosion in seinen äußeren Abmessungen veränderbarer Eisenkern eintaucht, bestehen.

Die magnetischen Feldlinien laufen in drei verschiedenen Bereichen, nämlich im Eisen (s_{Fe}, A_{Fe}), in Luft innerhalb der Spule (s, A) und schließlich auf ihrem Rückweg in Luft außerhalb der Spule (s_a, A_a). Der magnetische Widerstand des Sensors ist

$$R_m = \frac{s_{Fe}}{\mu_0 \cdot \mu_r \cdot A_{Fe}} + \frac{s}{\mu_0 \cdot A} + \frac{s_a}{\mu_0 \cdot A_a}$$

Der erste Term auf der rechten Seite dieser Gleichung ist wegen der im Nenner stehenden Permeabilitätszahl μ_r des Eisens mit einem Zahlenwert von 1000 - 10000 sehr viel kleiner als der zweite und kann so vernachlässigt werden. Auch der dritte Term spielt keine Rolle, da die für den Rückweg zur Verfügung stehende Querschnittsfläche A_a sehr viel größer als die Fläche A im Inneren der Spule ist. Gegebenenfalls kann auch ein Mantel aus Weicheisen um die Spule gelegt werden, in dem die Feldlinien praktisch widerstandsfrei verlaufen würden. Damit ist für den magnetischen Widerstand nur die eisenfreie Strecke s im Inneren der Spule bestimmend.

$$R_m = \frac{s}{\mu_0 * A}$$

5 und die Induktivität der Sonde

$$10 \quad L = \frac{\mu_0 * A * N * N}{s} = \frac{k}{s} \quad \text{mit } k = \mu_0 * A * N * N$$

ist um so kleiner, je mehr der Eisenkern (Metallprobe) im Inneren der Spule durch Korrosion oder Erosion vermindert wird. Sie hängt von der im Nenner stehenden eisenfreien Strecke s ab, wodurch sich ein hyperbelförmiger Verlauf der Kennlinie ergibt. Die Empfindlichkeit

$$15 \quad E = \frac{dL}{ds} = - \frac{\mu_0 * A * N * N}{s * s} = - \frac{L}{s}$$

20 nimmt ebenfalls ab mit zunehmendem s. Die relative Induktivitätsänderung und die relative Wegänderung sind einander mit umgekehrten Vorzeichen gleich, wie die Umstellung der letzten Gleichung zeigt:

$$25 \quad \frac{dL}{L} = - \frac{ds}{s}$$

Nach dieser Erläuterung der Grundlagen der neuen Korrosions-Meßmethode sollen im folgenden verschiedene Details derselben und ihre Vorteile im Vergleich zum bekannten Stand der Technik aufgezeigt werden:

Die wesentlichen Vorteile der neuen Technik, insbesondere gegenüber der an sich eingeführten und oben erläuterten, direkten Widerstandsmessung am Prüfkörper selbst sind im wesentlichen die folgenden:

Der induktive Widerstand ist gegenüber Temperaturschwankungen oder -gradienten an sich weitgehend unempfindlich.

Um selbst diese an sich im Vergleich zur Höhe des beim Verfahren vom Sensor gelieferten Meßsignales geringen Störeinflüsse infolge der Temperaturabhängigkeit des Gleichstromwiderstandes berücksichtigen zu können, kann derselbe auf einfache Weise durch Beaufschlagung der Spulenanordnung des Sensors mit Gleichstrom bestimmt und entsprechend kompensiert werden.

Der zum Einsatz kommende Sensor ist gegenüber ungleichmäßiger Korrosion unempfindlich, da die Masse des im Magnetfeld-Einfluß der Spule, z.B. etwa als deren Kern, angeordneten Prüfkörpers aus einem magnetfeldbeeinflußbaren Metall, insbesondere auf Basis von Eisen, bzw. dessen Massenveränderung bestimmt wird, anstelle der Querschnittsfläche einer wie bei E/R-Messungen üblichen Drahtschlinge, welche insbesondere infolge Lochfraß-Korrosion über deren Länge hin stark variieren kann.

Die Genauigkeit, Empfindlichkeit und "Auflösung" der neuartigen Messung ist -gegenüber den Änderungen des Gleichstromwiderstandes bei den bisher üblichen E/R-Messungen wesentlich, und zwar etwa tausendfach erhöht.

Elektrisch leitfähige Ablagerungen aus dem Fluid haben keinen Einfluß, da kein Kontakt zwischen Medium und stromdurchflossener Spule besteht. Darüber hinaus- werden magnetische Meßgrößen ermittelt und eben kein direkter Widerstand des Prüfkörpers selbst.

Die stromleitende Spule ist vom fluiden Medium galvanisch isoliert, wodurch eventuelle Explosionsgefahr praktisch ausgeschaltet ist, aber auch die bei vorhandenem kathodischem Korrosionsschutz bestehenden Verhältnisse nicht stören.

Auf sich durch Formgebung und Dimensionierung von Prüfkörper, Spule und Sensor ergebende Einflüsse, weiters auf solche aufgrund des eingesetzten Wechselstroms und seiner "Form" sowie des korrodierenden Mediums selbst kann bei gleichbleibendem Meßbereich, insbesondere durch entsprechende Wahl der Frequenz, jeweils Rücksicht genommen und eine Optimierung der Messung erreicht werden.

Diese Eigenschaft führt zu verbesserter Meßdatenauflösung, da jeweils immer ein großer Teil des Meßbereiches genutzt werden kann.

Infolge des robusten Aufbaues der Sonden und ihrer "Magnet-Sensoren" kann ein großes Anwendungs- und Einsatzspektrum auf dem Gebiet der Korrosionsüberwachung und des Korrosionsschutzes erzielt werden.

Darüber hinaus sind noch folgende weitere Vorzüge des neuen Verfahrens zu nennen:

5 Es ist auch für ionenarme und nichtkontinuierliche Elektrolyten anwendbar und erbringt eine definierte, gegebenenfalls sogar lineare Induktivitäts-Korrosions-Kurve. Weiters ermöglicht es eine einfache Kalibrierung bzw. Eichung durch Ausnutzung von Gewichtsmessungen. Alle stromführenden Teile und Leitungen sind "gekapselt" und kommen mit dem korrosiven Medium nicht in Kontakt.

10 Bei Überschreitung eines vorher bestimmten Massenabtrags infolge Korrosion kann die Energiezufuhr automatisch die Stromversorgung des Sensors abschalten, wodurch ein zusätzlicher Schutz insbesondere in exopolisiven Medien gegeben ist; durch ein derartiges Abschalten wird auch eine eindeutige Anzeige erreicht werden, die gesamte Sonde gegen eine neue auszutauschen.

15 Infolge der hohen Flexibilität und Anpassungsfähigkeit der Methode können bisher verwendete Proben-Formen und Dimensionen, sowie bewährte und in Gebrauch stehende Wanddurchführungen in Behälter und Rohre weiterbenutzt werden, wobei gleichzeitig ohne Änderung der Bauweise eine adaptive Optimierung der Messungen ermöglicht ist.

