



(10) **DE 10 2017 131 390 A1** 2019.07.04

(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2017 131 390.7**

(22) Anmeldetag: **28.12.2017**

(43) Offenlegungstag: **04.07.2019**

(51) Int Cl.: **G01N 27/22** (2006.01)  
**G01F 23/26** (2006.01)

(71) Anmelder:  
**KAUTEX TEXTRON GMBH & CO. KG, 53229 Bonn,  
DE; Universität Bremen, 28359 Bremen, DE**

(72) Erfinder:  
**Krieger, Karl-Ludwig, Prof. Dr., 26835 Brinkum,  
DE; Happel, Jakob, 29614 Soltau, DE; Wolf,  
Hartmut, 53639 Königswinter, DE**

(74) Vertreter:  
**Richly & Ritschel Patentanwälte PartG mbB,  
51429 Bergisch Gladbach, DE**

(56) Ermittelte Stand der Technik:

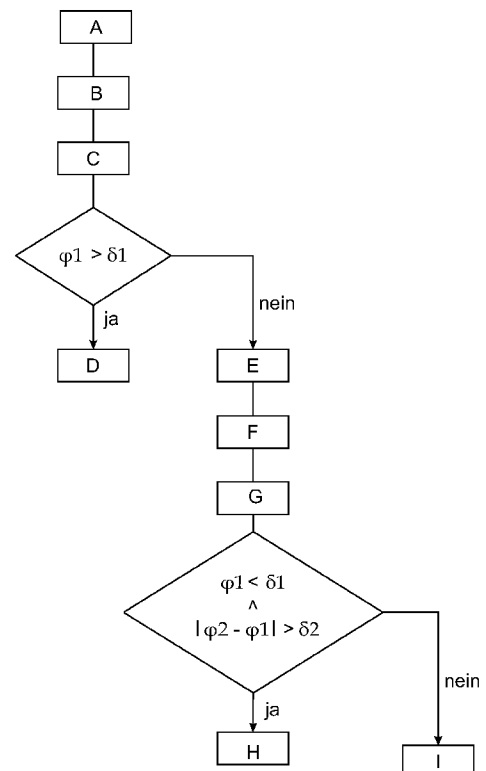
<b>DE</b>	<b>10 2004 026 637</b>	<b>A1</b>
<b>DE</b>	<b>10 2009 028 459</b>	<b>A1</b>
<b>WO</b>	<b>2008/ 080 865</b>	<b>A2</b>
<b>WO</b>	<b>2012/ 107 568</b>	<b>A1</b>

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen.**

(54) Bezeichnung: **Verfahren zum Bestimmen eines Aggregatzustandes einer wässrigen Betriebsflüssigkeit in einem Betriebsflüssigkeitsbehälter für ein Kraftfahrzeug und Betriebsflüssigkeitsbehälter zum Durchführen des Verfahrens**

(57) Zusammenfassung: Die vorliegende Erfindung offenbart Verfahren zum Bestimmen eines Aggregatzustandes einer Betriebsflüssigkeit in einem Betriebsflüssigkeitsbehälter (1) für ein Kraftfahrzeug, wobei der Betriebsflüssigkeitsbehälter (1) zumindest einen an einer Behälterwand (10, 20, 30) des Betriebsflüssigkeitsbehälters (1) befestigten Kondensator (60, 70) mit einer ersten Elektrode (61, 71) und einer dieser gegenüberliegenden zweiten Elektrode (62, 72) aufweist. Ein erstes erfindungsgemäßes Verfahren ermittelt den Aggregatzustand der Betriebsflüssigkeit mittels eines frequenzabhängigen Phasenverlaufs der Impedanz des zumindest eines Kondensators (60, 70). Ein weiteres erfindungsgemäßes Verfahren ermittelt den Aggregatzustand der Betriebsflüssigkeit mittels eines frequenzabhängigen Kapazitätsverlaufs des zumindest eines Kondensators (60, 70). Die vorliegende Erfindung offenbart ferner einen Betriebsflüssigkeitsbehälter (1), der zum Ausführen der erfindungsgemäßen Verfahren ausgebildet ist.



## Beschreibung

**[0001]** Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zum Bestimmen eines Aggregatzustandes einer wässrigen Betriebsflüssigkeit in einem Betriebsflüssigkeitsbehälter für ein Kraftfahrzeug. Ferner betrifft die vorliegende Erfindung einen Betriebsflüssigkeitsbehälter zum Durchführen des Verfahrens.

**[0002]** Im Folgenden wird auch auf als Wasserbehälter ausgebildete Betriebsflüssigkeitsbehälter Bezug genommen, die für den Einsatz in einem Kraftfahrzeug ausgebildet sind. Betriebsflüssigkeitsbehälter im Sinne der Erfindung sind insbesondere aber nicht ausschließlich Wasserbehälter für Kraftfahrzeuge zur Bevorratung von beispielsweise in einen Ansaugtrakt einer Brennkraftmaschine zu injizierendes Wasser, Harnstoffbehälter, Wischwasserbehälter, Nebenflüssigkeitsbehälter oder Additivbehälter für Kraftfahrzeuge. Behälter der eingangs genannten Art werden häufig durch Extrusionsblasformen hergestellt, wobei sich insbesondere HDPE (High Density Polyethylene) für die Herstellung extrusionsblasgeformter Behälter eignet. Ferner ist es möglich, entsprechende Betriebsflüssigkeitsbehälter mittels eines Spritzgießverfahrens herzustellen.

**[0003]** Die Wassereinspritzung ist ein Verfahren zur Leistungssteigerung von Verbrennungskraftmaschinen. Um die Maximaltemperatur bei Höchstleistung nicht zu überschreiten, wird destilliertes Wasser in den Ansaugtrakt einer Verbrennungskraftmaschine eingespritzt. Die verdunstende Flüssigkeit hat eine kühlende Wirkung und vermindert die Verdichtungsarbeit. Auch eine Einspritzung während des Verbrennungstaktes zur Dampfkrafterzeugung und zur Reduktion der Abgastemperatur und damit zur Reduktion des Abgasgedruckes wird praktiziert. Mittels Wassereinspritzung kann der Schadstoffausstoß, insbesondere von Stickoxiden, von Verbrennungsmotoren gesenkt werden. Das in den Luft-Ansaugtrakt eingespritzte Wasser bewirkt durch die aufzubringende Verdunstungswärme eine effektive Ladeluftkühlung und erreicht dadurch auch eine Innenkühlung des Motors. Durch die kältere Verbrennungsluft und damit deren höhere Dichte ergibt sich eine Leistungssteigerung.

**[0004]** Voraussetzung für die Wassereinspritzung ist, dass das im Betriebsflüssigkeitsbehälter bevorratete Wasser einen flüssigen Aggregatzustand aufweist, so dass das Wasser mittels einer Pumpe gefördert werden kann. Selbiges gilt beispielsweise auch für eine in einem Betriebsflüssigkeitsbehälter bevorratete Harnstofflösung. Bei Temperaturen um den Gefrierpunkt kann das Wasser innerhalb des Betriebsflüssigkeitsbehälters einen teilweise festen und teilweise flüssigen Aggregatzustand aufweisen, so dass unter Umständen eine Förderung des Wassers mittels einer Pumpe möglich sein kann. Bei Tempe-

raturen deutlich unterhalb des Gefrierpunktes ist die Betriebsflüssigkeit zu einem großen Teil oder komplett gefroren, so dass eine Förderung der wässrigen Betriebsflüssigkeit nicht möglich ist. Sobald die Betriebsflüssigkeit einen teilweise festen Aggregatzustand aufweist, sobald sich also Eis im Betriebsflüssigkeitsbehälter befindet, ist eine Förderung der Betriebsflüssigkeit nicht mehr sichergestellt, so dass Gegenmaßnahmen getroffen werden müssen. Zum einen kann ein Betrieb des Kraftfahrzeugs verhindert werden, solange die Betriebsflüssigkeit nicht gefördert werden kann. Ferner wird eine Heizeinrichtung zum Aufwärmen der sich im Betriebsflüssigkeitsbehälter befindlichen Betriebsflüssigkeit aktiviert.

