

Entmagnetisierungs- und Signaturvermessungsanlage

Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zur Entmagnetisierung und magnetischen Signaturvermessung eines stationär befindlichen Schiffskörpers und zur Simulation eines Magnetfeldes, mit einer
5 Entmagnetisierspulen-Anordnung, einer Magnetfeldsensor-Anordnung und einer Simulationsspulen-Anordnung.

Bekannt sind Entmagnetisierungsanlagen für Schiffe, insbesondere für
10 den militärischen Bereich, bei denen die Magnetisierung des Schiffskörpers vermindert wird, um diese Schiffe beispielsweise für Magnetminen mit Magnetzünder schwerer auffindbar zu machen. Neben der Funktion der Entmagnetisierung sind derartige Anlagen auch zur Signaturmessung ausgestattet, wobei ein vom natürlichen Umgebungsfeld
15 unterschiedliches Erdmagnetfeld simuliert werden kann, um für dieses den gewünschten Entmagnetisierungszustand des Schiffs zu erreichen. Weiterhin verfügen diese Anlagen in der Regel über die Funktion der Signaturmessung, mit der die magnetische Signatur des Schiffes aufgenommen und ausgewertet werden kann. Diese Signatur liefert bei
20 Schiffen ein Maß für die Entdeckbarkeit des Schiffskörpers durch einen Magnetfeldsensor beispielsweise bei oben genannten Magnetminen oder dient zur Einstellung der schiffseigenen Entmagnetisierungsanlage.

Aus dem Stand der Technik sind Entmagnetisierungsanlagen bekannt, bei
25 denen sich das Schiff über eine oder mehrere Entmagnetisierspule(n) bewegt, die ein starkes magnetisches Feld vornehmlich in vertikale Richtung erzeugt/(erzeugen). Die Entmagnetisierspulen sind fest in einer Tiefe von ca. 8m bis 12m in horizontaler Lage in einer im Boden verankerten Haltestruktur etabliert, sodass ihre Flächennormalen vertikal
30 zum Erdmittelpunkt ausgerichtet sind. Durch langsames Überfahren der Anlage wird das von den Spulen erzeugte Wechselfeld konstanter

Amplitude in ein magnetisches Wechselfeld mit anwachsender und abfallender Amplitude umgewandelt und somit die Entmagnetisierung bewirkt.

- 5 Zur Simulation eines Magnetfeldes wird in gleicher Weise ein Satz Simulationsspulen in eine im Boden verankerte Struktur eingelassen, die ebenfalls ein vornehmlich vertikal ausgerichtetes stationäres Magnetfeld gewünschter Feldstärke ausbilden. Bei dem Entmagnetisiervorgang werden in der Regel das Simulationsspulensystem und das
- 10 Entmagnetisierspulensystem gleichzeitig betrieben.

Die Signaturvermessung erfolgt häufig durch Magnetfeld-Sensorzeilen, wobei sich durch die Überfahrt über die Sensorzeilen zweidimensionale Magnetfeldkarten ergeben, die die Magnetisierung des Schiffs

15 widerspiegeln.

- Zwar erweisen sich derartige zur Überfahrt geeignete Anlagen als vergleichsweise kostengünstig, weisen jedoch betriebsmäßige Nachteile auf. Nachteilig ist insbesondere, neben der Einschränkung hinsichtlich des
- 20 Standorts wegen der Ausrichtung der Anlage an dem Erdmagnetfeld, vor allem der große Zeitaufwand beim Signaturmessprozess aufgrund einer mehrfachen Überfahrt in unterschiedlichen Richtungen sowie die Tatsache, dass bezüglich der Längsrichtung des Schiffskörpers nur Querfelder und Vertikalfelder für die Simulation erzeugt werden. Das
- 25 äußert sich z.B. darin, dass durch die natürliche Wanderung des Erdmagnetfeldvektors die Anlage nicht mehr wie bei ihrer Erstellung auf das Erdmagnetfeld ausgerichtet ist und daher die Qualität der Entmagnetisier- und Signaturmessergebnisse nachlässt. Ein weiterer gravierender Nachteil besteht darin, dass das Entmagnetisierfeld vom
- 30 Tidenhub abhängt, da sich der Abstand zwischen Schiff und Entmagnetisierspule mit dem Wasserstand ändert. Bei einem Tidenhub

von über 2m können wesentliche Einschränkungen für die Nutzung der Anlage entstehen.