Ein Nachteil soll vorsorglich nicht unerwähnt bleiben, wird aber infolge des Einsatzes innerhalb von Leitungs- und Behältersystemen aus Metallen in der Praxis minimiert: Die neue Methode ist gegenüber starken äußeren Magnetfeldern empfindlich und macht eine entsprechende Kalibrierung notwendig.

20 Was nun den praktischen Einsatz der neuen Methode und der bei deren Anwendung benutzten Geräte betrifft, kommen in erster Linie Fluidmedien-Führungs- und/oder -Lager-Speicher-Systeme in Frage, wobei die fluiden Medien von hochkonzentrierten Elektrolytlösungen, Säuren, Basen, Komplexbildnern, wie organische Säuren, über Salzlösungen bis zu schwachen Elektrolyten, wie Leitungs- oder Speisewässer, organisch belasteten Wässern, Abrasiva Sande oder Schlämme führenden Wässern, Trüben, Suspensionen und
25 organischen bzw. biogenen Flüssigkeiten und Emulsionen, wie Erdöle, Öle, organische Lösungsmittel, landwirtschaftliche Fluide, wie Milch, Gülle, Waschwässer u.dgl. und schließlich bis zu, gegebenenfalls heißen, Gasen, Abgasen, Räuchen, Stäuben mit saurem oder alkalischem und/oder reduktivem oder oxidativem Charakter reichen können.

30 Von besonderem Interesse sind selbstverständlich die den korrosiven Fluidmedien ausgesetzten fluid-führenden und/oder fluidhaltenden Konstruktionsteile, wie Behälter- und Rohrwandungen, Fittings, Ventile, Hähne usw. und insbesondere die an deren Innenseiten angeordneten Oberflächen.

In erster Linie sind diese genannten Anlagenteile mit Metallen oder Legierungen ferromagnetischer bzw. magnetfeldbeeinflussbarer Natur, insbesondere auf Basis von Eisen, also mit Stählen verschiedener Art gebildet.

35 Als Beispiele für magnetische Kenngrößen sei etwa die Feldliniendichte oder Suszeptibilität angeführt, deren Größe bzw. Veränderungen z.B. durch Einbau von Hall-Detektoren, magnetfeldsensitiven Chips oder "Squids" in das Spule/Prüfkörper-System der erfindungsgemäßen Sensoren ermittelt werden können.

40 Bevorzugt ist es, insbesondere im Hinblick auf eine jeweils auf das verwendete Sensorsystem und das korrosive Medium und die von demselben angegriffenen Anlagenteile abgestimmte Optimierung der Messung des der tatsächlichen Korrosion entsprechenden Massenverlustes, die Spule des Sensors mit einem, vorzugsweise sinusförmigen, Wechselstrom mit einer Frequenz im Bereich von 100 bis 300s⁻¹, insbesondere von 150 bis 250s⁻¹, zu beaufschlagen.

45 Um eine besonders genaue Ermittlung des am Prüfkörper durch ein aggressives Fluidmedium verursachten Masseverlustes und damit präzise Rückschlüsse auf den zeitlichen Verlauf des Verschleißes von der Korrosion, Abrasion oder Erosion ausgesetzten Konstruktionselementen zu ermöglichen, ist es von besonderem Vorteil, wenn zur Kompensation von Einflüssen, insbesondere aufgrund der jeweiligen Temperaturverhältnisse, das Spule-Prüfkörper-System des Sensors alternierend sequentiell mit Gleichstrom zur Ermittlung des jeweils aktuellen Ohmschen Gleichstrom-Widerstandes oder einer entsprechenden elektrisch/magnetischen Meßgröße und mit dem für die Messung vorgesehenen Wechselstrom zur Ermittlung
50 des aktuellen Wertes des Gesamtwiderstandes oder einer entsprechenden elektrisch/magnetischen Meßgröße beaufschlagt wird, und durch Bildung der Differenz der beiden Widerstandswerte bzw. Meßgrößen, die Induktivität des Spule-Prüfkörper-Systems bzw. deren Änderung oder eine ihr entsprechende elektrisch-magnetische Meßgröße ermittelt wird.

55 Bei einer Vorgangsweise gemäß Anspruch 4 ist dem genutzten Bereich der Magnetisierung keine obere Grenze gesetzt, und es ist damit hohe Flexibilität der Messung sichergestellt.

Je nach den in bezüglich ihrer Korrosion zu überwachenden Gefäßen, Behältern, Kesseln, Tanks, Rohrleitungen, Pipelines u.dgl. herrschenden Strömungsverhältnissen, Anströmwinkeln u.dgl. kann es vorteilhaft sein, eine der prinzipiellen sterischen Anordnungen der Sensoren bzw. ihrer Prüfkörper gemäß

Anspruch 5 zu wählen.

Eine Vorrichtung der eingangs genannten Art ist erfindungsgemäß dadurch gekennzeichnet, daß sie mindestens eine Sonde bzw. mindestens einen Sensor mit mindestens einem, vorzugsweise als Kern und/oder Joch ausgebildeten, im Magnetfeld mindestens einer wechselstrom-beaufschlagbaren bzw. -beaufschlagten Spule in konstanter Position zu derselben angeordneten, mit dem fluiden Medium in Berührung kommenden Prüfkörper, mindestens eine mit dem Spule-Prüfkörper-System bzw. dessen Spule verbundene Einrichtung zur Versorgung derselben mit Strom/Spannung, insbesondere Wechselstrom/-spannung vorgegebbarer Frequenz, Amplituden-Form und -Höhe und mindestens eine ebenfalls mit dem Spule-Prüfkörper-System des Sensors verbundene Einrichtung zur Ermittlung mindestens einer von dessen magnetischen Kerngrößen, insbesondere von dessen Induktivität bzw. induktivem Widerstand, umfaßt.

Eine besonders vorteilhafte Bauform, welche eine über einen Tiefenabschnitt, z.B. in einem strömenden Medium in einer Rohrleitung od.dgl. quer zur Strömungsrichtung desselben integrierte Aussage bezüglich korrosionsbedingter Massenveränderungen ermöglicht, ist vom Anspruch 7 umfaßt.

Soll eine Messung des Abtrages auf einer etwa in Stromrichtung liegenden Fläche erfolgen, ist eine Ausführungsform der Sonde bzw. des Sensors und seines Prüfkörpers gemäß Anspruch 8 von Vorteil.

Es soll an dieser Stelle betont werden, daß die in den beschriebenen Korrosions-Sensoren eingesetzten Probe- bzw. Prüfkörper infolge der beschriebenen, flexiblen Gestaltung durchaus bisher für Korrosionsmessungen verwendeten und eingeführten, handelsüblichen Sonden bzw. Sensoren, z.B. den oben erläuterten E/R-Sensoren, weiters aber auch den üblichen "Coupon"-Prüfplättchen entsprechende Formen und Abmessungen aufweisen können, also z.B. Rechteck-Streifen oder Rundplättchen sein können.