**[0005]** Der vorliegenden Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zum Bestimmen eines Aggregatzustandes einer wässrigen Betriebsflüssigkeit in einem Betriebsflüssigkeitsbehälter für ein Kraftfahrzeug bereitzustellen.

**[0006]** Die der vorliegenden Erfindung zugrundeliegende Aufgabe wird durch ein Verfahren mit den Merkmalen des Anspruchs 1 gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen des Verfahrens sind in den von Anspruch 1 abhängigen Ansprüchen beschrieben.

**[0007]** Im Genaueren wird die der vorliegenden Erfindung zugrundeliegende Aufgabe durch ein Verfahren zum Bestimmen eines Aggregatzustandes einer Betriebsflüssigkeit in einem Betriebsflüssigkeitsbehälter für ein Kraftfahrzeug gelöst, wobei der Betriebsflüssigkeitsbehälter zumindest einen an einer Behälterwand des Betriebsflüssigkeitsbehälters befestigten Kondensator mit einer ersten Elektrode und einer dieser gegenüberliegenden zweiten Elektrode aufweist. Das erfindungsgemäße Verfahren ist durch folgende Verfahrensschritte **A**, **B**, **C** und **D** gekennzeichnet:

- A) Anlegen von zumindest einer ersten Wechselspannung an den Kondensator, wobei eine erste Frequenz der ersten Wechselspannung einer unteren Grenzfrequenz entspricht;
- B) Bestimmen und Speichern einer ersten Impedanz des Kondensators für die erste Frequenz;
- C) Bestimmen eines ersten Phasenwinkels aus der ersten Impedanz; und
- D) Bestimmen, dass die im Betriebsflüssigkeitsbehälter befindliche Betriebsflüssigkeit einen festen Aggregatzustand aufweist, wenn der erste Phasenwinkel größer als ein erster Grenzwinkel ist.

**[0008]** Das erfindungsgemäße Verfahren weist den Vorteil auf, dass eine Bestimmung bzw. Ermittlung, ob die im Betriebsflüssigkeitsbehälter bevorra-

tete Betriebsflüssigkeit einen festen Aggregatzustand aufweist und somit als Eis vorliegt, zuverlässig ohne direkten Kontakt einer Messeinrichtung, im vorliegenden Fall des Kondensators, mit der Betriebsflüssigkeit ermöglicht ist. Die Impedanz des zumindest einen Kondensators und der sich aus der Impedanz ergebende Phasenwinkel korrelieren mit dem Aggregatzustand der im Betriebsflüssigkeitsbehälter bevorrateten Betriebsflüssigkeit. Somit kann durch Bestimmen der Impedanz und/oder des sich aus der Impedanz ergebenden Phasenwinkels auf den Aggregatzustand der im Betriebsflüssigkeitsbehälterinnenraum befindlichen Betriebsflüssigkeit rückgeschlossen werden.

**[0009]** Die frequenzabhängige Impedanz des Kondensators und der sich aus der Impedanz ergebende Phasenwinkel hängen von den Relaxationsfrequenzen der Materialien ab, die von dem elektrischen Wechselfeld zwischen der ersten Elektrode und der zweiten Elektrode durchdrungen werden. Somit hängen die frequenzabhängige Impedanz des Kondensators und der sich aus der Impedanz ergebende Phasenwinkel von dem Material der Behälterwand und von der im Betriebsflüssigkeitsbehälterinnenraum befindlichen Betriebsflüssigkeit ab. Folglich hängen die frequenzabhängige Impedanz des Kondensators und der sich aus der Impedanz ergebende Phasenwinkel von Relaxationsfrequenzen der Orientierungspolarisation der Wassermoleküle der Betriebsflüssigkeit ab. Während die Relaxationsfrequenz für Wasser im flüssigen Aggregatzustand im Bereich von einigen GHz liegt, liegt die Relaxationsfrequenz für Wasser im festen Aggregatzustand, also für Eis im Bereich von einigen kHz.

**[0010]** Die Anmeldmelderin hat herausgefunden, dass die frequenzabhängige Größe und der frequenzabhängige Verlauf des sich aus der Impedanz des Kondensators ergebenden Phasenwinkels eindeutige Rückschlüsse auf den Aggregatzustand der im Betriebsflüssigkeitsbehälter bevorrateten Betriebsflüssigkeit ermöglichen. So hat die Anmelderin festgestellt, dass der sich aus der Impedanz des Kondensators ergebende Phasenwinkel für eine Frequenz der Wechselspannung, die einer unteren Grenzfrequenz entspricht, größer als ein vorbestimmter erster Grenzwinkel ist, wenn die Betriebsflüssigkeit innerhalb des Betriebsflüssigkeitsbehälters einen festen Aggregatzustand aufweist. Dabei hängen die untere Grenzfrequenz der an den Kondensator angelegten Wechselspannung von der Geometrie des Kondensators und der Größe der Elektroden des Kondensators und dem Abstand der Elektroden des Kondensators voneinander ab.

**[0011]** Vorzugsweise beträgt der erste Grenzwinkel  $-85^\circ$ . Die untere Grenzfrequenz beträgt vorzugsweise 10 kHz. Somit beträgt der sich aus der Impedanz des Kondensators ergebende Phasenwinkel mindestens

$-85^\circ$  bei einer an den Kondensator angelegten Wechselspannung, die eine Frequenz von 10 kHz aufweist, wenn die Betriebsflüssigkeit im Betriebsflüssigkeitsbehälter einen festen Aggregatzustand aufweist, wenn also die wässrige Betriebsflüssigkeit gefroren ist und als Eis vorliegt.

**[0012]** Der Betriebsflüssigkeitsbehälter ist vorzugsweise ein Betriebsflüssigkeitsbehälter für ein Kraftfahrzeug. Weiter vorzugsweise ist der Betriebsflüssigkeitsbehälter als Wasserbehälter für ein Kraftfahrzeug zur Aufnahme von Wasser ausgebildet, das zur Injektion in eine Brennkraftmaschine des Kraftfahrzeugs vorgesehen ist. Weiter vorzugsweise ist der Betriebsflüssigkeitsbehälter als Harnstoffbehälter zur Aufnahme einer wässrigen Harnstofflösung ausgebildet, die zur Injektion in den Abgasstrang einer Verbrennungskraftmaschine vorgesehen ist.

**[0013]** Vorzugsweise wird ein Stoppsignal ausgegeben, wenn der erste Phasenwinkel größer als der erste Grenzwinkel ist. Durch Ausgabe des Stoppsignals kann ein Betrieb des Kraftfahrzeugs verhindert werden.

