



(12)

PATENTSCHRIFT

(21) Anmeldenummer: A 1611/2003
(22) Anmeldetag: 13.10.2003
(42) Beginn der Patentdauer: 15.09.2004
(45) Ausgabetag: 25.04.2005

(51) Int. Cl.⁷: **G01N 17/00**
G01H 1/00, G01N 29/00

(73) Patentinhaber:
TÜV ÖSTERREICH (TECHNISCHER
ÜBERWACHUNGS-VEREIN ÖSTERREICH)
A-1015 WIEN (AT).
VALLEN SYSTEME GMBH
D-82057 ICKING (DE).
TECHNICAL UNIVERSITY OF GDANSK
80-952 GDANSK (PL).
POLSKI REJESTR STATKOW S.A.
80-416 GDANSK (PL).
FOUNDRY RESEARCH INSTITUTE
30-418 KRAKOW (PL).
MARITIME INSTITUTE GDANSK
80-830 GDANSK (PL).

(54) VERFAHREN UND EINRICHTUNG ZUM FESTSTELLEN VON KORROSION AN EINEM SCHIFF

(57) Ein Verfahren zum Feststellen von Korrosion an einem Schiff, insbesondere an einem Tankschiff, ist zwecks einfacher und kostengünstiger Durchführung gekennzeichnet durch folgende Merkmale:

- Aufnehmen und Festhalten von Schallemissionen mittels eines Sensors (4, 5),
- Ermitteln von Kenngrößen der Schallemissionen,
- Bewerten der Kenngrößen der Schallemissionen,
- Ermitteln des Frequenzspektrums der Schallemissionen,
- Bewerten des Frequenzspektrums,
- Trennen der Signale nach den Kenngrößen und nach der Charakteristik des Frequenzspektrums, u.zw. in eine Gruppe von Signalen, hervorgerufen durch Korrosion, und in eine Gruppe, hervorgerufen durch andere Geräuschquellen,
- Heranziehen der Werte für eine Bewertung des Zustandes des Schiffes.

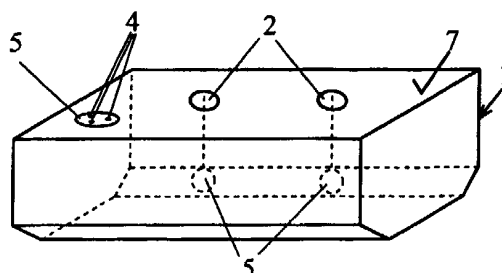


FIG. 2

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Feststellen von Korrosion an einem Schiff, insbesondere an einem Tankschiff, sowie eine Einrichtung zur Durchführung des Verfahrens.

Aufgrund einiger verunglückter Tankschiffe, die Umweltkatastrophen verursacht haben, müssen Tankschiffe in bestimmten Zeitabständen durch Versicherungsorganisationen bzw. Registrierungsorganisationen, wie z.B. Lloyds Register oder Büro Veritas, einer Prüfung auf die Integrität der Schiffsstruktur bzw. des Tankraumes unterzogen werden. Insbesondere geht es darum, unzulässige Korrosionen festzustellen.

Zur Zeit befahren verschiedene Typen von Tankschiffen die Meere, und zwar solche, bei denen die Tankwandung ident ist mit der Schiffshülle, solche, bei denen der Tankboden von der Schiffshülle getrennt ist, und weiters wieder andere, bei denen der gesamte Tank von der Schiffshülle getrennt ist und mit dieser, beispielsweise über Abstandhalter, verbunden ist.

Eine Überprüfung auf Korrosion all dieser Typen ist je nach Typ mehr oder weniger zeitaufwendig, zumal eine einwandfreie Lokalisierung von Roststellen zur Zeit eine optische Inspektion erfordert, was wiederum bedingt, dass der Tankraum leer ist. Dies verursacht nicht nur einen längeren Aufenthalt in einem Hafen, sondern auch eine Begehung des Tankraumes, was nicht ohne Gefahren bzw. gesundheitliche Gefährdung der Prüfmannschaft durchführbar ist. Besonders schwierig ist es, Tankschiffe auf Korrosion zu überprüfen, bei denen die Tankwandung bzw. der Tankboden von der Schiffshülle getrennt ist.

Die Erfindung stellt sich die Aufgabe, die oben geschilderten Nachteile zu vermeiden und ein Verfahren sowie eine Einrichtung zur Durchführung des Verfahrens zu schaffen, mit dem die Überprüfung eines Tankschiffes in einfacher Weise und ohne einen hierdurch verursachten zusätzlichen Aufenthalt des Tankschiffes in einem Hafen möglich ist. Insbesondere soll es auch möglich sein, ein Tankschiff ständig, also auch während der Fahrt auf offener See, zu überprüfen, um bei Auftreten einer unzulässigen Korrosion sofort einschreiten zu können.

Diese Aufgabe wird bei einem Verfahren der eingangs beschriebenen Art erfindungsgemäß durch folgende Merkmale gelöst:

- Aufnehmen und Festhalten von Schallemissionen mittels eines Sensors,
- Ermitteln von Kenngrößen der Schallemissionen,
- Bewerten der Kenngrößen der Schallemissionen,
- Ermitteln des Frequenzspektrums der Schallemissionen,
- Bewerten des Frequenzspektrums,
- Trennen der Signale nach den Kenngrößen und nach der Charakteristik des Frequenzspektrums, u.zw. in eine Gruppe von Signalen hervorgerufen durch Korrosion und in eine Gruppe hervorgerufen durch andere Geräuschquellen,
- Heranziehen der Werte für eine Bewertung des Zustandes des Schiffes.