Eine insbesondere auch strömungstechnisch günstige Form läßt sich bei einer weiteren bevorzugten Bauweise gemäß Anspruch 9 mit zylindrischem Prüfkörper erreichen.

Bei einer besonders günstigen Anordnung einer Spule mit einem kern innerhalb des eben beschriebenen Sensors mit zylindrischem Prüfkörper gemäß Anspruch 10 lassen sich besonders ausgeprägte Signalthöhen-Differenzen und damit eine erhöhte Präzision der Messungen erreichen.

Wenn aufgrund von Temperatur und Mediumsbeschaffenheit irgendwie möglich, ist es, unter anderem auch aus Gründen einer einfacheren und damit kostengünstigen Herstellungsweise, die gleichzeitig eine hohe Variabilität bei der Form, Gestaltung und Dimensionierung der Spule selbst und der sterischen Anordnung des Probe- bzw. Prüfkörpers relativ zu derselben sicherstellt, von Vorteil, die Prüfkörperhalterung und gegebenenfalls auch die Sensorhalterung mit einem mediumsinierten, mediumsundurchlässigen, thermostabilen Werkstoff, z.B. auf Silikatbasis, insbesondere mit einem Polymer bzw. Kunststoff, auszubilden.

Als dafür geeignete Kunststoffe seien beispielsweise Polypropylene, Acrylharze, Alkydharze und insbesondere Epoxyharze genannt.

Um insbesondere Abrasions- und Erosionsgefahr für die Prüfkörperhalterung hintanzuhalten, ist es günstig, wenn die Prüfkörperhalterung und gegebenenfalls auch die Sondenhalterung aus Kunststoff mit einer korrosions- und/oder erosions-inerten Beschichtung und/oder Panzerung, z.B. aus hartstoffkeramischem Material, ausgebildet sind.

In diesem Sinne und insbesondere auch zur Erhaltung der Dichtheit der Konstruktion gegen Mediumsangriff und damit der galvanischen Trennung von Spule und Fluid ist es besonders günstig, wenn die Spule und/oder der Prüfkörper in die Masse der Sensor-Prüfkörper-Halterung eingegossen vorliegen.

Dazu ist es vorteilhaft, beim Betten von Spule und/oder Prüfkörper in die zu härtende Kunststoffmasse einen besonders innigen Haft-, eventuell sogar chemischen -Kontakt zwischen der jeweils fluid-dicht einzubettenden Oberfläche des Prüfkörpers bzw. der Windungen der Spule und dem fließfähigen Polymer herzustellen und möglichst Schrumpffreiheit bei der Endpolymerisation bzw. Aushärtung bzw. beim Erstarren der Massen zu gewährleisten.

Bei der oben beschriebenen Bauform mit einer Sondenhalterung etwa in Hohlstabform, die einerseits eine genaue Positionierung des Prüfkörpers in einer definierten Zone des Querschnittes eines fluidführenden Elementes ermöglicht, andererseits auch die Montage von außen erleichtert, ist es insbesondere hinsichtlich mechanischer Schonung und Fluid-Abdichtung von besonderem Vorteil, wenn die Versorgungs- und/oder Steuer-Zuleitungen und -Ableitungen des Sensors bzw. von dessen Spule-Prüfkörper-System und dessen Meßdatenleitungen durch die Sensorhalterung der Sonde, insbesondere durch einen Hohlraum derselben, geführt sind.

Dieser Vorteil kommt besonders dann zum Tragen, wenn eine Sondenhalterung mehr als eine Korrosionsmeßsonde und daher ein Leitungsbündel aufweist.

Von weiterem besonderem Vorteil, weil direkten Tausch von bisher verwendeten und im Einsatz stehenden E/R-Sonden oder auch Sonden mit für eine Wagung vorgesehenen "Coupons" - also von für Korrosionstests vorgesehenen, genormt dimensionierten Prüfplättchen - ermöglichend, ist ein Ausführungs-

form, bei welcher die Sensorhalterung mit dem Sensor in einen mit standardisierten genormten bzw. handelsüblichen und/oder gestehenden Behälter- bzw. Rohrwanddurchdringungen kompatibelen, vorzugsweise druckfest dichtenden, Fitting, insbesondere Schraubfitting, gegebenenfalls lösbar, eingebaut ausgebildet ist.

5 Mit diesen bewährten und auch in hochdruckfesten Ausführungen erhältlichen Wanddurchführungsfitting ist eine Einbringung der neuen Magnetmeßsensoren in ein zu überwachendes Fluid ohne Umbau bestehender Anlagen in günstiger Weise möglich.

Um in Fluiden oder Fluidströmen auch Korrosivitäts- und/oder Korrosionsprofile ermitteln zu können, wurde eine weitere vorteilhafte Bauform der erfindungsgemäßen Geräte entwickelt, die darin besteht, daß die Sensorhalterung mindestens zwei, vorzugsweise im Abstand zueinander angeordnete, gegebenenfalls unterschiedlich ausgebildete, Meßsensoren aufweist.

Eine auch für andere Induktivitätsmessungen, jedoch insbesondere für das gegenständliche Verfahren und die Vorrichtung gemäß der vorliegenden Erfindung und die im Rahmen derselben eingesetzten Sonden und Sensoren wegen ihres einfachen und robusten Aufbaues besonders geeignete, bei vorteilhafter Bauweise sich selbst regelnde Überwachungs-, Steuerungs-, Regel- und Meßwert erfassungs- und -verarbeitungs-Einrichtung ist dadurch gekennzeichnet, daß das bezüglich Induktivität zu messende Spule-Prüfkörper-System bzw. die Spule des Sensors in einen, vorzugsweise geschlossenen, Spannungs- bzw. Strom-Versorgungs-, Meß- und Steuerungs-Regelkreis integriert ist, welcher einen Mikroprozessor mit Steuer- und Meßwert-Erfassungs- und Verarbeitungsprogramm zur Abgabe von Gleichstrom und Wechselstrom gewünscht einstellbarer Frequenz, Amplituden-Form und -Höhe, vorzugsweise in digitalisierter Form, einen mit demselben über Versorgungs- und Steuerleitung(en) verbundenen Digital-Analog-Konverter umfaßt, der ausgangsseitig über einen vom Mikroprozessor steuerbaren Analog-Umschalter über eine Speiseleitung, vorzugsweise mit Widerstand und Pufferverstärker, mit dem magnet-sensiblen, insbesondere induktiven, Spule-Prüfkörper-System, insbesondere Spule des Sensors verbunden ist, daß die Spule, vorzugsweise spannungsabfallliefernd, mit einem Meßverstärker, vorzugsweise 1:1-Meßverstärker, verbunden ist, welchem ausgangsseitig ein Effektivwertwandler für Wechselstrom angeschlossen ist, der seinerseits mit einem, gegebenenfalls mehrstufigen, Differenzverstärker verbunden ist, daß die Eingangsseite des Differenzverstärkers weiters über eine beim Schalter abzweigende Referenzleitung mit Sample- und Holdschaltung zur Speicherung und Abgabe einer vom Mikroprozessor zugeführten Referenzspannung an den Differenzverstärker verbunden ist, und daß schließlich der Differenzverstärker ausgangsseitig, vorzugsweise über einen Analog-Digital-Konverter, und eine Meßdaten- und Steuerleitung mit dem Mikroprozessor verbunden ist.