**[0014]** Bei dem Verfahrensschritt **A** ist die untere Grenzfrequenz von der Geometrie und den Abmessungen des Kondensators abhängig und kann daher variieren. Insbesondere beträgt die untere Grenzfrequenz 10 kHz.

**[0015]** Der Phasenwinkel ist der Winkel zwischen der am Kondensator anliegenden Spannung und des durch den Kondensator fließenden Stroms.

**[0016]** Folglich wird im Verfahrensschritt **C** der Phasenwinkel zwischen der Spannung und dem Strom bestimmt.

**[0017]** Unter einem Verlustwinkel ist die Differenz von  $-90^\circ$  und dem Phasenwinkel der Impedanz zu verstehen.

**[0018]** Folglich lässt sich der Verfahrensschritt **C** dann auch wie folgt formulieren: Bestimmen eines ersten Verlustwinkels des Kondensators für die erste Frequenz. Der Verfahrensschritt **D** lässt sich dann wie folgt ausdrücken: Bestimmen, dass die im Betriebsflüssigkeitsbehälter befindliche Betriebsflüssigkeit einen festen Aggregatzustand aufweist, wenn der erste Verlustwinkel größer als ein erster Grenzverlustwinkel ist.

**[0019]** Vorzugsweise beträgt der erste Grenzverlustwinkel  $5^\circ$ . Die untere Grenzfrequenz beträgt vorzugsweise 10 kHz. Somit beträgt der sich aus der Impedanz des Kondensators ergebende Verlustwinkel mindestens  $5^\circ$  bei einer an den Kondensator angelegten Wechselspannung, die eine Frequenz von 10 kHz aufweist, wenn die Betriebsflüssigkeit im Be-

etriebsflüssigkeitsbehälter einen festen Aggregatzustand aufweist, wenn also die wässrige Betriebsflüssigkeit gefroren ist und als Eis vorliegt.

**[0020]** Vorzugsweise weist das Verfahren folgende Verfahrensschritte auf:

- E) Anlegen einer zweiten Wechselspannung an den Kondensator, wobei eine zweite Frequenz der zweiten Wechselspannung einer oberen Grenzfrequenz entspricht;
- F) Bestimmen und Speichern einer zweiten Impedanz des Kondensators für die zweite Frequenz;
- G) Bestimmen eines zweiten Phasenwinkels aus der zweiten Impedanz; und
- H) Bestimmen, dass die im Betriebsflüssigkeitsbehälter befindliche Betriebsflüssigkeit teilweise einen festen und teilweise einen flüssigen Aggregatzustand aufweist, wenn der erste Phasenwinkel kleiner als der erste Grenzwinkel und eine Differenz zwischen dem zweiten Phasenwinkel und dem ersten Phasenwinkel größer als ein zweiter Grenzwinkel ist.

**[0021]** Das entsprechend ausgebildete Verfahren weist den Vorteil auf, dass eine Bestimmung bzw. Ermittlung, ob die im Betriebsflüssigkeitsbehälter bevorratete Betriebsflüssigkeit einen teilweise festen und einen teilweise flüssigen Aggregatzustand aufweist, zuverlässig ohne direkten Kontakt des Kondensators mit der Betriebsflüssigkeit ermöglicht ist. Ein Zustand, in dem die im Betriebsflüssigkeitsbehälter bevorratete wässrige Betriebsflüssigkeit teilweise in flüssiger und teilweise in gefrorener Form vorliegt, ist insbesondere bei Temperaturen im Bereich des Gefrierpunktes der Betriebsflüssigkeit gegeben.

**[0022]** Vorzugsweise wird im Verfahrensschritt H oder dem Verfahrensschritt H nachfolgend ein Warnsignal ausgegeben. Das Warnsignal wird folglich dann ausgegeben, wenn die im Betriebsflüssigkeitsbehälter bevorratete Betriebsflüssigkeit teilweise im festen und teilweise im flüssigen Aggregatzustand vorliegt.

**[0023]** Durch Ausgabe eines Warnsignals kann ein Benutzer des Kraftfahrzeugs, in dem der Betriebsflüssigkeitsbehälter verbaut ist, darauf hingewiesen werden kann, dass die im Betriebsflüssigkeitsbehälterinnenraum befindliche Betriebsflüssigkeit zumindest teilweise gefroren ist. Durch Ausgabe des Warnsignals kann insbesondere die Aktivierung einer Heizeinrichtung zum Aufheizen der im Betriebsflüssigkeitsbehälter bevorrateten Betriebsflüssigkeit erfolgen.

**[0024]** Sowohl die untere Grenzfrequenz als auch die obere Grenzfrequenz sind von der Geometrie und den Abmessungen des Kondensators abhängig und können daher variieren. Insbesondere beträgt die untere Grenzfrequenz 10 kHz und die obere Grenzfrequenz 100 kHz.

**[0025]** Vorzugsweise beträgt der zweite Grenzwinkel  $7^\circ$ . Wenn die im Betriebsflüssigkeitsbehälter bevorratete wässrige Betriebsflüssigkeit einen teilweise festen und einen teilweise flüssigen Aggregatzustand aufweist, dann beträgt die Differenz des Phasenwinkels bei der oberen Grenzfrequenz, die beispielsweise 100 kHz aufweisen kann, und des Phasenwinkels bei der unteren Grenzfrequenz, die beispielsweise 10 kHz aufweisen kann, mehr als  $7^\circ$ .

**[0026]** Vorzugsweise werden mehr als lediglich nur zwei Wechselspannungen an den zumindest einen Kondensator angelegt. Die Vielzahl von an den zumindest einen Kondensator anzulegenden Wechselspannungen weisen jeweils unterschiedliche Frequenzen in einem Frequenzbereich zwischen der unteren Grenzfrequenz und der oberen Grenzfrequenz auf.

**[0027]** Die Frequenzabstände der jeweiligen zueinander benachbarten Wechselspannungen sind vorzugsweise variabel und hängen von der Geometrie und den Abmessungen des Kondensators und von der zu erreichenden Messauflösung ab. Insbesondere beträgt der Frequenzabstand zwischen den Frequenzen der unterschiedlichen Wechselspannungen 1 kHz.

**[0028]** Vorzugsweise weist das Verfahren folgenden Verfahrensschritt auf:

- I) Bestimmen, dass die im Betriebsflüssigkeitsbehälter befindliche Betriebsflüssigkeit einen flüssigen Aggregatzustand aufweist, wenn der erste Phasenwinkel kleiner als der erste Grenzwinkel und eine Differenz zwischen dem zweiten Phasenwinkel und dem ersten Phasenwinkel kleiner als der zweite Grenzwinkel ist.

**[0029]** Vorzugsweise wird im Verfahrensschritt I oder dem Verfahrensschritt I nachfolgend ein Freigabesignal ausgegeben. Das Freigabesignal wird folglich dann ausgegeben, wenn die im Betriebsflüssigkeitsbehälter bevorratete Betriebsflüssigkeit im flüssigen Aggregatzustand vorliegt.

**[0030]** Durch Ausgabe eines Freigabesignals kann insbesondere einer Steuerungseinrichtung des Kraftfahrzeugs signalisiert werden, dass die im Betriebsflüssigkeitsbehälterinnenraum befindliche Betriebsflüssigkeit im flüssigen Aggregatzustand vorliegt, so dass ein Betrieb des Kraftfahrzeugs ermöglicht ist.