Mit Hilfe einer Schallemissionsprüfung Korrosionsprozesse in verschiedenen Metallen zu detektieren ist bereits bekannt. Hierbei werden sowohl Signale, die vom Korrosionsprozess an sich ausgesendet werden, als auch Sekundärsignale, welche nur mittelbar durch die Korrosion bzw. durch die Korrosionsprodukte, wie z.B. Rost, hervorgerufen werden, mittels piezoelektrischer Sensoren aufgenommen. Der Schallweg geht dabei vom Quellort, d.h. vom Ort der Entstehung, über das Metall oder bevorzugt über eine Flüssigkeit zum Sensor. Aufgrund von Erfahrungswerten können die auftretenden Signale unterschiedlichen Korrosionsarten und verschiedenen Schädigungskriterien zugeordnet werden.

Alleine eine Anwendung dieses Verfahrens auf Schiffe, insbesondere Tankschiffe, ist nicht ohne weiteres möglich, zumal Schiffe außerordentlichen Umgebungsgeräuschen sowohl während der Fahrt auf hoher See als auch in einem Hafenbecken ausgesetzt sind. Diese Umgebungsgeräusche werden teilweise durch mechanische Effekte, z.B. Wellen, Motorengeräusche etc., hervorgerufen und weiters durch die Schiffseinbauten selbst, wie z.B. Abstandhalter, Versteifungsrippen, Schwallwände, sodass eine Frequenzfilterung der von Sensoren aufgenommenen Signale nicht zum Ziel führt.

Erfindungsgemäß werden vorzugsweise die durch Korrosion hervorgerufenen Signale zu unterschiedlichen Korrosionsarten und Korrosionsstärken zugeordnet.

Zweckmäßig werden die einzelnen Signale bestimmten Bereichen, u.zw. räumlichen oder flächigen Bereichen, des Schiffes zugeordnet, wobei hierzu vorteilhaft zur Bildung eines Multisensors drei oder mehrere Sensoren in einem vorbestimmten Abstand und mit ihrer Sensitivität gleichge-

richtet angeordnet werden und Zeitunterschiede des Einlangens eines Signales zu jeweils einem Sensor gemessen werden und anhand dieser Zeitunterschiede die Richtung, aus der das Signal kommt, festgestellt wird.

5 Zur Feststellung einer räumlichen Richtung sind vorzugsweise vier Sensoren in vorbestimmten Abständen zueinander und mit ihrer Sensitivität gleichgerichtet angeordnet.

Gemäß einer bevorzugten Variante wird zur Bestimmung der Zeitunterschiede die Kreuzkorrelationsfunktion herangezogen.

Zur Erzielung einer hohen Genauigkeit der Messungen werden mindestens zwei Multisensoren je zu bewertendem Raum vorgesehen und deren empfangene Signale gemeinsam ausgewertet.

10 Vorzugsweise werden die vom Sensor ermittelten Daten einer ersten Mustererkennung zur Absonderung von Daten, hervorgerufen von Umgebungsgeräuschen, unterworfen, wobei zweckmäßig nach der ersten Absonderung von Daten, stammend von Umgebungsgeräuschen, eine oder mehrere weitere Mustererkennungen mit jeweiligen Absonderungen von Daten, die nicht von Korrosion stammen, durchgeführt werden.

15 Gemäß einer bevorzugten Verfahrensvariante wird eine Zeitverschiebung der Ankunftszeiten eines Signales an den Sensoren eines Multisensors zur Bestimmung der Ortung der Quelle des Signales herangezogen, wobei ein Funktionswert in Abhängigkeit der Zeitverschiebung berechnet und ein Maximum des Funktionswertes ermittelt wird und die diesem zugehörige Zeitverschiebung als Ankunftszeitdifferenz eines Signales bestimmt wird.

20 Für eine ständige Überwachung eines Schiffes wird zweckmäßig ein Sensor, insbesondere ein Multisensor, während der Fahrt des Schiffes, vorzugsweise permanent, in Betrieb gehalten und werden die von ihm ermittelten Daten an eine ortsfeste Auswerteeinrichtung übersandt.

Eine Einrichtung zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens ist gekennzeichnet durch mindestens einen Sensor zum Aufnehmen und Festhalten einer Schallmission sowie eine 25 Auswerteeinrichtung für die von dem(n) Sensor(en) empfangenen und zur Auswerteeinrichtung weitergeleiteten Signale, wobei der Sensor entweder permanent in einem Schiff, insbesondere einem Tankschiff, angeordnet ist oder in dem Schiff an einer vorbestimmten Stelle aus- und einbaubar und fixierbar ist. Letzteres, um eine periodische Überwachung zu verwirklichen.

30 Zur Bildung eines Multisensors sind vorzugsweise drei oder mehrere Sensoren mit vorbestimmten Abständen zueinander gegeneinander fixiert. Zweckmäßig sind mindestens zwei Multisensoren in dem Schiff entweder fix angebracht oder in dem Schiff fixierbar, wobei vorteilhaft der Sensor bzw. die Sensoren bzw. der oder die Multisensoren innerhalb eines Tankraums eines Tankschiffes vorgesehen sind.

35 Für Tankschiffe sind zweckmäßig der Sensor bzw. die Sensoren eigensicher und aus piezoelektrischem Material gebildet und die so in elektrische Signale umgewandelten Wellen in einem Rechner der Auswerteeinrichtung auswertbar, wobei vorteilhaft der Rechner mit einem Programm zur Ermittlung des Frequenzgangs und einem Klassifizierungsprogramm basierend auf Referenzdaten zu unterschiedlichen Schallquellen ausgestattet ist.

40 Die Erfindung ist nachfolgend anhand der Zeichnungen näher erläutert, wobei Fig. 1 den prinzipiellen Aufbau eines Tankschiffes schematisch veranschaulicht. Fig. 2 zeigt eine Tankeinheit eines Tankschiffes im Schrägriss und Fig. 3 im Längsschnitt. Fig. 4 veranschaulicht mehrere Sensoren zu einem Multisensor zusammengefasst. In Fig. 5 sind die von Sensoren empfangenen Signale veranschaulicht. Fig. 6 gibt die Zuordnung von Signalen zu einem Quellenmechanismus wieder. Die Fig. 7a und 7b zeigen jeweils Fließschemen zur Datenverarbeitung der von den Sen- 45 soren aufgenommenen Signale und die Fig. 8a und 8b die Zuordnung der Signale zu verschiedenen Quellenmechanismen, und zwar einmal für die Rohdaten (Fig. 8a) und einmal nach der Ortung (Fig. 8b).