In innigem Zusammenhang mit dem erfindungsgemäßen Verfahren und den insbesondere dafür vorgesehenen, vorher beschriebenen Komponenten steht eine die bisherige direkte Bestimmung der Massenveränderung, insbesondere des Massenverlustes, von Korrosionsprüfstreifen, -ronden oder dergleichen revolutionierende, jedoch keinerlei Änderungen der Meßstellen selbst erfordernde Variante der Erfindung, bei welcher der Induktivitätssensor nicht innerhalb des korrosiven Mediums angeordnet ist, sondern eine Waage ersetzend außerhalb, z.B. in einem Prüflabor, und in diesen die früher einer Wägung zugeführten Prüfkörper eingebracht werden, wobei deren Masse bzw. Massenänderung eben auf dem Weg einer Induktivitätsmessung ermittelt wird und vorteilhafterweise das neue Gerät anstelle der oben beschriebenen In-Situ-Sonde in die oben beschriebene Versorgungs-, Steuer- und Meßvorrichtung integriert sein kann.

Die neue Vorrichtung zur Bestimmung der Masse bzw. Massenänderung von korrosiven und/oder erosiven Fluiden ausgesetzten Prüfkörpern, insbesondere "Coupons", außerhalb des Fluids ist gekennzeichnet durch mindestens eine in einem, vorzugsweise schirmenden, Gehäuse angeordnete, über Leitungen mit Wechselspannung versorgbare Spule, in deren Innerem eine Halterung für eine positionsgenau reproduzierbare Aufnahme eines korrodierten Probe- bzw. Prüfkörpers, insbesondere "Coupons", vorgesehen ist und mindestens eine mit der Spule verbundene Einrichtung zur Versorgung derselben mit Strom Spannung, insbesondere Wechselstrom/-spannung vorgebarbarer Frequenz, Amplituden-Form und -Höhe und mindestens eine ebenfalls mit dem Spule-Prüfkörper-System verbundene Einrichtung zur Ermittlung mindestens einer von dessen magnetischen Kerngrößen, insbesondere von dessen Induktivität bzw. induktivem Widerstand.

Damit kann auch diese bewährte normgerechte Wägetechnik der Korrosionsüberwachung weiter beschleunigt werden.

Besonders vorteilhaft ist es, das eben beschriebene Gerät sozusagen als "Induktivitätsgeber" in eine Vorrichtung, die innerhalb des korrosiven Mediums eingesetzt wird, zu integrieren.

Anhand der Zeichnung wird die Erfindung näher erläutert:

Es zeigen die Fig. 1-3 jeweils Drauf- und Seitenansichten verschiedener Ausführungsformen von in-situ-Sonden und deren Sensoren gemäß der Erfindung, Fig 4 eine schematische Darstellung der erfindungsge-

mäßen Einrichtung mit Versorgungs-, Steuerungs- und Messungseinrichtung und schließlich Fig.5 eine Sondervariante der Erfindung für eine Massenbestimmung an korrodierten Prüfkörpern außerhalb der korrosiven fluiden Medien.

Bei den in den Fig. 1-3 gezeigten Sonden 500 mit in der Reihenfolge der Figuren rechteckig- bzw. kreiförmig-plättchenartige und einseitig-geschlossen-zylindrische Form aufweisenden Prüfkörpern 5 ist jeweils am distalen Ende einer stabförmigen Sensorhalterung 1 eine in das fluide Medium einzubringende bzw. eingebrachte,

etwa rechteckig-ovale (strömungsgünstige) quer zur Strömungsrichtung zu positionierende, eine rundscheibenförmige, etwa in Mediumsstromrichtung zu positionierende und eine zylinderförmige Prüfkörperhalterung 2 angeordnet, wobei in Ausnehmungen 21 oder die Halterung 2 umhüllend, der Prüfkörper 5 jeweils fluiddicht angeordnet, z.B. gußverklebt, ist und sich im Inneren der Prüfkörperhalterung 1, wie nur in Fig. 1 angedeutet, über in einen Hohlraum 11 geführte, dort gegebenenfalls eingegossene, Leitungen 31 mit Strom/Spannung versorgbare Spule, insbesondere- Flachspule 3, befindet, deren Einbringungsöffnung in den gezeigten Ausführungsformen der Fig. 1 und 2 mit Dichtele-
 15 menten 4 abgeschlossen sind. In dem Hohlraum 11 können selbstverständlich auch Meßleitungen, z.B. zur Weitergabe des im System von Spule 3 und Probekörper 5 auftretenden Spannungsabfalles angeordnet sein.

In Fig. 3 ist zusätzlich schematisch gezeigt, wie die Sonde 500 in einem mit Standard-Wanddurchdringungssystemen kompatiblen Schraubfitting 7 eingesetzt ist. Zusätzlich weist die Sonde 500 der Fig. 3 einen zentralen Spulenkern 6 auf, der an die Innenseite des zylindrischen Prüfkörpers 5, etwa ein Kern-Joch-
 20 System bildend, dicht anschließt. Die in Fig. 4 gezeigte, besonders bevorzugte Ausbildungsform des erfindungsgemäßen neuen Korrosionsprüfgerätes weist folgende Merkmale auf:

Ein multifunktionseller Mikroprozessor 10 beliefert über Leitung 150 einen Digital-Analog-Konverter 20 mit jeweils auf die Meßaufgabe und Meßgerätskonfiguration optimal abgestellter Frequenz, Amplitudenform und -höhe aufweisendem Wechselstrom, der dort analogisiert wird und über einen Schalter 30, Leitung 160 einen Widerstand 40 und einen Pufferverstärker 50 in die Spule 3 des vorher beschriebenen Spule-
 25 Prüfkörper-Systems des hier in unterbrochener Linie gezeigten Prüfkörpers 5 bzw. der Sonde 500, der bzw. die mit einem korrosiven Fluid in Kontakt steht und Massenverlust erleidet.

Von der Spule 3 wird über zwei nicht näher bezeichnete Leitungen eine deren Gesamt-Widerstand also etwa der Summe von induktivem und Ohmschen Widerstand entsprechende Spannung U_w abgegriffen und dem 1:1-Verstärker 70 zugeführt.
 30

Alternierend zum Wechselstrom wird vom Mikroprozessor 10 aus der Spule 3 Gleichstrom vorgegebener Spannung zugeführt und nun eine dem nur reinen Ohmschen Gleichstromwiderstand des Sensorsystems entsprechende Gleichspannung U_G ebenfalls dem 1:1-Verstärker 70 zugeführt, von wo die beiden
 35 jeweils bei Wechsel- und Gleichstrombeaufschlagung gewonnenen Spannungsabfallwerte U_w, U_G in den Differenzverstärker 100 gelangen, in welchem die Differenzbildung zwischen den beiden Werten erfolgt und eine der Induktivität der Spule 3 entsprechende Spannung U_I ermittelt wird.

