

①9 **BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND**



**DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT**

⑫ **Offenlegungsschrift**
⑩ **DE 197 04 494 A 1**

⑤1 Int. Cl.⁶:
G 01 N 27/07
G 01 R 27/22

⑳1 Aktenzeichen: 197 04 494.8
⑳2 Anmeldetag: 7. 2. 97
⑳3 Offenlegungstag: 13. 8. 98

⑦1 Anmelder:
Forschungszentrum Rossendorf eV, 01474
Schönfeld-Weißig, DE

⑦2 Erfinder:
Prasser, Horst-Michael, 01324 Dresden, DE;
Zschau, Jochen, Dr., 01324 Dresden, DE;
Böttger, Arnd, 01279 Dresden, DE

⑤6 Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht
zu ziehende Druckschriften:

DE	32 01 799 C1
DE	25 01 812 C2
DE	23 28 959 B2
DE	41 03 200 A1
US	37 14 555
US	36 35 681
DE	02 89 062 A1

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

⑤4 Anordnung zur Messung der elektrischen Leitfähigkeit mittels Sonden sowie zur Sonden-Funktionskontrolle

⑤7 Die Erfindung betrifft eine Meßanordnung zur Messung der Leitfähigkeit in Flüssigkeiten bzw. Mehrphasenmedien mit beliebiger Strömungsrichtung insbesondere für den Einsatz in der Verfahrens- und Kraftwerkstechnik, wobei die elektrische Leitfähigkeit vorwiegend als Maß für weitere physikalische oder chemische Eigenschaften (z. B. volumetrischer Gasanteil, Konzentration, Stoffart, usw.) der Flüssigkeit oder als Indikator für die Phasenverteilung über den Meßquerschnitt eines Mehrphasenmediums dient.

Der vorliegenden Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, bei der Messung von Leitfähigkeiten in Fluiden mittels Nadelsonden die Möglichkeit einer Funktionsprüfung der Meßanordnung durch parallele Überwachung des Isolationswiderstandes der Sonden während der Einsatzzeit zu ermöglichen.

Die Erfindung bedient sich zweier Sonden, wobei diese jeweils aus einer zentralen Meßelektrode und einer diese umschließenden Bezugslektrode bestehen und die Sonden in definiertem Abstand zueinander mit dem Meßmedium in Kontakt stehen. Dabei ist wesentlich, daß die Meßelektrode der einen Sonde mit einer Spannung versorgt wird (aktiver Betrieb) und der dabei an der Meßelektrode der zweiten Sonde (passiver Betrieb) auftretende Strom als Maß für die Leitfähigkeit des Fluids erfaßt wird, daß zusätzlich der an der aktiv betriebenen Sonde auftretende Strom als Maß für deren Isolationswiderstand gegenüber dem Bezugspotential erfaßt wird, und daß eine Schalteinrichtung vorgesehen ist, die eine ...

Die Erfindung betrifft eine Meßanordnung zur Messung der Leitfähigkeitsverteilung in Flüssigkeiten bzw. Mehrphasenmedien mit beliebiger Strömungsrichtung insbesondere für den Einsatz in der Verfahrens- und Kraftwerkstechnik, wobei die elektrische Leitfähigkeit vorwiegend als Maß für weitere physikalische oder chemische Eigenschaften (z. B. volumetrischer Gasanteil, Konzentration, Stoffart, usw.) der Flüssigkeit oder als Indikator für die Phasenverteilung über den Meßquerschnitt eines Mehrphasenmediums dient.

Für die Bestimmung der Eigenschaften von Flüssigkeiten und Mehrphasengemischen, z.B. des volumetrischen Gasanteils, wird verbreitet die Messung der elektrischen Leitfähigkeit verwendet. Dazu bringt man sowohl bei Laboreinrichtungen als auch bei großtechnischen Anwendungen draht- oder flächenförmige Elektroden, die parallel oder konzentrisch angeordnet sind, in das zu messende Medium und mißt mittels Gleich- oder Wechselspannungsanregung seine Leitfähigkeit durch Bestimmung des ohmschen bzw. komplexen Widerstandes. Eine spezielle Form dieser Elektrodenanordnungen sind die Nadelsonden [DE 3201 799 CI] zur Messung der lokalen Leitfähigkeit.

Dabei wird die Leitfähigkeit zwischen zwei konzentrisch angeordneten Elektroden, die in das zu messende Medium eintauchen, gemessen. Die Ausführung dieser konzentrisch angeordneten Elektroden ist sehr mannigfaltig, und hängt von dem jeweiligen Anwendungsfall ab. Es werden auch Nadelsonden mit mehr als zwei konzentrisch angeordneten Elektroden beschrieben. So wird in [DE 32 01 799] eine Sondenanordnung beschrieben, bei der eine zusätzliche Elektrode als Schirmelektrode zur Ableitung von Thermospannungen einer in die Sonde integrierten Temperaturmeßeinrichtung genutzt wird. In [DE 9 68 548] wird eine Sonde vorgestellt, deren äußere Elektrode aus mehreren axial voneinander isolierten Teilstücken zusammensetzt ist, und die damit eine Mehrfachmessung in axialer Richtung erlaubt.