50 Das in Fig. 1 dargestellte Tankschiff weist eine Mehrzahl von in sich geschlossenen Tankeinheiten 1 auf, die entweder eigene Tankwandungen, unabhängig von der Schiffshülle, haben oder deren Seitenwände und/oder Boden sowohl Tankwand als auch Schiffshülle bildet. Die in den einzelnen Tankeinheiten 1 noch eingebauten Versteifungsrippen und/oder Schwallwände sind nicht näher dargestellt.

Tankschiffe dieser Art (z.B. für 125.000 t) weisen üblicherweise Längen von 250 m, eine Höhe von Kiel bis Deck von etwa 25 m und eine Breite von etwa 50 m auf.

55 Wie aus den Fig. 2 und 3 zu erkennen ist, weist jede Tankeinheit 1 mindestens zwei nach oben

gerichtete Öffnungen 2, vorzugsweise an Stützen, auf, die mit einer Deckplatte 3 verschlossen sind. Durch diese Öffnungen 2 reichen in die Tankeinheit 1 Sensoren 4, die vorzugsweise zu in Fig. 4 dargestellten Multisensoren 5 zusammengefasst sind.

Jeder Sensor 4 ist aus piezoelektrischem Material gebildet und daher geeignet, eine mechanische Welle in ein elektrisches Signal umzuwandeln.

Jeder der Multisensoren ist an einem Stab 6 angeordnet, der gegenüber der Tankeinheit 1 fixiert ist, beispielsweise an der Deckplatte 3, sodass die Lage der Multisensoren 5 innerhalb der Tankeinheit 1 genau festgelegt ist. Wesentlich ist hierbei, dass die Multisensoren 5 auch gegen Verdrehen um die Achse des Stabes 6 gesichert sind. Ein Multisensor 5 würde zur Ortung von Schallquellen genügen, die Information von zwei oder mehreren Multisensoren 5 erhöht jedoch die Zuverlässigkeit der Ortungsergebnisse.

Jeder Multisensor 5 ist möglichst zentral, jedoch im Abstand A (oft vorgegeben durch die Mannlöcher (Öffnungen 2)) voneinander entweder permanent in der Tankeinheit 1 vorgesehen oder sie werden bei periodischer Überprüfung eines Tankschiffes in die Tankeinheit 1 eingesetzt, wenn sich das Schiff im Hafen befindet. Wie aus Fig. 3 zu erkennen ist, ist die Tankeinheit bis nahe ans Deck 7 mit einem flüssigen Produkt 8 gefüllt.

Am Boden 9 der Tankeinheit ist eine Korrosionsstelle 10 angedeutet, und es ist in Fig. 3 das von dieser Korrosion ausgehende Schallwellenfeld 11 eingezeichnet. Es ist zu erkennen, dass die Schallwellen - es handelt sich um Kugelwellen - die beiden Multisensoren 5 aufgrund unterschiedlicher Entfernung zur Korrosionsstelle 10 zu ungleichen Zeiten erreichen, d.h. es gibt Zeitverschiebungen, sogenannte Ankunftszeitdifferenzen 12 (Fig. 5) der Schallwellen, und zwar nicht nur an den Multisensoren 5 selbst, sondern auch an den einen Multisensor 5 bildenden Sensoren 4.

Diese Sensoren 4 (nachfolgend zur Unterscheidung bezeichnet mit XD1 bis XD4) sind in einem genau vorbestimmten Abstand B und mit ihrer Sensitivität gleichgerichtet zu einem Multisensor 5 zusammengefasst. Zur Ortung einer Korrosion in einer beliebigen Richtung des Raumes sind vier Sensoren je Multisensor 5 vorgesehen. Drei Sensoren 4 zu einem Multisensor 5 zusammengefasst würden zur Ortung einer Korrosion 10 innerhalb einer Fläche genügen, also zur Überprüfung einer einzelnen Wand einer Tankeinheit 1.

In Fig. 5 sind die von den einzelnen Sensoren 4 (XD1 bis XD4) eines Multisensors 5 aufgrund einer mechanischen Anregung umgewandelten elektrischen Signale als Spannungs-Zeit-Funktion veranschaulicht, wobei die Abszisse die Zeit wiedergibt und an der Ordinate die Signalamplituden der Spannung aufscheinen. Es ist zu erkennen, dass die einzelnen Sensoren XD1 bis XD4 des Multisensors 5 ein- und dasselbe Signal zu unterschiedlichen Zeiten empfangen, und es kann aus den einzelnen Ankunftszeitdifferenzen 12 aufgrund der Lage der einzelnen Sensoren XD1 bis XD4 des Multisensors 5 im Raum die Richtung, aus der dieses Signal kommt, festgestellt werden.

Zur Bestimmung der Signal-Ankunftszeitdifferenz 12 ist jeder Sensor XD1 bis XD4 mit dem Eingangskanal eines Schallemissionsmessgerätes verbunden, das in der Lage ist, die Zeit und die anliegende elektrische Spannung zu messen sowie die Messwerte zu speichern. Die Signalankunftszeit ist bestimmt durch das erstmalige Überschreiten einer eingestellten Messschwelle. Ab Überschreiten der Messschwelle wird das Signal aufgezeichnet.

Die Ankunftszeitdifferenz 12 lässt sich über eine direkte Messung der Ankunftszeiten anhand einer festgesetzten Messschwelle bestimmen oder mit Hilfe der Kreuzkorrelationsfunktion.