- Weiterhin sind beispielsweise aus der WO 2013/038377 käfigförmige Anlagen bekannt, bei denen sich das Schiff stationär im Innenraum eines aus Spulen gebildeten Käfigs befindet. Diese Anlagen sind meist quaderförmig aufgebaut und in der Lage, das Schiff als Ganzes aufzunehmen. Die Orientierung dieser Anlagen in Bezug auf das Erdmagnetfeld ist beliebig, weil in dem Innenraum des Käfigs zur
- 5 Magnetfeld-Simulation homogene Magnetfelder in allen drei Raumrichtungen erzeugt werden können. Die Entmagnetisierungsfelder werden in Längsrichtung des Schiffskörpers erzeugt und sind damit besonders wirksam.
- 10
- 15 Als nachteilig erweist sich bei diesem Anlagentyp, dass hohe Kosten infolge der Anlagengröße verursacht werden, insbesondere erfordern Schiffe mit hohen Aufbauten sehr große Anlagen. Daneben ist eine hohe Entmagnetisierungsleistung wegen des großen Entmagnetisierungsvolumens erforderlich und es werden zur
- 20 Entmagnetisierung wegen der Anordnung des Schiffskörpers in Längsrichtung des Spuleninnenraums nur Längsfelder erzeugt.

- Der vorliegenden Erfindung liegt somit die Aufgabe zugrunde, eine Entmagnetisierungsanlage mit hoher Entmagnetisierungseffizienz und im
- 25 Vergleich zu bestehenden Anlagen günstigen Erstellungs- und Betriebskosten vorzuschlagen.

- Diese Aufgabe wird in Verbindung mit den Merkmalen des Oberbegriffs in Anspruch 1 dadurch gelöst, dass die Vorrichtung – in Bezug auf ein in die
- 30 Vorrichtung einfahrendes Schiff - in Längsrichtung des Schiffskörpers horizontal einseitig neben dem Schiffskörper positionierbar ist, wobei die

Entmagnetisierspulen-Anordnung mindestens zwei Entmagnetisierspulen aufweist, deren Querschnittsflächen in Längsrichtung des Schiffskörpers nebeneinander angeordnet und deren Flächennormalen horizontal ausgerichtet sind, sodass außerhalb der Entmagnetisierspulen ein in

5 Längsrichtung des Schiffskörpers fortschreitendes magnetisches Wechselfeld erzeugt wird. Anstelle von mindestens zwei Entmagnetisierspulen, bei denen ein magnetisches Wanderfeld erzeugt wird, kann auch eine einzige Entmagnetisierspule verwendet werden, deren Länge sich über die ganze Schiffslänge erstreckt und deswegen

10 kein Wanderfeld mehr erzeugt wird.

Erfindungsgemäß sind die Entmagnetisierspulen, beispielsweise an einem Landungssteg oder einer Kaimauer, so angeordnet, dass ihre Flächennormalen horizontal ausgerichtet sind. Der Schiffskörper wird

15 somit nicht von unten her, sondern durch an einer Längsseite des Schiffes eintretende Magnetfeldlinien entmagnetisiert. Dabei sind die Entmagnetisierspulen entlang einer Längsseite des Schiffes angeordnet, sodass ein in Längsrichtung des Schiffskörpers fortschreitendes magnetisches Wechselfeld erzeugbar ist. Die Vorbeifahrt des Schiffes an

20 der Entmagnetisierspulen-Anordnung ist nicht erforderlich und wird bei zwei oder mehr Entmagnetisierungsspulen durch ein magnetisches Wanderfeld ersetzt, das sich an dem stationär befindlichen Schiffskörper vorbeibewegt.