Diese Induktivitätsspannung U_I wird im Differenzverstärker 100 mit einer demselben - ebenfalls vom Mikroprozessor 10 gesteuerten - über Leitung 150, DA-Konverter 20, alternierend umgeschalteten Schalter
 40 30 und Referenzleitung 160' mit Sample- und Hold-Speicher 80 zugeführten Referenzspannung U_R verglichen und beim Auftreten unterschiedlicher Werte von Referenzspannung U_R und temperaturkompensierter Induktivitätsspannung U_I wird über einen Analog-Digital-Konverter 110 mit 20000 Stufen und Leitung 150' dieses Differenzsignals U_D dem - auch die Messung selbst vornehmenden - Mikroprozessor 10 zugeführt, welcher - der Signaldifferenz U_D entsprechend - eine Adaption der Referenzspannung U_R solange
 45 durchführt, bis die ihm zugeführte Signaldifferenz U_D Null beträgt.

Erfolgt nun ein Masseverlust des Prüfkörpers 5 der Sonde 500, so ändert sich dadurch deren Induktivität, damit aber die an ihr abgegriffene U_w , die daraus derivierte Spannung U_I und es muß aufgrund des über die Rückkopplungs-Steuerleitung 150' kommenden Differenz-Signals U_D vom Mikroprozessor aus eine Nachjustierung des Signals für die Referenzspannung U_R erfolgen.
 50

Die Anzahl der Nachjustierungsschritte pro Zeiteinheit bzw. der Änderung der Referenzspannung U_R ist ein Maß für die durch die Korrosion des Prüfkörpers verursachte Massenänderung, die dann problemlos ermittelt werden kann. Somit ist hier eine einen geschlossenen Regelkreis aufweisende, universell einsetzbare Vorrichtung gegeben.

Das in Fig. 5 gezeigte Gerät gemäß einer Sondervariante der Erfindung ist für die Bestimmung des Masseverlustes von aus einem korrodierenden System entnommenen, dort selbst für einen Zeitraum dem Medium ausgesetzten Probekörpern 5, sogenannten "Coupons" geeignet, und stellt somit eine außerhalb des korrosiven Mediums angeordnete Sonde 500' dar. Deren Sensor 9 ist, wenn auch anders dimensioniert und konfiguriert, völlig identisch mit den o.a. Induktivitätssonden aufgebaut.
 55

In einem schirmenden Gehäuse 8 ist eine über Leitung 31 mit Wechselstrom versorgbare Spule 3 angeordnet, an deren Innenseite eine Halterung 21 für einen hochreproduzierbar im Inneren der Spule 3 positionierbaren Coupon 5 angeordnet ist, wobei der Coupon 5 hier einen durch seine Massenveränderung infolge Korrosion die Induktivität der Spule 3 wesentlich verändernden "Spulenkern" darstellt. Günstigerweise ist dieser "Trocken-Sensor 500" in eine Vorrichtung gemäß Fig. 4 integriert.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Ermittlung der Korrosivität und/oder Erosivität von fluiden Medien bzw. der Massenänderung von mit, insbesondere strömenden, Korrosion und/oder Erosion verursachenden, fluiden Medien in Berührung kommenden bzw. stehenden metallischen Werkstoffen, insbesondere auf Basis von Eisen bzw. Stahl, wobei ein in seiner Zusammensetzung und/oder Struktur jener der genannten metallischen Werkstoffe gleichender oder entsprechender Prüf- bzw. Probekörper während eines vorgegebenen Zeitraumes in das fluide Medium eingebracht bzw. mit demselben in Kontakt gebracht bzw. gehalten wird und die Änderung, insbesondere der Verlust, von dessen Masse als elektrische Meßgröße erfaßt und ermittelt wird, **dadurch gekennzeichnet**, daß eine Sonde bzw. ein Sensor mit mindestens einem, vorzugsweise als Kern und/oder Joch ausgebildeten, im Magnetfeld mindestens einer wechselstrom-beaufschlagbaren bzw. -beaufschlagten Spule in konstanter Position zu derselben angeordneten, mit dem fluiden Medium in Berührung kommenden Prüfkörper in dasselbe eingebracht wird und die aufgrund der korrosions- und/oder erosionsbedingten Änderung, insbesondere Verringerung, der Masse des Prüfkörpers eintretende Änderung mindestens einer magnetischen Kenngröße, vorzugsweise der Induktivität bzw. des induktiven Widerstandes, im Spule(n)-Prüfkörper-System, insbesondere in der Spule des Sensors bzw. einer der- bzw. demselben entsprechenden aus ihm bzw. ihr derivierten elektrisch/magnetischen Meßgröße ermittelt wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Spule des Sensors mit einem, vorzugsweise sinusförmigen, Wechselstrom mit einer Frequenz im Bereich von 100 bis 300s⁻¹, insbesondere von 150 bis 250s⁻¹, beaufschlagt wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, daß zur Kompensation von Einflüssen, insbesondere aufgrund der jeweiligen Temperaturverhältnisse, das Spule-Prüfkörper-System des Sensors alternierend sequentiell mit Gleichstrom zur Ermittlung des jeweils aktuellen Ohmschen Gleichstrom-Widerstandes oder einer entsprechenden elektrisch/magnetischen Meßgröße und mit dem für die Messung vorgesehenen Wechselstrom zur Ermittlung des aktuellen Wertes des Gesamtwiderstandes oder einer entsprechenden elektrisch/magnetischen Meßgröße beaufschlagt wird, und durch Bildung der Differenz der beiden Widerstandswerte bzw. Meßgrößen, die Induktivität des Spule-Prüfkörper-Systems bzw. deren Änderung oder eine ihr entsprechende elektrisch/magnetische Meßgröße ermittelt wird.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, daß das Spule-Prüfkörper-System des Sensors unterhalb der magnetischen Sättigung betrieben wird.
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Prüfkörper des Sensors bezüglich seiner Haupterstreckung in oder quer zur Strömungsrichtung des fluiden Mediums angeordnet wird.
6. Vorrichtung zur Ermittlung der Korrosivität und/oder Erosivität von fluiden Medien bzw. der Massenänderung von mit, insbesondere strömenden, Korrosion und/oder Erosion verursachenden, fluiden Medien in Berührung kommenden bzw. stehenden metallischen Werkstoffen, insbesondere auf Basis von Eisen bzw. Stahl, mit mindestens einem Sensor mit mindestens einem in seiner Zusammensetzung und/oder Struktur jener der genannten metallischen Werkstoffe gleichender oder entsprechender Prüf- bzw. Probekörper, welcher während eines vorgegebenen Zeitraumes in das fluide Medium einbringbar ist, weiters mindestens einer Einrichtung zur Versorgung des Sensors mit Strom Spannung und mindestens einer Einrichtung zur Ermittlung einer der Änderung, insbesondere des Verlustes, der Masse des Prüfkörpers entsprechenden elektrischen Meßgröße, insbesondere zur Durchführung des Verfahrens gemäß einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet**, daß sie
 - mindestens eine Sonde bzw. mindestens einen Sensor (9) mit mindestens einem, vorzugsweise als Kern und/oder Joch ausgebildetem, im Magnetfeld mindestens einer wechselstrom-beauf-