Die Kreuzkorrelationsfunktion gestattet die Bestimmung der Ankunftszeitdifferenz 12 aus den kontinuierlich aufgezeichneten Signalverläufen. Am Sensor XD1 wird das Signal $x(t)$ gemessen, am Sensor XD2 wird das Signal $y(t)$ gemessen. Das Signal $y(t)$ wird mit Hilfe des Parameters τ entlang der Zeitachse solange verschoben, bis es sich bestmöglich mit dem Signal $x(t)$ überdeckt. Mathematisch umgesetzt wird diese Bedingung durch Berechnung des Funktionswertes (numerische Auswertung des Faltungsintegrals) in Abhängigkeit von der Zeitverschiebung. Erreicht der Funktionswert ein Maximum, dann entspricht die Zeitverschiebung der Ankunftszeitdifferenz.

$$\psi_{xy}(\tau) = \lim_{T \rightarrow \infty} \frac{1}{2T} \int_{-T}^T x(t)y(t+\tau) dt$$

$\psi_{xy}(\tau)$... Funktionswert in Abhängigkeit von der Zeitverschiebung τ

Wenn τ der Ankunftszeitdifferenz entspricht, ist $\psi_{xy}(\tau)$ maximal

2T ... betrachtetes Zeitfenster, Integrationsgrenzen

x(t) ... Signal an Sensor XD1

5 y(t + τ) ... Signal an Sensor XD2, zeitverschoben um τ

Fig. 6 zeigt den prinzipiellen Ablauf der angewandten Mustererkennung in Frequenzform. Das Signal wird durch einen zeitlichen Spannungsverlauf (Spannung über der Zeit) dargestellt. Der berechnete Frequenzgang lässt erkennen, welche Frequenzen im zugrundeliegenden Signal mit welcher Stärke vorkommen. Die Mustererkennung bestimmt durch Vergleich mit Referenzdaten die Zugehörigkeit zu einem betrachteten Quellenmechanismus. Auf der linken Seite der Fig. 6 sind zwei Signale und deren Frequenzgang angeordnet. Die Mustererkennung ordnet nun jedem Signal einen Quellenmechanismus zu. Im rechten Diagramm sind zwei Quellenmechanismen dargestellt, dunkle Symbole entsprechen den Referenzdaten für Korrosion und helle Symbole veranschaulichen Referenzdaten für Umgebungsgeräusch. Durch Abbildung des Signals in diese Darstellung (angedeutet durch die vom Frequenzgang ausgehenden gekrümmten Pfeile) geht hervor, welchem Quellenmechanismus das untersuchte Signal zuzuordnen ist.

Ein weiteres Merkmal der angewandten Mustererkennung besteht darin, dass Kenngrößen der Schallemission, wie beispielsweise eine Maximalamplitude, eine Signalanstiegszeit, Signaldauer u.ä., mit Referenzdaten der betrachteten Quellenmechanismen verglichen und bewertet werden, worauf für eine Korrosion nicht relevante Signale ausgeschieden und die verbleibenden Signale für die Bewertung des Zustandes des Schiffes ausgewertet werden.

Die Fig. 7a und 7b zeigen das Flussdiagramm zur Datenverarbeitung von den Rohdaten bis zur Zustandsbewertung der vermessenen Tankeinheit 1. Die Rohdaten umfassen alle während einer Messung aufgenommenen Signaldaten. Die Rohdaten werden mit Hilfe der von der Auswerteeinrichtung ermittelten Signalparameter durch die Aufbereitung von jenem Anteil befreit, der die nachfolgende Ortungsrechnung erschwert bzw. nachteilig beeinflusst. Die Ortungsrechnung ergibt die auf der Tankwand befindlichen Schallemissionsquellen. Nach jedem Schritt im Ablauf wird eine Mustererkennung auf die verbleibenden Signale angewandt. Es liegen damit verschiedene Signalmusterordnungsverteilungen vor. Die Mustererkennung selbst startet von der aufgezeichneten Wellenform des Signals, führt zur FFT („fast Fourier transform“ zur Ermittlung des Frequenzgangs) und endet mit der Zuordnung zu einem betrachteten Quellenmechanismus mit Hilfe eines Classifiers (Klassifizierungsprogramm, basiert auf Referenzdaten zu den einzelnen Quellenmechanismen).

Die Fig. 8a und 8b veranschaulichen zwei verschiedene Signalmusterordnungsverteilungen. Die x-Achse zeigt die betrachteten Quellenmechanismen, an der y-Achse ist die Anzahl der zugeordneten Signale aufgetragen, die Rohdaten (Fig. 8a) enthalten beispielsweise 10.000 Signale, davon wurden etwa 2.500 Umgebungsgeräuschen (25%) zugeordnet. Nach der Ortungsrechnung (Fig. 8b) enthält die Datenmenge beispielsweise noch 800 Signale, wobei der Anteil an Umgebungsgeräuschen auf einen Wert von 10% sinkt. Um die genaue Lage der Korrosion festzustellen, genügt es, einen Sensor 4 an dieser Wand anzuordnen. Um jedoch die genaue Lage der Korrosion festzustellen, sind mindestens drei Sensoren 4 an der Wand anzuordnen, wie dies z.B. in Fig. 2 für das Schiffsdeck 7 veranschaulicht ist.

Die Auswertung der Signale erfolgt wie vorstehend beschrieben. Die drei Sensoren 4 können zu einem Multisensor 5 zusammengefasst sein, wobei die drei Sensoren 4 in der Ebene des Schiffsdecks 7 liegen. Besser ist es jedoch, zwischen den Sensoren 4 größere Abstände vorzusehen. Diese Ausführungsvariante ist besonders sinnvoll für das Schiffsdeck 7 wegen der schallisolierenden Gasphase 13 oberhalb des flüssigen Produktes 8.