Bei Messungen mit Nadelsonden in Fluiden wirkt sich nachteilig aus, daß sich die elektrischen Parameter der Sonden im Lauf der Zeit verändern. Mit zunehmender Einsatzdauer kann die Verringerung des Isolationswiderstand zwischen Meß- und Bezugselektrode nicht ausgeschlossen werden. Sie wird verursacht durch Ablagerungen an der SONDENSPIZIE oder durch in die Isolation eindringendes Meßmedium. In beiden Fällen wird die Messung dadurch grob verfälscht, was bei sicherheitsrelevanten Meßaufgaben z.B. zur Nichterkennung von Gefahrezuständen führen kann. Die Abnahme des Isolationswiderstandes führt zu einer Zunahme des Sondenstroms und dadurch zu einer Überbewertung der Leitfähigkeit des Meßmediums.

Der vorliegenden Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, bei der Messung von Leitfähigkeiten in Fluiden mittels Nadelsonden die Möglichkeit einer Funktionsprüfung der Meßanordnung durch parallele Überwachung des Isolationswiderstandes des Sonden während der Einsatzzeit zu ermöglichen.

Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe mit den in den Patentansprüchen dargestellten technischen Mitteln gelöst.

Zur Bestimmung der Leitfähigkeit des Meßmediums werden zwei Sonden mit je einer Meßelektrode, die von einer Bezugselektrode konzentrisch umgeben ist, eingesetzt. Die Sonde **1** arbeitet als aktive Sonde, indem an ihre Meßelektrode ein Spannungspotential angelegt und gleichzeitig der Strom I_1 zwischen Meß- und Bezugselektrode gemessen wird. Die Sonde **2** arbeitet im passiven Betrieb, indem sie den von der aktiven Sonde **1** über das Meßmedium fließenden Strom I_2 mißt, der ein Maß für die Leitfähigkeit des Me-

diums zwischen den beiden Sonden darstellt. Der Isolationswiderstand der passiv arbeitenden Sonde **2** ist dabei bis zu einem bestimmten Grenzwert bedeutungslos, da die Meßelektrode bei genügend großer Leerlaufverstärkung von OPV3 infolge der Gegenkopplung nur eine verschwindend geringe Spannungsdifferenz zur Bezugselektrode aufweist und somit zwischen beiden Elektroden nur ein vernachlässigender Strom fließt. Der an der aktiv betriebenen Sonde **1** gemessene Strom I_1 stellt ein Maß für den Isolationswiderstand der Sonde **1** dar. Die Umschalteneinrichtung **S1** realisiert ein wechselseitiges Vertauschen der Betriebsweisen von den beiden Sonden. Beide Sonden werden abwechselnd aktiv bzw. passiv betrieben. Dadurch wird die Überwachung des Isolationswiderstands beider Sonden jeweils während der Phase des aktiven Betriebes möglich.

Zum besseren Verständnis wird die Erfindung nachfolgend anhand eines konkreten Ausführungsbeispiels näher erläutert.

In der in **Fig. 2** dargestellten Schaltung wird die Meßelektrode der Sonde **1** an den invertierenden Eingang des Meßverstärkers OPV1 angeschlossen. An den nichtinvertierenden Eingang des OPV1 wird das Versorgungspotential U_V für die Sonde **1** angelegt (aktiver Betrieb). Das Potential am nichtinvertierenden Eingang des OPV1 erzeugt über die Gegenkopplung bei genügend großer Leerlaufverstärkung von OPV1 ein nahezu identisches Potential am invertierenden Eingang und damit an Meßelektrode der Sonde **1**. Der Strom der aktiv betriebenen Sonde wird niederohmig als Spannung am Ausgang des OPV2 gemessen. Dazu arbeitet OPV1 als Strom/Spannungswandler und der OPV2 als Differenzbildner, der die Versorgungsspannung U_V von der Ausgangsspannung von OPV1 subtrahiert, so daß die Spannung U_1 am Ausgang von OPV1 dem Strom I_1 proportional ist.

Ein Teil des Sondenstromes I_1 fließt zur Meßelektrode der passiv betriebenen Sonde **2**. Dieser Strom I_2 wird mit einem ebenfalls als Strom/Spannungswandler arbeitenden Verstärker (OPV3) in ein Spannungssignal umgewandelt. Bei genügend großer Leerlaufverstärkung von OPV3 bleibt die Meßelektrode der Sonde **2** praktisch bis auf eine verschwindend geringe Spannungsdifferenz stets auf Nullpotential und damit auf dem Potential der Bezugselektrode der Sonde **2**, wodurch der Isolationswiderstand solange er groß gegenüber dem Eingangswiderstand von OPV3 ist, vernachlässigt werden kann. Die Ausgangsspannung U_2 ist somit nur abhängig von der Leitfähigkeit des Mediums zwischen den beiden Meßelektroden der Sonden.