- schlagbaren bzw. -beaufschlagten Spule (3) in konstanter Position zu derselben angeordneten, mit dem fluiden Medium in Berührung kommenden Prüfkörper (5),
- mindestens eine mit dem Spule-Prüfkörper-System (3,5) bzw. dessen Spule (3) verbundene Einrichtung zur Versorgung derselben mit Strom/Spannung, insbesondere Wechselstrom/-spannung vorgegebbarer Frequenz, Amplituden-Form und -Höhe und
 - mindestens eine ebenfalls mit dem Spule-Prüfkörper-System (3,5) des Sensors (9) verbundene Einrichtung zur Ermittlung mindestens einer von dessen magnetischen Kenngrößen, insbesondere von dessen Induktivität bzw. induktivem Widerstand, umfaßt.
7. Vorrichtung nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Sonde (500) eine, vorzugsweise stabförmige, Sensorhalterung (1), mit an deren distalem Ende angeordneter, im wesentlichen in Richtung der Sondenachse (a) sich erstreckendem, Meßsensor (9) mit flach-rechteckiger, streifenförmiger bzw. flachellipsoider Prüfkörperhalterung (2) mit in einer, vorzugsweise zentralen, Ausnehmung (21) derselben angeordnetem, mediumsicht in dieselbe, gegebenenfalls unlösbar, gebundenem, insbesondere in dieselbe eingeklebtem, an einer seiner Hauptflächen mediumszutrittfreiem, plättchenförmigem Prüfkörper (5) und im wesentlichen im Peripheriebereich mit um die Ausnehmung (21) mit dem Prüfkörper (5) angeordnete Windungen aufweisender, in die Prüfkörperhalterung (2) mediumsicht integrierter, vorzugsweise flacher, Induktionsspule (3) umfaßt (Fig.1).
8. Vorrichtung nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Sonde (500) eine, vorzugsweise stabförmige, Sensorhalterung (1), mit an deren distalem Ende angeordneter, im wesentlichen quer, insbesondere senkrecht, zur Sondenachse (a) sich erstreckendem, Meßsensor (9) mit flach-kreisförmiger bzw. scheibenartiger Prüfkörperhalterung (2) mit in einer, vorzugsweise zentralen, Ausnehmung (21) derselben angeordnetem, mediumsicht in dieselbe, gegebenenfalls unlösbar, gebundenem, insbesondere in dieselbe eingeklebtem, an einer seiner Hauptflächen mediumszutrittfreiem, plättchenförmigem Prüfkörper (5) und im wesentlichen im Peripheriebereich mit um die Ausnehmung (21) mit dem Prüfkörper (5) angeordnete Windungen aufweisender, in die Prüfkörperhalterung (2) mediumsicht integrierter, vorzugsweise flacher, Induktionsspule (3) umfaßt (Fig.2).
9. Vorrichtung nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Sonde (500) eine, vorzugsweise stabförmige, Sensorhalterung (1), mit an deren distalem Ende angeordneter, im wesentlichen in Richtung der Halterungsachse (a) sich erstreckendem Meßsensor (9) mit im wesentlichen stabförmiger, insbesondere zylindrischer, Prüfkörperhalterung (2) mit dieselbe umhüllendem, mediumsicht an dieselbe, gegebenenfalls unlösbar, gebundenem, insbesondere an dieselbe geklebtem, im wesentlichen einseitig geschlossenem, hohlzylinderförmigem Prüfkörper (5) und im Inneren der Prüfkörperhalterung (2) angeordneter, vorzugsweise mediumsicht in dieselbe integrierter, Spule (3), insbesondere Flachspule, gebildet ist (Fig.3).
10. Vorrichtung nach Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Spule (3) bzw. Flachspule, einen im wesentlichen quer zur Zylinderachse (a) sich erstreckenden Kern (6), insbesondere Eisenkern, aufweist, welcher, vorzugsweise - unter Vermeidung von Spalten - dicht an die Innenseite des hohlzylindrischen Prüfkörpers (5) schließend bzw. anliegend ausgebildet ist.
11. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 6 bis 10, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Prüfkörperhalterung (2) und gegebenenfalls auch die Sensorhalterung (1) mit einem mediumsinterten, mediumsundurchlässigen, thermostabilen Werkstoff, z.B. auf Silikatbasis, insbesondere mit einem Polymer bzw. Kunststoff, gebildet sind.
12. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 6 bis 11, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Prüfkörperhalterung (2) und gegebenenfalls auch die Sondenhalterung (1) aus Kunststoff mit einer korrosions- und/oder erosions-inerten Beschichtung und/oder Panzerung, z.B. aus hartstoffkeramischem Material, ausgebildet sind.
13. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 6 bis 12, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Spule (3) und/oder der Prüfkörper (5) in die Masse der Sensor-Prüfkörper-Halterung (2) eingegossen sind.
14. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 6 bis 13, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Versorgungs- und/oder Steuer-Zuleitungen und -Ableitungen (31) des Sensors (9) bzw. von dessen Spule-Prüfkörper-

AT 401 579 B

System (3,5) und dessen Meßdatenleitungen durch die Sensorhalterung (1) der Sonde (500), insbesondere durch einen Hohlraum (11) derselben, geführt sind.