PATENTANSPRÜCHE:

1. Verfahren zum Feststellen von Korrosion an einem Schiff, insbesondere an einem Tank-schiff, **gekennzeichnet durch** folgende Merkmale:

- Aufnehmen und Festhalten von Schallemissionen mittels eines Sensors (4, 5),
- Ermitteln von Kenngrößen der Schallemissionen,
- Bewerten der Kenngrößen der Schallemissionen,
- Ermitteln des Frequenzspektrums der Schallemissionen,
- 5 • Bewerten des Frequenzspektrums,
- Trennen der Signale nach den Kenngrößen und nach der Charakteristik des Frequenzspektrums, u.zw. in eine Gruppe von Signalen hervorgerufen durch Korrosion und in eine Gruppe hervorgerufen durch andere Geräuschquellen,
- Heranziehen der Werte für eine Bewertung des Zustandes des Schiffes.
- 10 2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die durch Korrosion hervorgerufenen Signale unterschiedlichen Korrosionsarten und Korrosionsstärken zugeordnet werden.
- 3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass die einzelnen Signale bestimmten Bereichen, u.zw. räumlichen oder flächigen Bereichen, des Schiffes zugeordnet werden.
- 15 4. Verfahren nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass zur Bildung eines Multisensors (5) drei oder mehrere Sensoren (4) in einem vorbestimmten Abstand und mit ihrer Sensitivität gleichgerichtet angeordnet werden und Zeitunterschiede des Einlangens eines Signales zu jeweils einem Sensor (4) gemessen werden und anhand dieser Zeitunterschiede die Richtung, aus der das Signal kommt, festgestellt wird.
- 20 5. Verfahren nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass zur Feststellung einer räumlichen Richtung vier Sensoren (4) in vorbestimmten Abständen (B) zueinander und mit ihrer Sensitivität gleichgerichtet angeordnet werden.
- 6. Verfahren nach Anspruch 4 oder 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass zur Bestimmung der Zeitunterschiede die Kreuzkorrelationsfunktion herangezogen wird.
- 25 7. Verfahren nach Anspruch 4, 5 oder 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass mindestens zwei Multisensoren (5) je zu bewertender Tankeinheit (1), vorgesehen werden und deren empfangene Signale gemeinsam ausgewertet werden.
- 8. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass die vom Sensor (4, 5) ermittelten Daten einer ersten Mustererkennung zur Absonderung von Daten, hervorgerufen von Umgebungsgeräuschen, unterworfen werden.
- 30 9. Verfahren nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass nach der ersten Absonderung von Daten, stammend von Umgebungsgeräuschen, eine oder mehrere weitere Mustererkennungen mit jeweiligen Absonderungen von Daten, die nicht von Korrosion stammen, durchgeführt werden.
- 35 10. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 4 bis 9, **dadurch gekennzeichnet**, dass eine Zeitverschiebung (12) der Ankunftszeiten eines Signales an den Sensoren (4) eines Multisensors (5) zur Bestimmung der Ortung der Quelle des Signales herangezogen wird, wobei ein Funktionswert in Abhängigkeit der Zeitverschiebung berechnet und ein Maximum des Funktionswertes ermittelt wird und die diesem zugehörige Zeitverschiebung als Ankunftszeitdifferenz (12) eines Signales bestimmt wird.
- 40 11. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 10, **dadurch gekennzeichnet**, dass ein Sensor (4), insbesondere ein Multisensor (5), während der Fahrt des Schiffes, vorzugsweise permanent, in Betrieb gehalten wird und die von ihm ermittelten Daten an eine ortsfeste Auswerteeinrichtung übersandt werden.
- 45 12. Einrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 11, **gekennzeichnet durch** mindestens einen Sensor (4) zum Aufnehmen und Festhalten einer Schallemission sowie eine Auswerteeinrichtung für die von dem(n) Sensor(en) empfangenen und zur Auswerteeinrichtung weitergeleiteten Signale, wobei der Sensor (4) entweder permanent in einem Schiff, insbesondere einem Tankschiff, angeordnet ist oder in dem Schiff an einer vorbestimmten Stelle aus- und einbaubar und fixierbar ist.
- 50 13. Einrichtung nach Anspruch 11 oder 12, **dadurch gekennzeichnet**, dass zur Bildung eines Multisensors (5) drei oder mehrere Sensoren (4) mit vorbestimmten Abständen zueinander gegeneinander fixiert sind.
- 55 14. Einrichtung nach Anspruch 13, **dadurch gekennzeichnet**, dass mindestens zwei Multi-

sensoren (5) in dem Schiff entweder fix angebracht oder in dem Schiff fixierbar sind.

15. Einrichtung nach einem oder mehreren der Ansprüche 12 bis 14, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Sensor (4) bzw. die Sensoren (4) bzw. der oder die Multisensoren (5) innerhalb eines Tankraums (1) eines Tankschiffes vorgesehen sind.
- 5 16. Einrichtung nach einem oder mehreren der Ansprüche 12 bis 15, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Sensor (4) bzw. die Sensoren (4) eigensicher und aus piezoelektrischem Material gebildet sind und die so in elektrische Signale umgewandelten Wellen in einem Rechner der Auswerteeinrichtung auswertbar sind.
- 10 17. Einrichtung nach Anspruch 16, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Rechner mit einem Programm zur Ermittlung des Frequenzgangs und einem Klassifizierungsprogramm basierend auf Referenzdaten zu unterschiedlichen Schallquellen ausgestattet ist.