25 Neben dem Vorteil des fest vertäuten (stationär befindlichen) Schiffes besteht der Vorteil darin, dass kurze Entmagnetisierungszeiten in Verbindung mit vergleichsweise niedrigen Kosten wegen der kompakten Entmagnetisierspulen-Anordnung auftreten. Die Entmagnetisierspulen-Anordnung kann in einfacher Weise an einem Landungssteg oder einer

30 Kaimauer befestigt oder darin integriert sein.

In weiterer Ausgestaltung weist das fortschreitende magnetische Wechselfeld bezüglich der Längsrichtung des Schiffskörpers eine im Wesentlichen horizontale Wechselfeld-Querkomponente und/oder eine Wechselfeld-Längskomponente auf. Im letzteren Fall sind zum

5 Fortschreiten mindestens drei Entmagnetisierspulen erforderlich.

Neben der für den Entmagnetisierungsprozess besonders wirksamen Wechselfeld-Längskomponente eignet sich die erfindungsgemäße Vorrichtung zur Erzeugung einer horizontalen Wechselfeld-

10 Querkomponente. Die horizontale Wechselfeld-Querkomponente und die Wechselfeld-Längskomponente bewirken eine hohe Entmagnetisierungseffizienz.

Mit Vorteil weist die Simulationsspulen-Anordnung Simulationsspulen auf, deren Querschnittsflächen in Längsrichtung des Schiffskörpers

15 nebeneinander angeordnet und deren Flächennormalen horizontal ausgerichtet sind, sodass außerhalb der Simulationsspulen ein stationäres Simulationsmagnetfeld mit einer Vertikalkomponente, einer Querkomponente und einer Längskomponente bezüglich der

20 Längsrichtung des Schiffskörpers erzeugbar sind.

Die Simulationsspulen-Anordnung umfasst Simulationsspulen, die in gleicher Weise wie die Entmagnetisierspulen ausgerichtet sind. Damit können in sehr flexibler Weise gewünschte stationäre

25 Magnetfeldstrukturen mit Magnetfeld-Komponenten in allen drei Raumrichtungen simuliert und z.B. das Erdmagnetfeld unabhängig von der geometrischen Ausrichtung der Anlage kompensiert werden. Die Simulationsspulen-Anordnung weist bevorzugt mindestens fünf Simulationsspulen auf, wobei mindestens zwei gegensinnig wirkende

30 Simulationsspulen zur Erzeugung der Vertikalkomponente, mindestens eine Simulationsspule zur Erzeugung der Querkomponente und

mindestens zwei gegensinnig wirkende Simulationsspulen zur Erzeugung der Längskomponente des Simulationsmagnetfeldes dienen.

5 Zwei gegensinnig betriebene, in Längsrichtung des Schiffskörpers nebeneinander angeordnete Simulationsspulen erzeugen eine Längskomponente des Simulationsmagnetfeldes, zwei in vertikaler Richtung übereinander angeordnete Simulationsspulen erzeugen die Vertikalkomponente des Simulationsmagnetfeldes. Zur Erzeugung der Querkomponente des Simulationsmagnetfeldes reicht eine
10 Simulationsspule aus.

Zur Vermessung der magnetischen Signatur weist die Magnetfeldsensor-Anordnung Magnetfeldsensoren auf, die z.B. in einer Ebene der jeweiligen Querschnittsfläche der Entmagnetisierungsspulen und/oder Simulationsspulen
15 angeordnet sind.

Bevorzugt befinden sich die Magnetfeldsensoren in einer Ebene der jeweiligen Querschnittsfläche der Entmagnetisierungsspulen und/oder der Simulationsspulen, um das an dem Ort der entsprechenden Spulen
20 vorherrschende Magnetfeld des Schiffes zu analysieren.

In bevorzugter Ausgestaltung ist die erfindungsgemäße Vorrichtung an einem nicht magnetischen Landungssteg und/oder einer Kaimauer befestigt oder darin integriert.
25

Zur wirksameren Entmagnetisierung und zur genaueren Magnetfeld-Simulation sind zwei erfindungsgemäße Vorrichtungen horizontal an gegenüberliegenden Seiten in Längsrichtung des Schiffskörpers positionierbar.
30

In dieser Ausgestaltung kann jeweils eine erfindungsgemäße Vorrichtung an einem Landungssteg oder einer Kaimauer angeordnet sein, wobei sich der Schiffskörper zwischen zwei Landungsstegen bzw. Landungssteg und der Kaimauer mit den erfindungsgemäßen Vorrichtungen stationär
5 befindet.