- 5 15. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 6 bis 14, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Sensorhalterung (1) mindestens zwei, vorzugsweise im Abstand zueinander angeordnete, gegebenenfalls unterschiedlich ausgebildete, Meßsensoren (9) aufweist.
- 10 16. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 6 bis 15, **dadurch gekennzeichnet**, daß das bezüglich Induktivität zu messende Spule-Prüfkörper-System (3,5) bzw. die Spule (3) der Sonde (500) in einen, vorzugsweise geschlossenen, Spannungs- bzw. Strom-Versorgungs-, Meß- und Steuerungs-Regelkreis integriert ist, welcher einen Mikroprozessor (10) mit Steuer- und Meßwert-Erfassungs- und Verarbeitungsprogramm zur Abgabe von Gleichstrom und Wechselstrom gewünscht einstellbarer Frequenz, Amplituden-Form und -Höhe, vorzugsweise in digitalisierter Form, einen mit demselben über Versorgungs- und Steuerleitung(en) (150) verbundenen Digital-Analog-Konverter (20) umfaßt, der ausgangsseitig über einen vom Mikroprozessor (10) steuerbaren Analog-Umschalter (30) über eine Speiseleitung (160), vorzugsweise mit Widerstand (40) und Pufferverstärker (50), mit dem magnet-sensiblen Spule-Prüfkörper-System (3,5), insbesondere der Spule (3) des Kernes (6) verbunden ist, daß die Spule (3), vorzugsweise spannungsabfallliefernd, mit einem Meßverstärker (70), vorzugsweise 1:1-Meßverstärker, verbunden ist, welchem ausgangsseitig ein Effektivwertwandler (90) für Wechselstrom angeschlossen ist, der seinerseits mit einem, gegebenenfalls mehrstufigen, Differenzverstärker (100) verbunden ist, daß die Eingangsseite des Differenzverstärkers (100) weiters über eine beim Schalter (30) abzweigende Referenzleitung (160') mit Sample- and Holdschaltung (80) zur Speicherung und Abgabe einer vom Mikroprozessor (10) zugeführten Referenzspannung (U_R) an den Differenzverstärker (100) verbunden ist, und daß schließlich der Differenzverstärker (100) ausgangsseitig, vorzugsweise über einen Analog-Digital-Konverter (110), und eine Meßdaten- und Steuerleitung (150') mit dem Mikroprozessor (10) verbunden ist.
- 20 25 17. Vorrichtung gemäß einem der Ansprüche 6 bis 16 für die Ermittlung der Massenveränderung von mit korrosiven, abrasiven und/oder erosiven, fluiden Medien in Kontakt gebrachten Probe- bzw. Prüfkörpern, jedoch außerhalb des korrosiven Systems, gekennzeichnet durch mindestens eine in einem vorzugsweise schirmenden, Gehäuse (8) angeordnete, über Leitungen (31) mit Wechselstrom bzw. Spannung vorgegebbarer Frequenz, Amplituden-Form und - Höhe versorgbare Spule (3), in deren Innerem eine Halterung (21) für eine positionsgenau reproduzierbare Aufnahme eines korrodierten Probe- bzw. Prüfkörpers (5), insbesondere "Coupons", vorgesehen ist, und mindestens eine ebenfalls mit dem Spule-Prüfkörper-System (3,5) verbundene Einrichtung zur Ermittlung mindestens einer von dessen magnetischen Kenngrößen, insbesondere von dessen Induktivität bzw. induktivem Widerstand.

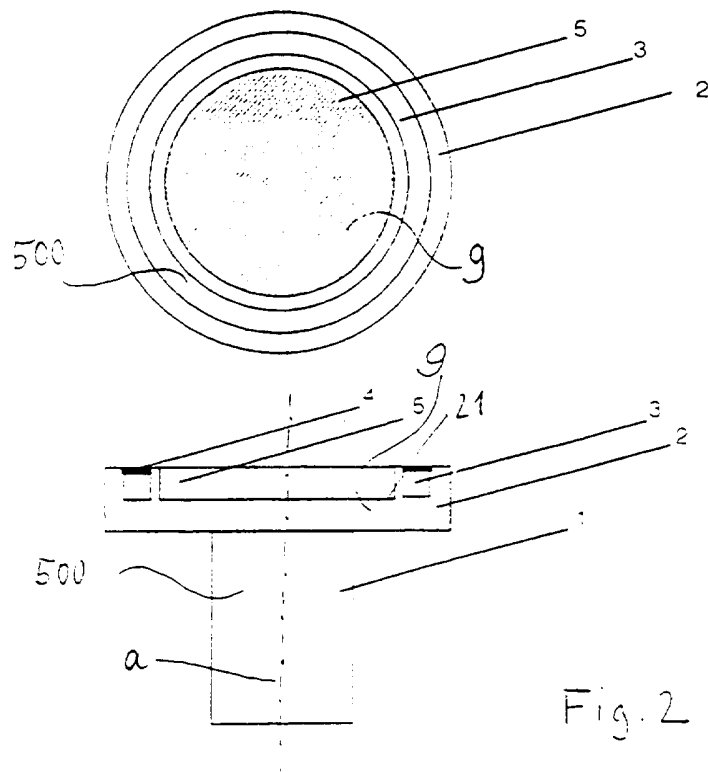
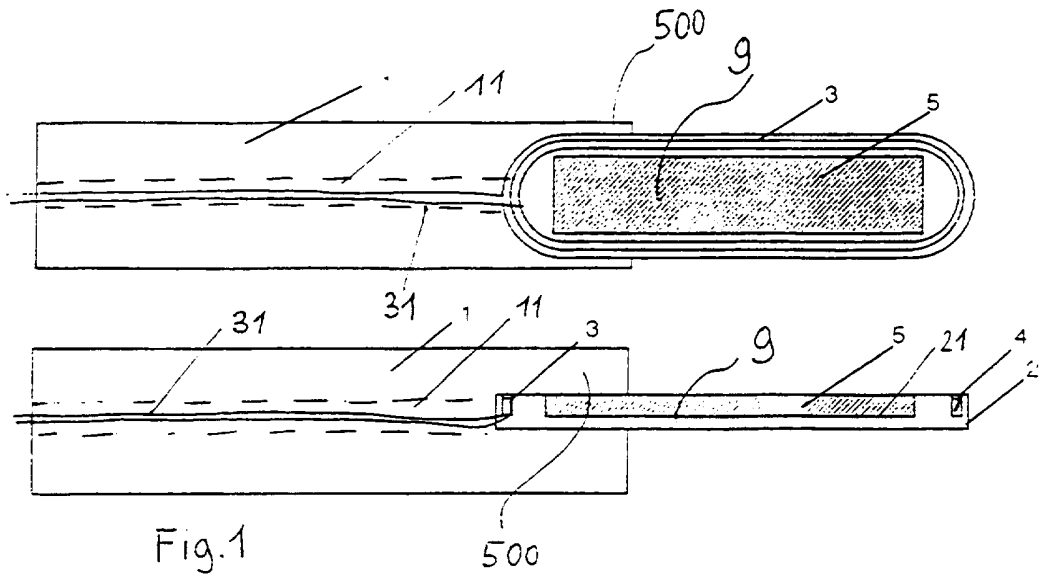
Hiezu 3 Blatt Zeichnungen