**[0031]** Vorzugsweise weist das Verfahren folgende Verfahrensschritte auf:

- C') Bestimmen einer ersten Kapazität des Kondensators aus der ersten Impedanz;
- G') Bestimmen einer zweiten Kapazität des Kondensators aus der zweiten Impedanz
- L) Ermitteln einer relativen Abweichung der zweiten Kapazität von der ersten Kapazität; und
- D) Bestimmen, dass die im Betriebsflüssigkeitsbehälter befindliche Betriebsflüssigkeit einen festen Aggregatzustand aufweist, wenn die relative Abweichung der zweiten Kapazität von der ersten Kapazität größer als eine erste Kapazitätsabweichung ist.

**[0032]** Das entsprechend ausgebildete Verfahren weist eine nochmals erhöhte Genauigkeit und somit Zuverlässigkeit auf, eine Eisbildung der im Betriebsflüssigkeitsbehälter bevorrateten Betriebsflüssigkeit zu detektieren. Damit ist die Betriebssicherheit eines Kraftfahrzeugs erhöht, in welchem ein Betriebsflüssigkeitsbehälter verbaut ist, der das entsprechende Verfahren ausführt.

**[0033]** Die Anmelderin hat festgestellt, dass die Kapazität des Kondensators zwischen einer unteren Grenzfrequenz und einer oberen Grenzfrequenz für eine wässrige Betriebsflüssigkeit im festen Aggregatzustand stärker abfällt als für eine wässrige Betriebsflüssigkeit im flüssigen Aggregatzustand. Dabei hängen die untere Grenzfrequenz und die obere Grenzfrequenz der an den Kondensator angelegten Wechselspannung von der Geometrie des Kondensators und der Größe der Elektroden des Kondensators und dem Abstand der Elektroden des Kondensators voneinander und der zu erreichenden Messauflösung ab.

**[0034]** Die Anmelderin hat festgestellt, dass die frequenzabhängige Kapazität des Kondensators für eine wässrige Betriebsflüssigkeit innerhalb des Betriebsflüssigkeitsbehälters in einem Frequenzbereich zwischen 10 kHz und 100 kHz um zumindest 20% abfällt, wenn die wässrige Betriebsflüssigkeit einen festen Aggregatzustand aufweist. Somit beträgt die erste Kapazitätsabweichung 20%.

**[0035]** Der Frequenzbereich kann sich jedoch in Abhängigkeit der Größe und der Geometrie des Kondensators verändern.

**[0036]** Vorzugsweise weist das Verfahren folgenden Verfahrensschritt auf:

- H) Bestimmen, dass die im Betriebsflüssigkeitsbehälter befindliche Betriebsflüssigkeit teilweise einen festen und teilweise einen flüssigen Aggregatzustand aufweist, wenn die relative Abweichung der zweiten Kapazität von der ersten Kapazität kleiner als die erste Kapazitätsabweichung und größer als eine zweite Kapazitätsabweichung ist.

**[0037]** Das entsprechend ausgebildete Verfahren weist eine nochmals erhöhte Genauigkeit und somit Zuverlässigkeit auf, eine Eisbildung der im Betriebsflüssigkeitsbehälter bevorrateten Betriebsflüssigkeit zu detektieren. Damit ist die Betriebssicherheit eines Kraftfahrzeugs erhöht, in welchem ein Betriebsflüssigkeitsbehälter verbaut ist, der das entsprechende Verfahren ausführt.

**[0038]** Die Anmelderin hat festgestellt, dass die frequenzabhängige Kapazität des Kondensators für eine wässrige Betriebsflüssigkeit innerhalb des Betriebsflüssigkeitsbehälters in einem Frequenzbereich zwischen 10 kHz und 100 kHz um weniger als 20% und mehr als 5% abfällt, wenn die wässrige Betriebsflüssigkeit einen teilweise festen und einen teilweise flüssigen Aggregatzustand aufweist. Somit beträgt die erste Kapazitätsabweichung 20%, und die zweite Kapazitätsabweichung beträgt 5%.

**[0039]** Vorzugsweise weist das Verfahren folgenden Verfahrensschritt auf:

- I) Bestimmen, dass die im Betriebsflüssigkeitsbehälter befindliche Betriebsflüssigkeit einen flüssigen Aggregatzustand aufweist, wenn die relative Abweichung der zweiten Kapazität von der ersten Kapazität kleiner als eine zweite Kapazitätsabweichung ist.

**[0040]** Das entsprechend ausgebildete Verfahren weist eine nochmals erhöhte Genauigkeit und somit Zuverlässigkeit auf, einen flüssigen Aggregatzustand der im Betriebsflüssigkeitsbehälter bevorrateten Betriebsflüssigkeit zu bestimmen. Damit ist die Betriebssicherheit eines Kraftfahrzeugs erhöht, in welchem ein Betriebsflüssigkeitsbehälter verbaut ist, der das entsprechende Verfahren ausführt.

**[0041]** Die der vorliegenden Erfindung zugrundeliegende Aufgabe wird ferner durch ein Verfahren gemäß Anspruch 7 der vorliegenden Erfindung gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen des Verfahrens sind in den von Anspruch 7 abhängigen Ansprüchen beschrieben.

**[0042]** Im Genaueren wird die der vorliegenden Erfindung zugrundeliegende Aufgabe durch ein Verfahren zum Bestimmen eines Aggregatzustandes einer Betriebsflüssigkeit in einem Betriebsflüssigkeitsbehälter für ein Kraftfahrzeug gelöst, wobei der Be-

etriebsflüssigkeitsbehälter zumindest einen an einer Behälterwand des Betriebsflüssigkeitsbehälters befestigten Kondensator mit einer ersten Elektrode und einer dieser gegenüberliegenden zweiten Elektrode aufweist. Das erfindungsgemäße Verfahren ist durch folgende Verfahrensschritte **J**, **K**, **L** und **M** gekennzeichnet:

- J) Anlegen von zumindest zwei unterschiedlichen Wechselspannungen an den Kondensator, wobei eine erste Frequenz einer ersten Wechselspannung einer unteren Grenzfrequenz und eine zweite Frequenz einer zweiten Wechselspannung einer oberen Grenzfrequenz entspricht;
- K) Bestimmen und Speichern einer ersten Kapazität des Kondensators für die erste Frequenz und einer zweiten Kapazität des Kondensators für die zweite Frequenz;
- L) Ermitteln einer relativen Abweichung der zweiten Kapazität von der ersten Kapazität; und
- M) Bestimmen, dass die im Betriebsflüssigkeitsbehälter befindliche Betriebsflüssigkeit einen festen Aggregatzustand aufweist, wenn die relative Abweichung der zweiten Kapazität von der ersten Kapazität größer als eine erste Kapazitätsabweichung ist.

**[0043]** Das erfindungsgemäße Verfahren weist den Vorteil auf, dass eine Bestimmung bzw. Ermittlung, ob die im Betriebsflüssigkeitsbehälter bevorratete Betriebsflüssigkeit einen festen Aggregatzustand aufweist und somit als Eis vorliegt, zuverlässig ohne direkten Kontakt einer Messeinrichtung, im vorliegenden Fall des Kondensators, mit der Betriebsflüssigkeit ermöglicht ist. Die Kapazität des zumindest einen Kondensators korreliert mit dem Aggregatzustand der im Betriebsflüssigkeitsbehälter bevorrateten Betriebsflüssigkeit. Somit kann durch Bestimmen der frequenzabhängigen Kapazität des Kondensators auf den Aggregatzustand der im Betriebsflüssigkeitsbehälterinnenraum befindlichen Betriebsflüssigkeit rückgeschlossen werden.