HIEZU 5 BLATT ZEICHNUNGEN

15

20

25

30

35

40

45

50

55

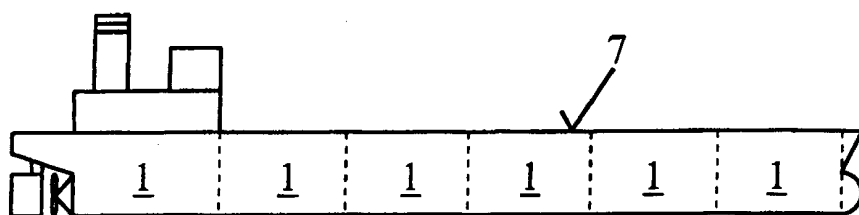


FIG. 1

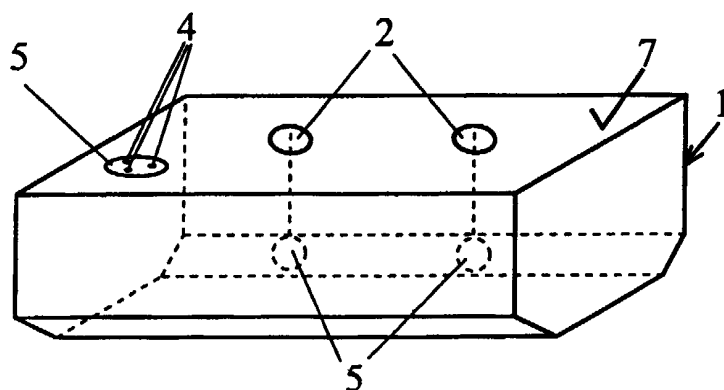


FIG. 2

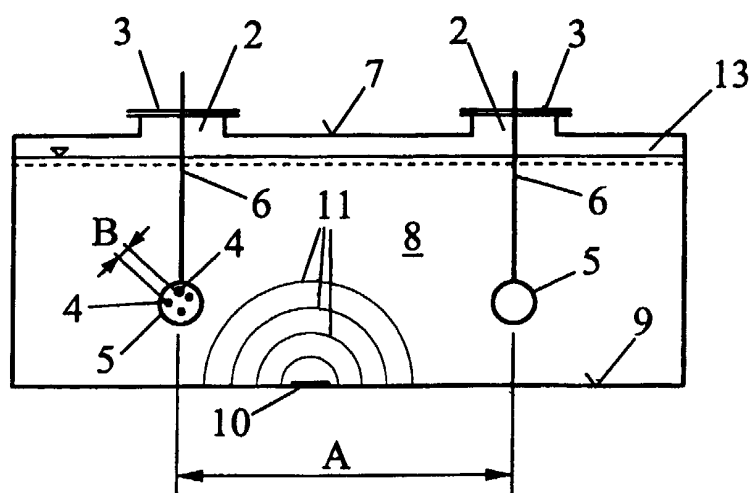