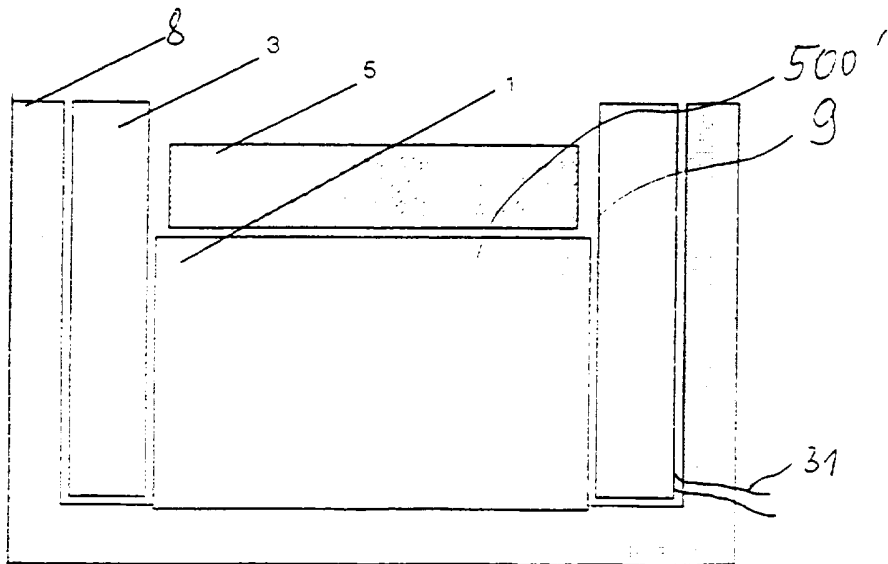
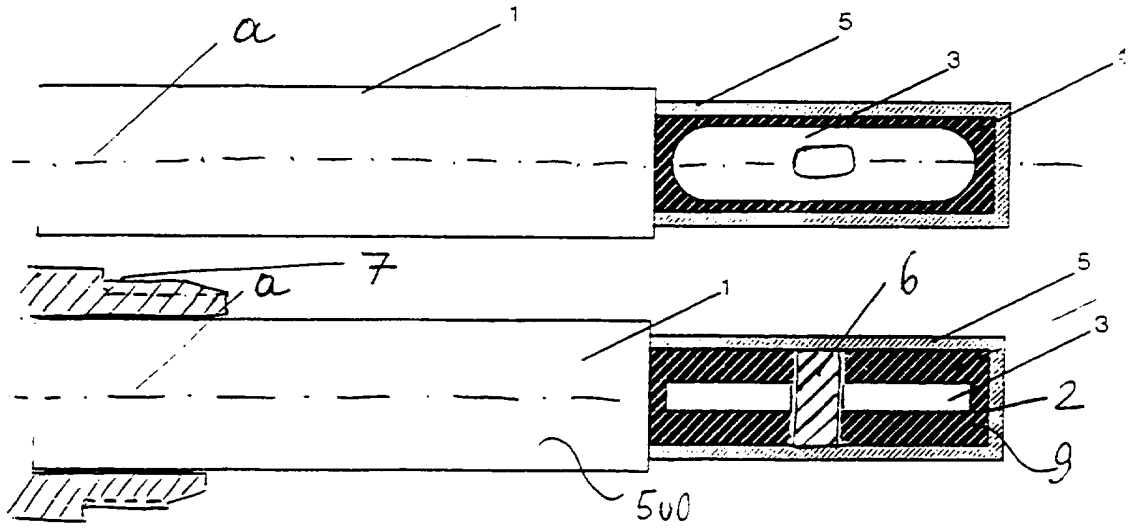
40

45

50

55





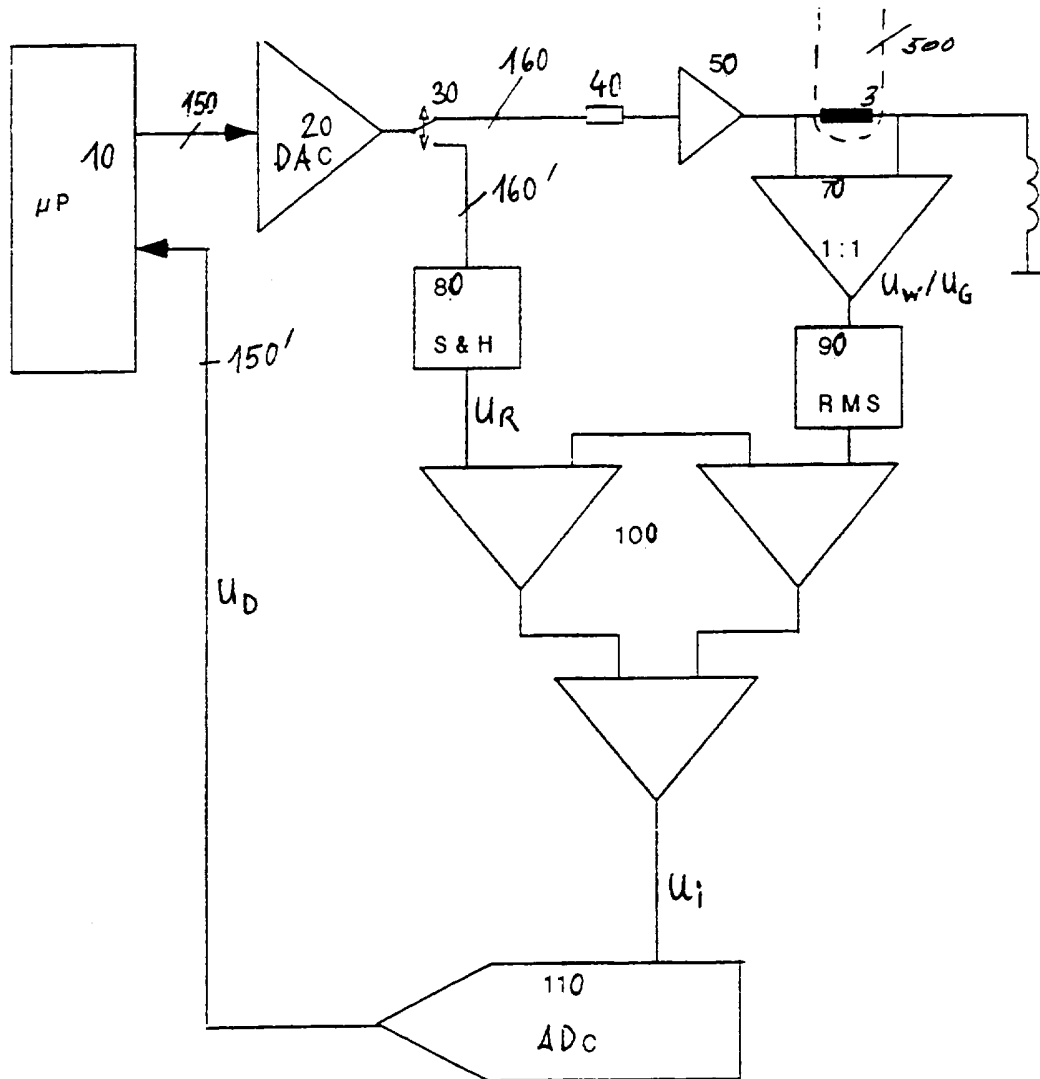


Fig. 4

- 10 Mikroprozessor mit Steuer- und Meßprogramm
- 20 Digital-Analog-Konverter
- 30 Umschalter (vom Mikroprozessor gesteuert)
- 40 Widerstand
- 50 Pufferverstärker
- 60 Spule
- 70 1:1 Meßverstärker
- 80 Sample and Hold Schaltung
- 90 Effektivwert-Wandler für Wechselstrom
- 100 Differenzverstärker
- 110 Digital-Analog-Konverter