Der Strom **1** an der aktiven Sonde setzt sich aus den Komponenten

1. Stromfluß über den Isolationswiderstand im Inneren des Sondenkörpers,
2. Stromfluß über das Fluid zur Meßelektrode der Sonde **2**,
3. Stromfluß über das Fluid zur Bezugselektrode der Sonde **1**,
4. Stromfluß über Flüssigkeitsfilme bzw. Ablagerungsschichten zur Bezugselektrode und
5. Stromfluß über den im Inneren des Sondenkörpers eingebauten Testwiderstand von Meßelektrode zur Bezugselektrode

zusammen.

Solange die Leitfähigkeit des Meßmediums gering gegenüber den Isolationswiderstand der Sonden ist, wird der Strom I_1 quasi von dem Isolationswiderstand der aktiv betriebenen Sonde bestimmt, da die Stromanteile **2** bis **4** das Meßergebnis vernachlässigbar beeinflussen. Der Widerstand R_7 wird so gewählt, daß der Stromanteil **5** gegenüber

dem durch den Isolationswiderstand bedingten Stromanteil nicht dominiert. Damit garantiert er einen Mindeststrom und kann zur Funktionskontrolle der Zuleitungen benutzt werden, andererseits zeigt ein starkes Ansteigen des Sondenstromes I_1 eine Verschlechterung des Isolationswiderstandes der 5 aktiv betriebenen Sonde an.

Die Umschalteinrichtung S 1 ermöglicht ein wechselseitiges Vertauschen der Betriebsweisen von den beiden Sonden. Beide Sonden werden dabei abwechselnd aktiv bzw. passiv betrieben und die Überwachung des Isolationswiderstands 10 beider Sonden **2** jeweils während der Phase des aktiven Betriebes möglich ist dadurch möglich.

Zum Abgleich wird die Auswerteschaltung für die Sonde **1** bei offenem Eingang (Eingangstrom $I_1 = 0$) mit dem Einstellregler R3 so abgeglichen, daß sich $U_1 = 0$ ergibt. Fließt 15 ein Eingangsstrom $I_1 \neq 0$, so tritt eine Ausgangsspannung U_1 auf, die proportional zum Sondenstrom I_1 ist und Aufschluß über den Isolationswiderstand der aktiv betriebenen Sonde gibt.

20

Patentansprüche

1. Anordnung zur Messung der elektrischen Leitfähigkeit mittels zweier Sonden sowie zur Sonden-Funktionskontrolle, wobei die Sonden jeweils aus einer zentralen 25 Meßelektrode und einer diese umschließenden Bezugslektrode bestehen und die Sonden in definiertem Abstand zueinander mit dem Meßmedium in Kontakt stehen, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Meßelektrode der einen Sonde mit einer Spannung versorgt 30 wird (aktiver Betrieb) und der dabei an der Meßelektrode der zweiten Sonde (passiver Betrieb) auftretende Strom als Maß für die Leitfähigkeit des Fluids erfaßt wird, daß zusätzlich der an der aktiv betriebenen Sonde 35 auftretende Strom als Maß für deren Isolationswiderstand gegenüber dem Bezugspotential erfaßt wird, und daß eine Schalteinrichtung vorgesehen ist, die eine periodische Vertauschung der Betriebsarten passiver und aktiver Betrieb zur Überwachung der Isolationswiderstände beider Sonden und damit der Funktionsfähigkeit 40 der Meßanordnung insgesamt gestattet.

2. Meßanordnung nach Anspruch 1, gekennzeichnet dadurch, daß die Strommessung an den Elektrodenanordnungen im Verhältnis zur Leitfähigkeit des Fluids 45 niederohmig ausgeführt ist.