**[0044]** Der Aggregatzustand der im Betriebsflüssigkeitsbehälter bevorrateten Betriebsflüssigkeit korreliert mit der Kapazität des Kondensators, die wiederum von dem Medium abhängt, den das elektrische Wechselfeld zwischen der ersten Elektrode und der zweiten Elektrode des Kondensators durchdringt. Somit kann durch Bestimmen der frequenzabhängigen Kapazität des Kondensators auf den Aggregatzustand der Betriebsflüssigkeit rückgeschlossen werden.

**[0045]** Die frequenzabhängige Kapazität des Kondensators hängt von der elektrischen Leitfähigkeit des Mediums ab, das von dem elektrischen Wech-

selfeld zwischen der ersten Elektrode und der zweiten Elektrode des Kondensators durchdrungen wird. Somit hängt die frequenzabhängige Kapazität des Kondensators von dem Material der Behälterwand und von dem Aggregatzustand der im Betriebsflüssigkeitsbehälterinnenraum befindlichen Betriebsflüssigkeit ab.

**[0046]** Die Anmelderin hat herausgefunden, dass der Verlauf der Kapazität des Kondensators über die Frequenz der angelegten Wechselspannung eindeutige Rückschlüsse auf den Aggregatzustand der Betriebsflüssigkeit ermöglicht. So hat die Anmelderin festgestellt, dass der Verlauf der Kapazität des Kondensators zwischen einer unteren Grenzfrequenz und einer oberen Grenzfrequenz eine gewisse Abweichung, beispielsweise einen gewissen Abfall aufweisen muss, wenn die Betriebsflüssigkeit einen festen Aggregatzustand aufweist. Dabei hängen die untere Grenzfrequenz und die obere Grenzfrequenz der an den Kondensator angelegten Wechselspannung von der Geometrie des Kondensators und der Größe der Elektroden des Kondensators und dem Abstand der Elektroden des Kondensators voneinander ab.

**[0047]** Die Anmelderin hat festgestellt, dass die Kapazität des Kondensators für eine innerhalb des Betriebsflüssigkeitsbehälters bevorratete wässrige Betriebsflüssigkeit mit einer elektrischen Leitfähigkeit von etwa 130  $\mu\text{S}/\text{cm}$  in einem Frequenzbereich zwischen 10 kHz bis 100 kHz um zumindest 20% abweicht. Somit beträgt die Differenz zwischen der Kapazität des Kondensators bei einer Frequenz von 100 kHz und der Kapazität des Kondensators bei einer Frequenz von 10 kHz zumindest 20%. Der Frequenzbereich kann sich jedoch in Abhängigkeit der Größe und der Geometrie des Kondensators verändern.

**[0048]** Der Betriebsflüssigkeitsbehälter ist vorzugsweise ein Betriebsflüssigkeitsbehälter für ein Kraftfahrzeug. Weiter vorzugsweise ist der Betriebsflüssigkeitsbehälter als Wasserbehälter für ein Kraftfahrzeug zur Aufnahme von Wasser ausgebildet, das zur Injektion in eine Brennkraftmaschine des Kraftfahrzeugs vorgesehen ist. Weiter vorzugsweise ist der Betriebsflüssigkeitsbehälter als Harnstoffbehälter zur Aufnahme einer wässrigen Harnstofflösung ausgebildet, die zur Injektion in den Abgasstrang einer Verbrennungskraftmaschine vorgesehen ist.

**[0049]** Bei dem Verfahrensschritt **L** des Ermittlens der relativen Abweichung der zweiten Kapazität von der ersten Kapazität wird folgende Berechnung durchgeführt:

$$\text{delta} = |C_{\text{fmin}} - C_{\text{fmax}}| / C_{\text{fmin}}$$

**[0050]** Dabei ist:

- $f_{\min}$  die untere Grenzfrequenz
- $f_{\max}$  die obere Grenzfrequenz
- $C_{f\min}$  die erste Kapazität des Kondensators bei einer die untere Grenzfrequenz  **$f_{\min}$**  aufweisenden Wechselspannung
- $C_{f\max}$  die zweite Kapazität des Kondensators bei einer die obere Grenzfrequenz  **$f_{\max}$**  aufweisenden Wechselspannung
- $\delta$  die relative Abweichung der zweiten Kapazität  $C_{f\max}$  von der ersten Kapazität  **$C_{f\min}$**

**[0051]** Die erste Mindestabweichung beträgt vorzugsweise mehr als 0,2.

**[0052]** Für beispielsweise Leitungswasser und einer unteren Grenzfrequenz von 10 kHz und einer oberen Grenzfrequenz von 100 kHz beträgt die Mindestabweichung beispielsweise etwa 0,2, wenn die Elektroden des Kondensators eine Längenerstreckung von 100 mm, eine Breitenerstreckung von 50 mm und einen Abstand der ersten Elektrode zur zweiten Elektrode von 10 mm aufweisen.

**[0053]** Vorzugsweise wird ein Stoppsignal ausgegeben, wenn die relative Abweichung der zweiten Kapazität von der ersten Kapazität größer als eine erste Kapazitätsabweichung ist. Durch Ausgabe des Stoppsignals kann ein Betrieb des Kraftfahrzeugs verhindert werden.

**[0054]** Vorzugsweise weist das Verfahren folgenden Verfahrensschritt auf:

- N) Bestimmen, dass die im Betriebsflüssigkeitsbehälter befindliche Betriebsflüssigkeit teilweise einen festen und teilweise einen flüssigen Aggregatzustand aufweist, wenn die relative Abweichung der zweiten Kapazität von der ersten Kapazität kleiner als die erste Kapazitätsabweichung und größer als eine zweite Kapazitätsabweichung ist.

**[0055]** Das entsprechend ausgebildete Verfahren weist den Vorteil auf, dass eine Bestimmung bzw. Ermittlung, ob die im Betriebsflüssigkeitsbehälter bevorratete Betriebsflüssigkeit einen teilweise festen und einen teilweise flüssigen Aggregatzustand aufweist, zuverlässig ohne direkten Kontakt des Kondensators mit der Betriebsflüssigkeit ermöglicht ist. Ein Zustand, in dem die im Betriebsflüssigkeitsbehälter bevorratete wässrige Betriebsflüssigkeit teilweise in flüssiger und teilweise in gefrorener Form vorliegt, ist insbesondere bei Temperaturen im Bereich des Gefrierpunktes der Betriebsflüssigkeit gegeben.

**[0056]** Vorzugsweise wird im Verfahrensschritt N oder dem Verfahrensschritt N nachfolgend ein Warnsignal ausgegeben. Das Warnsignal wird folglich

dann ausgegeben, wenn die im Betriebsflüssigkeitsbehälter bevorratete Betriebsflüssigkeit teilweise im festen und teilweise im flüssigen Aggregatzustand vorliegt.

**[0057]** Durch Ausgabe eines Warnsignals kann ein Benutzer des Kraftfahrzeugs, in dem der Betriebsflüssigkeitsbehälter verbaut ist, darauf hingewiesen werden kann, dass die im Betriebsflüssigkeitsbehälterinnenraum befindliche Betriebsflüssigkeit zumindest teilweise gefroren ist und teilweise als Eis vorliegt. Durch Ausgabe des Warnsignals kann insbesondere die Aktivierung einer Heizeinrichtung zum Aufheizen der im Betriebsflüssigkeitsbehälter bevorrateten Betriebsflüssigkeit erfolgen.