Für die Entmagnetisierung von Schiffen in getauchter Position kann die Anlage an einem höhenverstellbaren Landungssteg oder höhenverstellbar an einem fixen Landungssteg oder einer Kaimauer so montiert werden,
10 dass sich die Spulen in ihrer ganzen Größe unter Wasser befinden.

Das Entmagnetisiersystem kann auch in ein Schwimmdock oder Trockendock integriert werden, das in nicht magnetischer Bauweise ausgeführt wird und auch die gesamte elektrische/elektronische
15 Einrichtung wie z.B. Stromgeneratoren, Stromquellenerzeuger und Signalverarbeitungssysteme aufweist. Bei großen Schiffsbreiten ist es vorteilhaft, wenn auf dem Boden des Docks noch eine dritte Anordnung von Entmagnetisierspulen integriert wird, um die Entmagnetisierfeldstärke zu erhöhen.

20

Weitere vorteilhafte Ausgestaltungsmerkmale ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung und den Zeichnungen, die bevorzugte Ausführungsformen der Erfindung anhand von Beispielen erläutern.

25 Es zeigen:

Fig. 1 eine schematische Darstellung der erfinderischen Vorrichtung in Draufsicht,

30 Fig. 2 eine schematische Darstellung der ersten erweiterten erfinderischen Vorrichtung in Draufsicht,

- Fig. 3 eine schematische Darstellung der erfinderischen Vorrichtung nach Fig. 1 in dreidimensionaler Darstellung,
- 5 Fig. 4 eine schematische Darstellung der Entmagnetisierspulen-Anordnung mit Magnetfeldsensoren in Seitenansicht,
- Fig. 5 eine schematische Darstellung der Simulationsspulen-Anordnung in Seitenansicht,
- 10 Fig. 6a,
Fig. 6b,
Fig. 6c eine Erzeugung der Magnetfeldkomponenten des Simulationsmagnetfeldes,
- 15 Fig. 7 eine Erzeugung der Wechselfeld-Längskomponente des fortschreitenden magnetischen Wechselfeldes und
- 20 Fig. 8 eine Erzeugung der horizontalen Wechselfeld-Querkomponente des fortschreitenden magnetischen Wechselfeldes.

Die Fig. 1 zeigt schematisch die Positionierbarkeit der erfindungsgemäßen Vorrichtung 2 in Bezug auf einen stationär befindlichen Schiffskörper 4.

25 Durch Anlegen und festes Vertäuen des Schiffskörpers 4 an einem nicht magnetischen Landungssteg 6 kann die erfindungsgemäße Vorrichtung 2 so positioniert werden, dass sie sich horizontal einseitig neben dem Schiffskörper 4 befindet. Der Schiffskörper 4 wird somit während des Entmagnetisierungsvorgangs und während der magnetischen

30 Signaturvermessung sowie zur Simulation des Magnetfeldes nicht an der Vorrichtung 2 vorbei bewegt, sondern bleibt stationär. An dem

Landungssteg 6 befestigt oder in diesem integriert ist die erfindungsgemäße Vorrichtung 2, die aus der Entmagnetisierspulen-Anordnung 8 mit Magnetfeldsensoren 10 sowie aus der Simulationsspulen-Anordnung 12a, 12b, 12c besteht. Die
5 Entmagnetisierspulen-Anordnung 8 mit den Magnetfeldsensoren 10 sowie die Simulationsspulen-Anordnung 12a, 12b, 12c können in beliebiger Weise an dem Landungssteg befestigt oder in diesem integriert sein, sind jedoch immer so angeordnet, dass deren Querschnittsflächen mit ihren Flächennormalen horizontal (hier in Zeichenebene) ausgerichtet sind.

10

Fig. 2 zeigt in schematischer Darstellung die erste erweiterte erfinderische Vorrichtung 5, die aus zwei erfinderischen Vorrichtungen 2 besteht, die horizontal einseitig an gegenüberliegenden Seiten neben dem Schiffskörper 4 positionierbar sind.

15

In dieser ersten erweiterten Ausführungsform 5 befindet sich der Schiffskörper 4 zwischen zwei Landungstegen 6 mit den jeweiligen Vorrichtungen 2.