FIG. 3

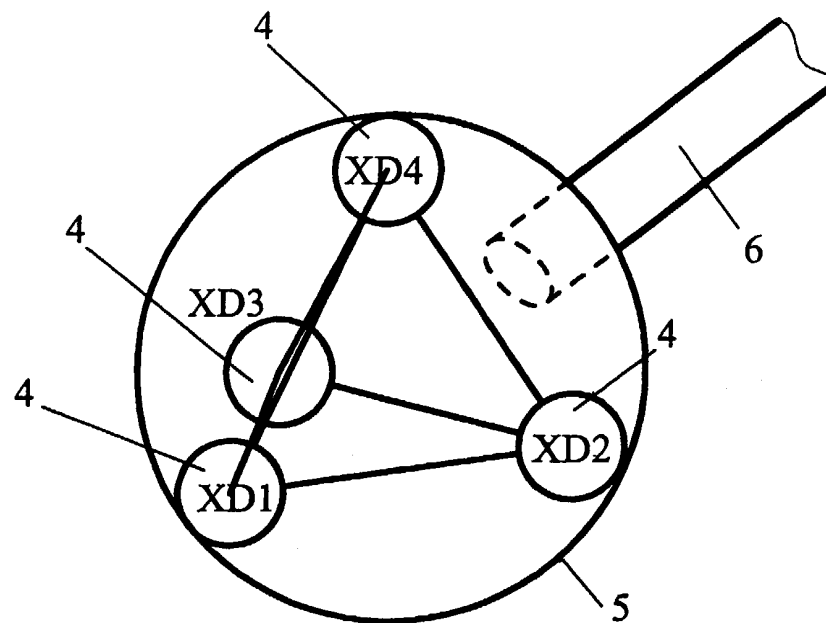


FIG. 4

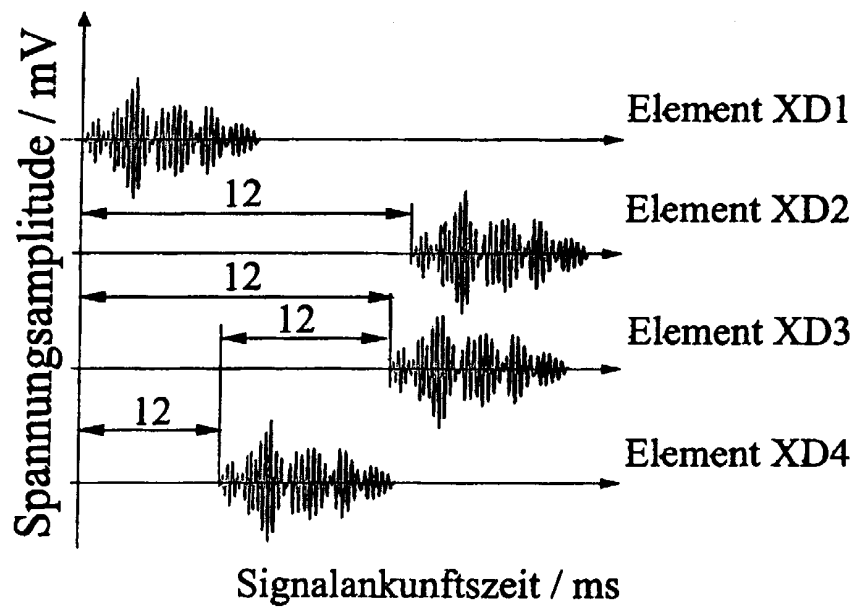


FIG. 5

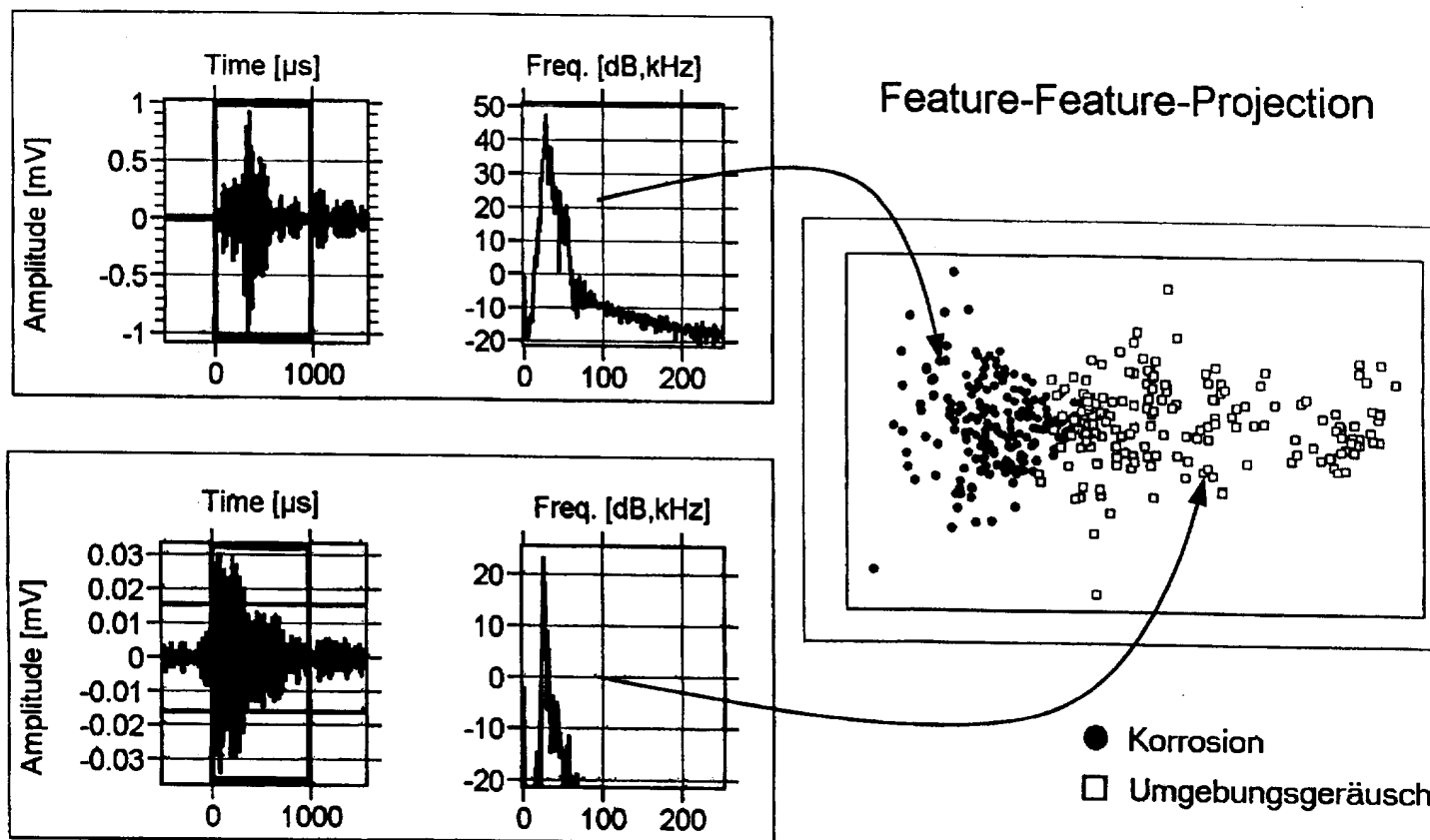


FIG. 6