**[0058]** Vorzugsweise weist das Verfahren folgenden Verfahrensschritt auf:

- O) Bestimmen, dass die im Betriebsflüssigkeitsbehälter befindliche Betriebsflüssigkeit einen flüssigen Aggregatzustand aufweist, wenn die relative Abweichung der zweiten Kapazität von der ersten Kapazität kleiner als eine zweite Kapazitätsabweichung ist.

**[0059]** Vorzugsweise wird im Verfahrensschritt O oder dem Verfahrensschritt O nachfolgend ein Freigabesignal ausgegeben. Das Freigabesignal wird folglich dann ausgegeben, wenn die im Betriebsflüssigkeitsbehälter bevorratete Betriebsflüssigkeit im flüssigen Aggregatzustand vorliegt.

**[0060]** Durch Ausgabe eines Freigabesignals kann insbesondere einer Steuerungseinrichtung des Kraftfahrzeugs signalisiert werden, dass die im Betriebsflüssigkeitsbehälterinnenraum befindliche Betriebsflüssigkeit im flüssigen Aggregatzustand vorliegt, so dass ein Betrieb des Kraftfahrzeugs ermöglicht ist.

**[0061]** Ferner liegt der vorliegenden Erfindung die Aufgabe zugrunde, einen Betriebsflüssigkeitsbehälter bereitzustellen, der zum Bestimmen eines Aggregatzustandes einer in diesem befindlichen Betriebsflüssigkeit ausgebildet ist.

**[0062]** Diese Aufgabe wird durch einen Betriebsflüssigkeitsbehälter mit den Merkmalen des Anspruchs 10 gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen des Betriebsflüssigkeitsbehälters sind in den von Anspruch 10 abhängigen Ansprüchen beschrieben.

**[0063]** Im Genaueren wird die der vorliegenden Erfindung zugrundeliegende Aufgabe durch einen Betriebsflüssigkeitsbehälter gelöst, dessen Betriebsflüssigkeitsbehälterinnenraum von einer Deckenwand, einer Bodenwand und einer die Bodenwand mit der Deckenwand verbindenden Seitenwand begrenzt ist. Der Betriebsflüssigkeitsbehälter weist zumindest einen an einer Behälterwand des Betriebs-

flüssigkeitsbehälters befestigten Kondensator mit einer ersten Elektrode und einer zweiten Elektrode auf. Ferner weist der Betriebsflüssigkeitsbehälter eine elektronische Auswerteeinrichtung auf, die mit der ersten Elektrode und mit der zweiten Elektrode elektrisch verbunden ist. Der erfindungsgemäße Betriebsflüssigkeitsbehälter ist dadurch gekennzeichnet, dass die Auswerteeinrichtung dazu ausgebildet ist, zumindest eines der oben beschriebenen Verfahren auszuführen.

**[0064]** Der zumindest eine Kondensator ist vorzugsweise an oder in einer Seitenwand des Betriebsflüssigkeitsbehälters angebracht. Weiter vorzugsweise ist der zumindest eine Kondensator derart an der Seitenwand oder in der Seitenwand angeordnet, dass die erste Elektrode und die zweite Elektrode, die jeweils eine Längserstreckung, eine Breitenerstreckung und eine Tiefenerstreckung aufweisen, jeweils derart parallel zur Seitenwand verlaufen, dass die Längserstreckungen der ersten Elektrode und der zweiten Elektrode von der Bodenwand in Richtung der Deckenwand verlaufen.

**[0065]** Gemäß einer weiteren Ausgestaltung des Betriebsflüssigkeitsbehälters ist der zumindest eine Kondensator an der Bodenwand oder in der Bodenwand angeordnet, so dass die erste Elektrode und die zweite Elektrode jeweils parallel zur Bodenwand verlaufen.

**[0066]** Der zumindest eine Kondensator kann an einer Außenseite der Behälterwand angeordnet und mit dieser verbunden sein. Ferner ist es auch möglich, dass der zumindest eine Kondensator in der Behälterwand integriert bzw. eingebettet ist. Dabei sind die jeweiligen ersten und zweiten Elektroden des Kondensators von der Behälterwand umschlossen.

**[0067]** Der Betriebsflüssigkeitsbehälter ist vorzugsweise derart ausgebildet, dass der zumindest eine Kondensator in der Behälterwand eingebettet ist.

**[0068]** Bei einer Einbettung der Elektroden des Kondensators in die Behälterwand sind die Elektroden von der Behälterwand umschlossen, so dass lediglich noch elektrische Anschlüsse der Elektroden aus der Behälterwand herausragen.

**[0069]** Der entsprechend ausgebildete Betriebsflüssigkeitsbehälter weist den Vorteil auf, dass aufgrund der Einbettung des zumindest einen Kondensators in die Behälterwand des Betriebsflüssigkeitsbehälters die erste Elektrode und die zweite Elektrode des zumindest einen Kondensators einen verminderten Abstand zum Betriebsflüssigkeitsbehälterinnenraum und somit zu der im Betriebsflüssigkeitsbehälterinnenraum befindlichen Betriebsflüssigkeit aufweisen. Daher wechselwirkt ein zwischen der ersten Elektrode und der zweiten Elektrode des Kondensators be-

findliches elektrisches Feld weniger mit dem Material der Behälterwand und mehr mit der im Betriebsflüssigkeitsbehälterinnenraum befindlichen Betriebsflüssigkeit. Somit lässt sich der Aggregatzustand der Betriebsflüssigkeit im Betriebsflüssigkeitsbehälterinnenraum mit einer erhöhten Genauigkeit bestimmen.

**[0070]** Ein weiterer Vorteil der Einbettung des zumindest einen Kondensators in die Behälterwand ist, dass der zumindest eine Kondensator mechanisch und chemisch geschützt ist, so dass der erfindungsgemäße Betriebsflüssigkeitsbehälter eine erhöhte Langzeitstabilität aufweist.

**[0071]** Der Betriebsflüssigkeitsbehälter ist insbesondere als Betriebsflüssigkeitsbehälter für ein Kraftfahrzeug ausgebildet.

**[0072]** Vorzugsweise ist der Betriebsflüssigkeitsbehälter derart ausgebildet, dass die Bodenwand eine sich in den Betriebsflüssigkeitsbehälterinnenraum erstreckende Erhebung aufweist, wobei die erste Elektrode und die zweite Elektrode des Kondensators in der Erhebung eingebettet sind.

**[0073]** Durch eine entsprechende Ausbildung des Betriebsflüssigkeitsbehälters ist die Bestimmung des Aggregatzustandes der Betriebsflüssigkeit mit einer nochmals erhöhten Genauigkeit ermöglicht, da eventuelle Ablagerungen im Bereich der Bodenwand einen verminderten Einfluss auf die Bestimmung des Aggregatzustandes der sich im Betriebsflüssigkeitsbehälterinnenraum befindlichen Betriebsflüssigkeit haben.

**[0074]** Die Erhebung der Bodenwand ist vorzugsweise als Einstülpung in den Betriebsflüssigkeitsbehälterinnenraum ausgebildet.