45

Hierzu 1 Seite(n) Zeichnungen

50

55

60

65

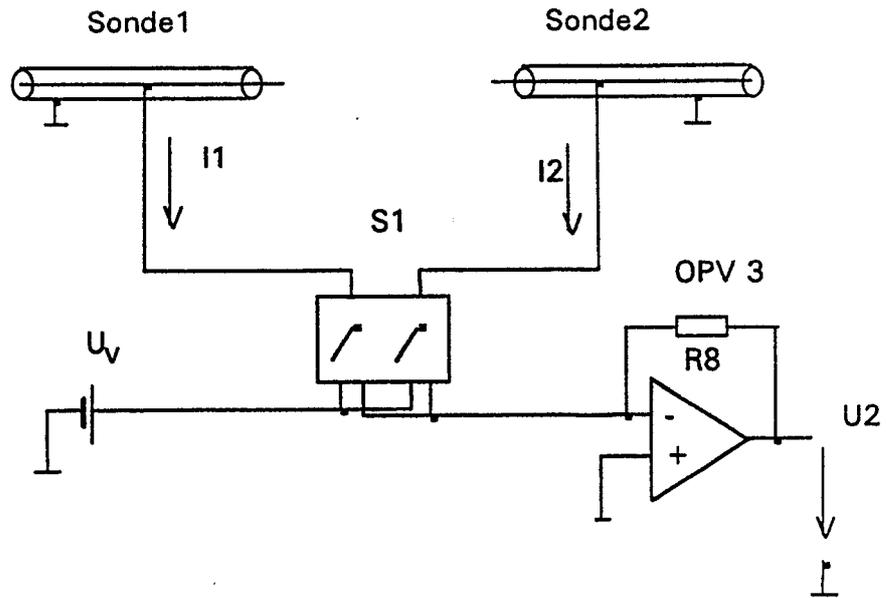


Fig. 1

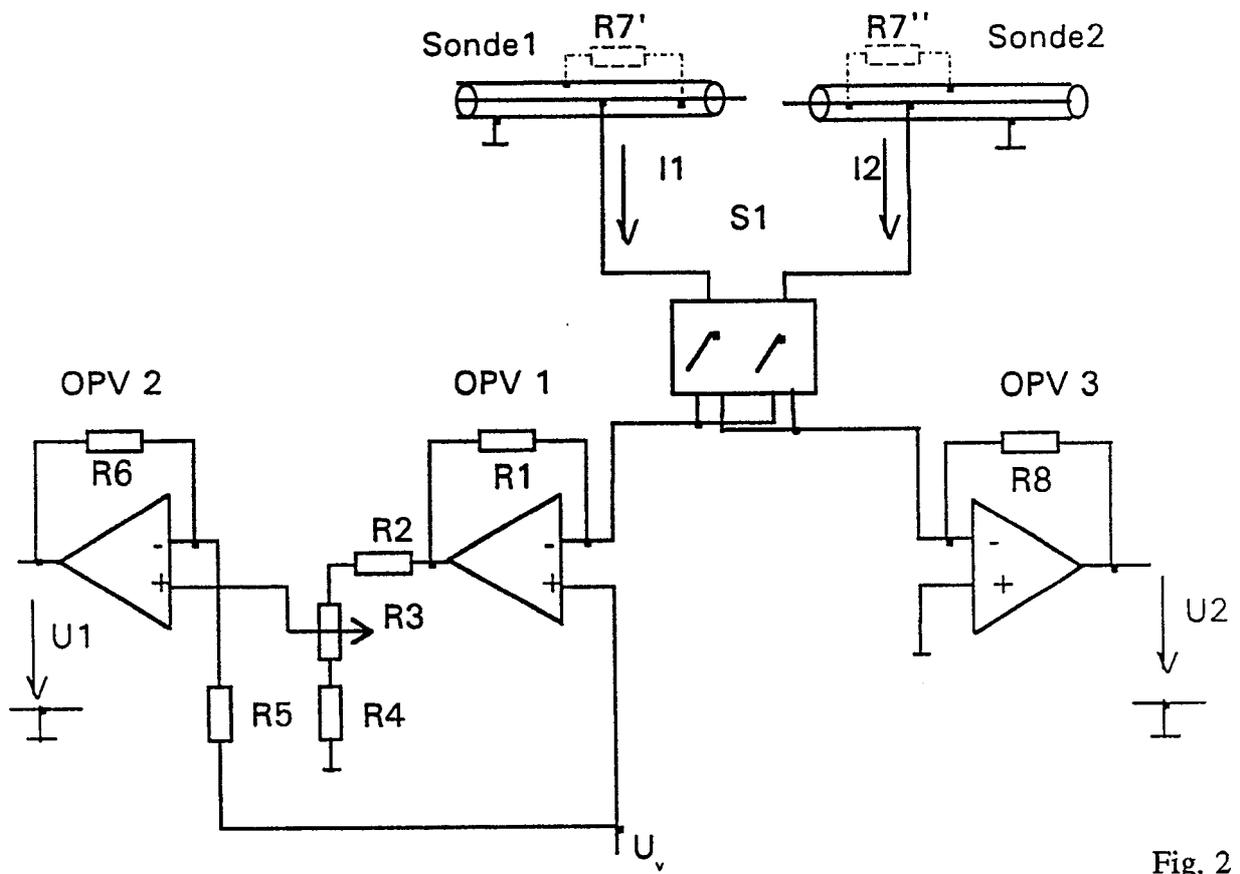


Fig. 2