20 Fig. 3 zeigt eine schematische Darstellung der erfinderischen Vorrichtung 2 aus Fig. 1 in dreidimensionaler Ansicht. In Längsrichtung des Schiffskörpers 4 in einer Ebene nebeneinander angeordnet befinden sich die vier Entmagnetisierspulen 8 mit in einer jeweiligen Spulenebene der Entmagnetisierspulen 8 angeordneten vier Magnetfeldsensoren 10. In
25 einer Ebene auf der gegenüberliegenden Seite des Landungstegs 6 sind insgesamt fünf Simulationsspulen 12a, 12b, 12c angeordnet.

Fig. 4 zeigt in schematischer Darstellung die Ebene der Entmagnetisierspulen-Anordnung mit vier Entmagnetisierspulen 8, hier mit
30 jeweils drei Magnetfeldsensoren 10. Zur Erzeugung des fortschreitenden magnetischen Wechselfeldes sind mindestens zwei Entmagnetisierspulen

8 erforderlich. Zur Signaturvermessung umfasst jeweils eine Entmagnetisierspule 8 mindestens zwei Magnetfeldsensoren 10.

Fig. 5 ist eine schematische Darstellung der aus mindestens fünf Simulationsspulen 12a, 12b, 12c bestehenden Simulationsspulen-Anordnung.

In den Fig. 6a, 6b und 6c ist dargestellt, wie diese Spulen zur Erzeugung eines stationären Simulationsmagnetfeldes beitragen.

10

Fig. 6a zeigt die vertikal nebeneinander angeordneten Simulationsspulen 12a zur Erzeugung einer Vertikalkomponente 20a des Simulationsmagnetfeldes.

15 Fig. 6b zeigt die durch eine Simulationsspule 12b erzeugte Querkomponente 20b des stationären Simulationsmagnetfeldes.

In Fig. 6c ist das aus den Simulationsspulen 12c gebildete Spulenpaar dargestellt, welches eine Längskomponente 20c des stationären
20 Simulationsmagnetfeldes erzeugt.

In Fig. 7 ist die Erzeugung eines in Längsrichtung orientierten fortschreitenden Entmagnetisierwechselfeldes (Wechselfeld-Längskomponente 30a) außerhalb der Spulenebene durch jeweils zwei
25 benachbarte, gegensinnig betriebene Entmagnetisierspulen 8 dargestellt.

In der oberen Zeile befindet sich das Maximum der Feldamplitude der Wechselfeld-Längskomponente 30a im linken Spulenbereich, in der mittleren Zeile im mittleren Spulenbereich und in der unteren Zeile im
30 rechten Spulenbereich. Durch eine entsprechende Stromsteuerung und die damit bewirkte Anregung der jeweiligen Entmagnetisierspulen 8

wandert das Maximum der Wechselfeld-Längskomponente 30a in Längsrichtung der Entmagnetisierspulen-Anordnung und damit in Längsrichtung an dem Schiffskörper 4 vorbei.

- 5 Fig. 8 zeigt die Erzeugung eines in Querrichtung orientierten fortschreitenden Entmagnetisierwechselfeldes (horizontale Wechselfeld-Querkomponente 30b) außerhalb der Spulenebene durch mehrere benachbarte gleichsinnig betriebene Entmagnetisierspulen 8.
- 10 In der oberen Zeile befindet sich das Maximum der Feldamplitude der horizontalen Wechselfeldquerkomponente 30b im linken Spulenbereich. Wie in den darunterliegenden Zeilen dargestellt, wandert das Maximum der horizontalen Wechselfeld-Querkomponente 30b durch geeignete Stromsteuerung und der damit verbundenen Anregung der betreffenden
- 15 Entmagnetisierspulen 8 in Längsrichtung an der Entmagnetisierspulen-Anordnung nach rechts und damit in Längsrichtung an dem Schiffskörper 4 vorbei.

Bezugszeichenliste

2	Vorrichtung
4	Schiffskörper
5	erweiterte Vorrichtung
6	Landungsteg
8	Entmagnetisierspulen-Anordnung
10	Magnetfeldsensoren
12a/b/c	Simulationsspulen
20a	Vertikalkomponente
20b	Querkomponente
20c	Längskomponente
30a	Wechselfeld-Längskomponente
30b	Wechselfeld-Querkomponente