**[0075]** Die Erhebung ist vorzugsweise zwischen 2mm und 5mm von der umgebenden Innenfläche der Bodenwand abgehoben.

**[0076]** Vorzugsweise ist der Betriebsflüssigkeitsbehälter derart ausgebildet, dass die Behälterwand eine Außenschicht, eine dem Betriebsflüssigkeitsbehälterinnenraum zugewandte Innenschicht und eine zwischen diese angeordnete Haftschrift aufweist, wobei die erste Elektrode und die zweite Elektrode des zumindest einen Kondensators zwischen der Außenschicht und der Haftschrift angeordnet sind.

**[0077]** Folglich ist der zumindest eine Kondensator zwischen der Außenschicht und der Haftschrift angeordnet. Die Innenschicht ist folglich mit der Betriebsflüssigkeit in direkten Kontakt bringbar.

**[0078]** Eine entsprechende Ausbildung des Betriebsflüssigkeitsbehälters ermöglicht einen vereinfachten Aufbau und eine vereinfachte Integration des



Kondensators in die Behälterwand des Betriebsflüssigkeitsbehälters.

**[0079]** Vorzugsweise ist der Betriebsflüssigkeitsbehälter derart ausgebildet, dass die Behälterwand eine Abschirmschicht und eine Isolationsschicht aufweist, wobei die Abschirmschicht zwischen der Außenschicht und der ersten und zweiten Elektroden angeordnet ist, und wobei die Isolationsschicht zwischen der Abschirmschicht und den ersten und zweiten Elektroden angeordnet ist.

**[0080]** Der entsprechend ausgebildete Betriebsflüssigkeitsbehälter weist den Vorteil auf, dass dieser eine nochmals erhöhte Genauigkeit hinsichtlich der Bestimmung des Aggregatzustandes der im Betriebsflüssigkeitsbehälterinnenraum befindlichen Betriebsflüssigkeit aufweist. Denn die Abschirmschicht, die vorzugsweise als eine Metallschicht ausgebildet ist, schirmt die Elektroden des zumindest einen Kondensators vor Störfeldern ab.

**[0081]** Die Abschirmschicht ist folglich zwischen der Außenschicht und dem Referenzkondensator bzw. dem Kondensator angeordnet.

**[0082]** Die Abschirmschicht steht vorzugsweise mit der Außenschicht in Kontakt.

**[0083]** Die Isolationsschicht ist folglich sandwichartig zwischen der Abschirmschicht und dem Kondensator angeordnet.

**[0084]** Die Abschirmschicht weist ein Metall auf, so dass der zumindest eine Kondensator vor elektrische Störfeldern geschützt ist.

**[0085]** Die Isolationsschicht ist aus einem dielektrischen Material, vorzugsweise einem Kunststoff gefertigt, so dass die ersten und zweiten Elektroden des zumindest einen Kondensators nicht mit der Abschirmschicht in elektrischem Kontakt stehen.

**[0086]** Vorzugsweise ist der Betriebsflüssigkeitsbehälter derart ausgebildet, dass die Isolationsschicht die gleiche dielektrische Leitfähigkeit wie die Innenschicht und/oder die Außenschicht aufweist.

**[0087]** Der entsprechend ausgebildete Betriebsflüssigkeitsbehälter weist den Vorteil auf, dass dieser eine nochmals erhöhte Genauigkeit hinsichtlich der Bestimmung des Aggregatzustandes der im Betriebsflüssigkeitsbehälterinnenraum befindlichen Betriebsflüssigkeit aufweist.

**[0088]** Vorzugsweise ist der Betriebsflüssigkeitsbehälter derart ausgebildet, dass ein Abstand der ersten und zweiten Elektroden zu dem Betriebsflüssigkeitsbehälterinnenraum zwischen 1,5 mm und 3,5 mm beträgt.

**[0089]** Der entsprechend ausgebildete Betriebsflüssigkeitsbehälter weist den Vorteil auf, dass dieser eine nochmals erhöhte Genauigkeit hinsichtlich der Bestimmung des Aggregatzustandes der im Betriebsflüssigkeitsbehälterinnenraum befindlichen Betriebsflüssigkeit aufweist, denn der Abstand der entsprechenden Elektroden zu der sich im Betriebsflüssigkeitsbehälterinnenraum befindlichen Betriebsflüssigkeit ist reduziert.

**[0090]** Vorzugsweise weist die Innenschicht folglich eine Dicke von 1,5 mm bis 3,5 mm auf.

**[0091]** Folglich weist der zumindest eine Kondensator zum Betriebsflüssigkeitsbehälterinnenraum einen Abstand von lediglich 1,5 mm bis 3,5 mm auf.

**[0092]** Vorzugsweise ist der Betriebsflüssigkeitsbehälter derart ausgebildet, dass zumindest eine der ersten und zweiten Elektroden des Kondensators entlang ihrer Längserstreckung eine ungleichmäßige Breitenerstreckung aufweist.

**[0093]** Umso breiter die Elektroden sind, desto tiefer dringt das elektrische Feld in den Betriebsflüssigkeitsbehälterinnenraum und in die sich in diesem befindliche Betriebsflüssigkeit ein, so dass die Betriebsflüssigkeit einen größeren Einfluss auf die Bestimmung des Aggregatzustandes der Betriebsflüssigkeit hat.

**[0094]** Vorzugsweise ist der Betriebsflüssigkeitsbehälter derart ausgebildet, dass zumindest einer der ersten und zweiten Elektroden des Kondensators entlang ihrer Längserstreckung eine sich in Richtung der Bodenwand vergrößernde Breitenerstreckung aufweist. Der entsprechend ausgebildete Betriebsflüssigkeitsbehälter weist den Vorteil auf, dass die Messgenauigkeit des Aggregatzustandes mittels des Kondensators im Bodenbereich des Betriebsflüssigkeitsbehälters erhöht ist.

**[0095]** Weitere Vorteile, Einzelheiten und Merkmale der Erfindung ergeben sich nachfolgend aus den erläuterten Ausführungsbeispielen. Dabei zeigen im Einzelnen:

**Fig. 1:** ein Flussablaufdiagramm eines Verfahrens zum Bestimmen eines Aggregatzustandes einer wässrigen Betriebsflüssigkeit gemäß einer ersten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung;

**Fig. 2:** frequenzabhängige Phasenverläufe der Impedanz eines Kondensators für eine wässrige Betriebsflüssigkeit mit drei unterschiedlichen Temperaturen;

**Fig. 3:** ein Flussablaufdiagramm eines Verfahrens zum Bestimmen eines Aggregatzustandes einer wässrigen Betriebsflüssigkeit gemäß einer

zweiten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung;

**Fig. 4:** frequenzabhängige Kapazitätsverläufe eines Kondensators für eine wässrige Betriebsflüssigkeit mit drei unterschiedlichen Temperaturen;

**Fig. 5:** ein Flussablaufdiagramm eines Verfahrens zum Bestimmen eines Aggregatzustandes einer wässrigen Betriebsflüssigkeit gemäß einer dritten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung;

**Fig. 6:** eine stark vereinfachte räumliche Darstellung eines erfindungsgemäßen Betriebsflüssigkeitsbehälters;

**Fig. 7:** eine stark vereinfachte Darstellung einer Schichtstruktur der Bodenwand und/oder der Seitenwand des Betriebsflüssigkeitsbehälters gemäß einer weiteren Ausführungsform der vorliegenden Erfindung; und

**Fig. 8A bis Fig. 8C:** Beispiele von Kondensatoren in Alleinstellung in seitlicher Draufsicht von Betriebsflüssigkeitsbehältern unterschiedlicher Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung.