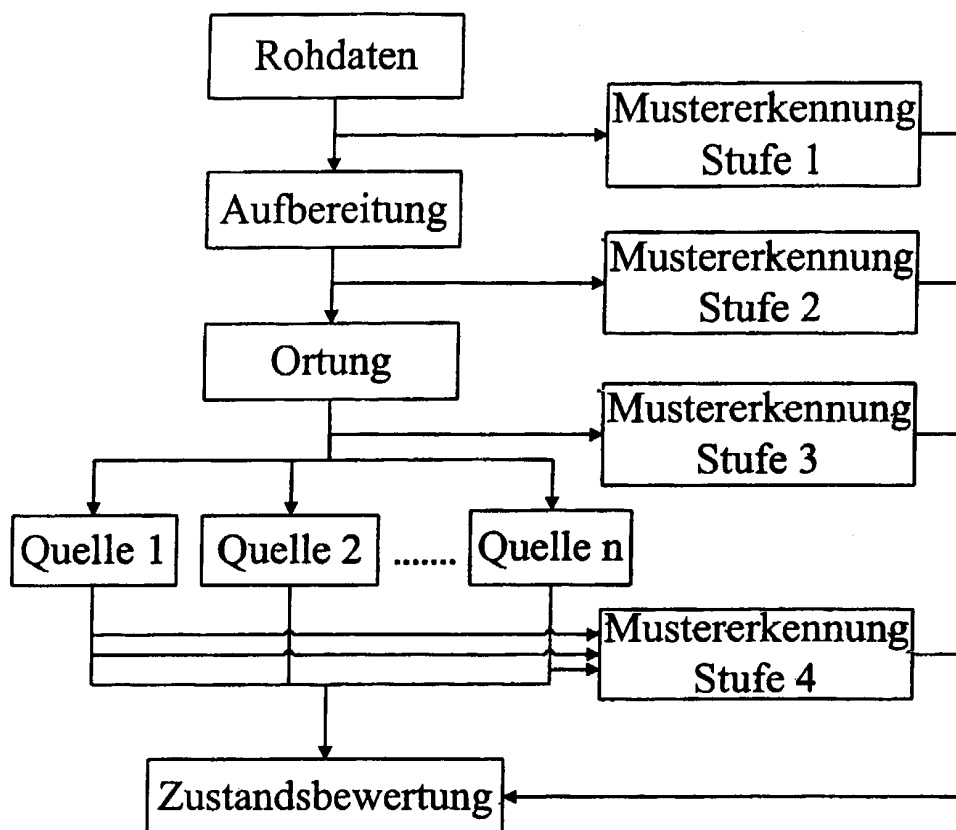


FIG. 7a

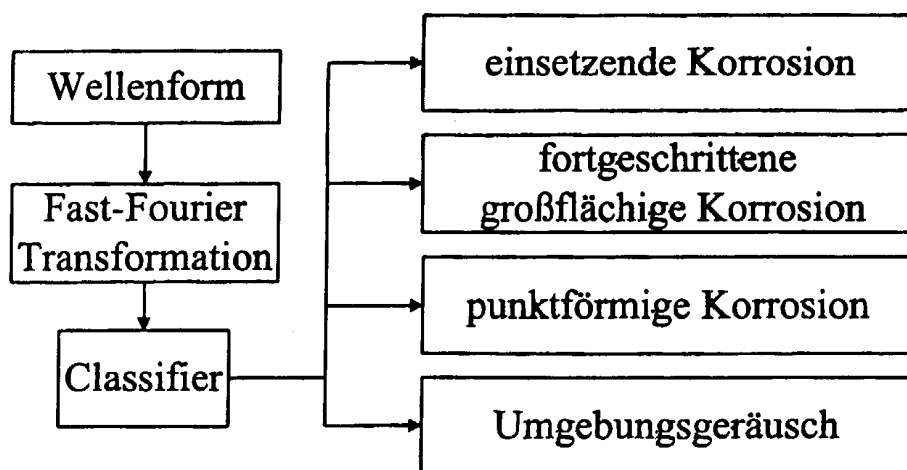


FIG. 7b

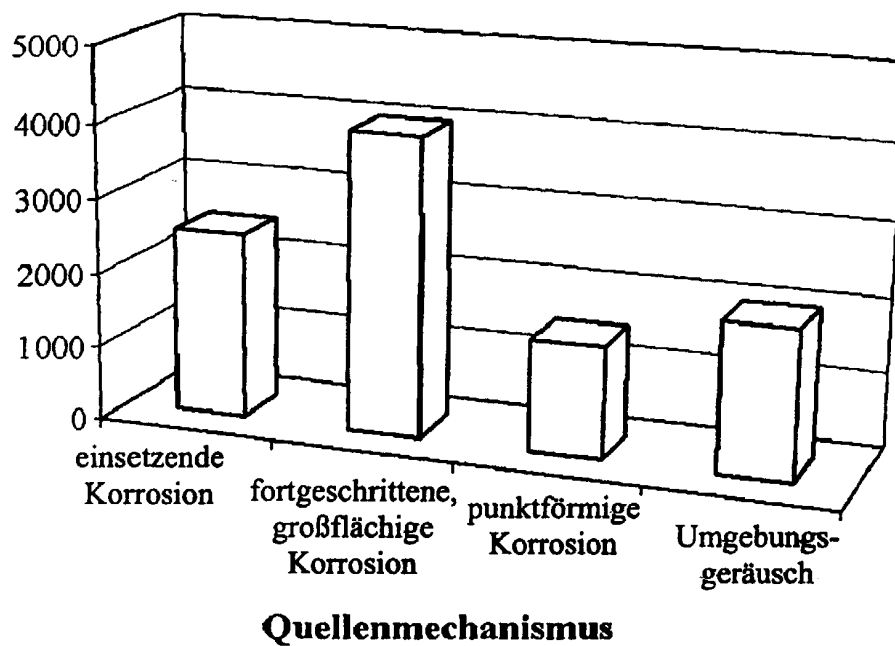


FIG. 8a

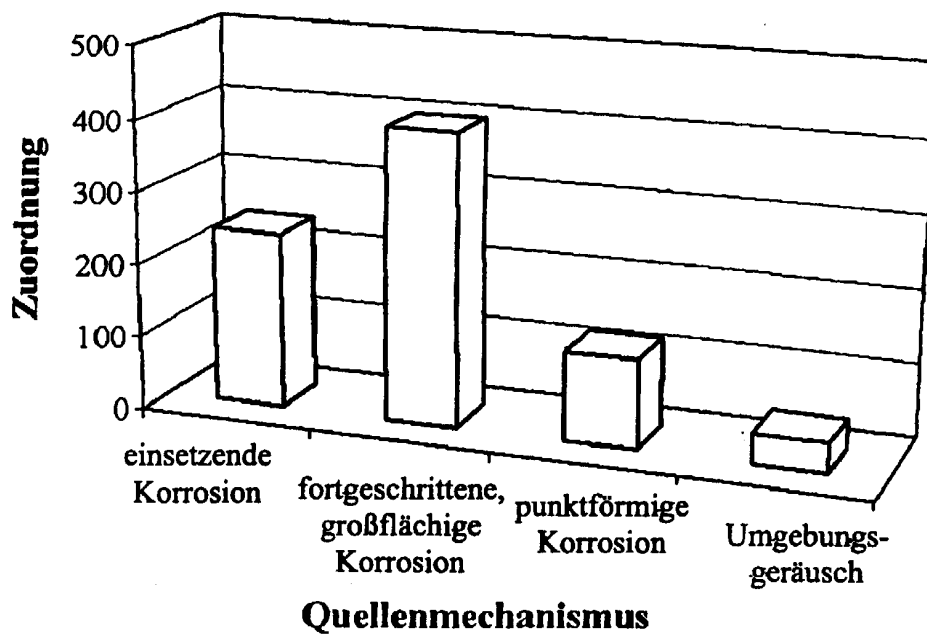


FIG. 8b