**[0096]** In der nun folgenden Beschreibung bezeichnen gleiche Bezugszeichen gleiche Bauteile bzw. gleiche Merkmale, sodass eine in Bezug auf eine Figur durchgeführte Beschreibung bezüglich eines Bauteils auch für die anderen Figuren gilt, sodass eine wiederholende Beschreibung vermieden wird. Ferner sind einzelne Merkmale, die in Zusammenhang mit einer Ausführungsform beschrieben wurden, auch separat in anderen Ausführungsformen verwendbar.

**[0097]** **Fig. 1** zeigt ein Flussablaufdiagramm eines Verfahrens zum Bestimmen eines Aggregatzustandes einer wässrigen Betriebsflüssigkeit in einem Betriebsflüssigkeitsbehälter **1** gemäß einer ersten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung. Das Verfahren gemäß des in **Fig. 1** dargestellten Flussablaufdiagramms wird von einem in **Fig. 6** dargestellten Betriebsflüssigkeitsbehälter **1** ausgeführt.

**[0098]** **Fig. 6** zeigt eine stark vereinfachte räumliche Darstellung eines erfindungsgemäßen Betriebsflüssigkeitsbehälters **1**. Ein Betriebsflüssigkeitsbehälterinnenraum **2** ist durch eine Deckenwand **30**, eine Bodenwand **10** und eine die Bodenwand **10** mit der Deckenwand **30** verbindende Seitenwand **20** begrenzt. Aus **Fig. 6** ist ersichtlich, dass die Seitenwand **20** umlaufend ausgebildet ist.

**[0099]** Der in **Fig. 6** dargestellte Betriebsflüssigkeitsbehälter **1** weist einen ersten Kondensator **60** und einen zweiten Kondensator **70** auf. Gemäß der vorliegenden Erfindung kann der Betriebsflüssigkeitsbe-

hälter **1** jedoch auch lediglich den ersten Kondensator **60** oder lediglich den zweiten Kondensator **70** aufweisen. Ferner kann der Betriebsflüssigkeitsbehälter **1** auch weitere Kondensatoren aufweisen, die in **Fig. 6** nicht dargestellt sind.

**[0100]** Der erste Kondensator **60** weist eine erste Elektrode **61** und eine zweite Elektrode **62** auf. Sowohl die erste Elektrode **61** als auch die zweite Elektrode **62** weisen jeweils eine Längserstreckung **L**, eine Breitererstreckung **B** und eine Tiefenerstreckung auf (siehe **Fig. 8A** bis **Fig. 8C**). Die erste Elektrode **61** und die zweite Elektrode **62** sind dabei jeweils derart parallel zur Seitenwand **20** verlaufend angeordnet, dass die Längserstreckungen **L** der ersten Elektrode **61** und der zweiten Elektrode **62** von der Bodenwand **10** in Richtung der Deckenwand **30** verlaufen. Dabei sind Tiefenerstreckungen der ersten Elektrode **61** und der zweiten Elektrode **62** einander gegenüberliegend angeordnet.

**[0101]** Der erste Kondensator **60** ist in die Seitenwand **20** eingebettet, so dass die erste Elektrode **61** und die zweite Elektrode **62** des ersten Kondensators **60** in der Seitenwand **20** eingebettet sind. Daher ist der erste Kondensator **60** von der Seitenwand **20** umschlossen. Folglich stehen die erste Elektrode **61** und die zweite Elektrode **62** des ersten Kondensators **60** nicht mit einer Betriebsflüssigkeit **50** (siehe **Fig. 7**) in direktem Kontakt. Ferner stehen die erste Elektrode **61** und die zweite Elektrode **62** des ersten Kondensators **60** auch nicht mit der Umgebung des Betriebsflüssigkeitsbehälters **1** in direktem Kontakt. Hinsichtlich der Einbettung des ersten Kondensators **60** in die Seitenwand **20** wird auf **Fig. 6** verwiesen, die weiter unten beschrieben wird.

**[0102]** Die vorliegende Erfindung ist jedoch nicht darauf beschränkt, dass der erste Kondensator **60** in der Seitenwand **20** eingebettet ist. Bei einem erfindungsgemäßen Betriebsflüssigkeitsbehälter **1** kann der erste Kondensator **60** auch auf einer Außenfläche der Seitenwand **20** befestigt sein.

**[0103]** Aus **Fig. 6** ist ersichtlich, dass die erste Elektrode **61** und die zweite Elektrode **62** des ersten Kondensators **60** jeweils zwei Flügel **63** aufweisen, die parallel zur Breitererstreckung **B** der Elektroden **61**, **62** verlaufen. Die jeweiligen Flügel **63** sind dabei in unterschiedlichen Höhen der ersten und zweiten Elektroden **61**, **62** ausgebildet, sodass die Flügel **63** in unterschiedlichen Höhen des Betriebsflüssigkeitsbehälters **1** angeordnet sind. Somit weisen die ersten und zweiten Elektroden **61**, **62** des ersten Kondensators **60** entlang ihrer Längserstreckung **L** eine ungleichmäßige Breitererstreckung **B** auf. Die vorliegende Erfindung ist jedoch nicht auf eine entsprechende Ausgestaltung der ersten und zweiten Elektroden **61**, **62** des ersten Kondensators **60** beschränkt. Beispielsweise können die ersten und zwei-

ten Elektroden **61**, **62** des ersten Kondensators **60** über ihrer Längserstreckungen **L** auch eine gleichmäßige Breitenerstreckung **B** aufweisen.

**[0104]** Der zweite Kondensator **70** weist eine erste Elektrode **71** und eine zweite Elektrode **72** auf. Die erste Elektrode **71** und die zweite Elektrode **72** verlaufen parallel zur Bodenwand **10**. Die erste Elektrode **71** und die zweite Elektrode **72** sind dabei jeweils derart parallel zur Bodenwand **10** verlaufend angeordnet, dass die Längserstreckungen und die Breitenerstreckungen der ersten Elektrode **71** und der zweiten Elektrode **72** in der Ebene der Bodenwand **10** verlaufen, so dass die Tiefenerstreckungen der ersten Elektrode **71** und der zweiten Elektrode **72** einander gegenüberliegend angeordnet sind.

**[0105]** Wie aus **Fig. 6** ersichtlich ist, weist die Bodenwand **10** eine sich in den Betriebsflüssigkeitsbehälterinnenraum **2** erstreckende Erhebung **11** auf. Der zweite Kondensator **70** ist in der Bodenwand **10** derart eingebettet, dass die erste Elektrode **71** und die zweite Elektrode **72** des zweiten Kondensators **70** in der Erhebung **11** der Bodenwand **10** eingebettet sind. Folglich stehen die erste Elektrode **71** und die zweite Elektrode **72** des zweiten Kondensators **70** nicht mit der Betriebsflüssigkeit **50** in direktem Kontakt. Ferner stehen die erste Elektrode **71** und die zweite Elektrode **72** des zweiten Kondensators **70** auch nicht mit der Umgebung des Betriebsflüssigkeitsbehälters **1** in direktem Kontakt. Durch die Einbettung der ersten Elektrode **71** und der zweiten Elektrode **72** in der Erhebung **11** der Bodenwand **10** wirken sich eventuelle Ablagerungen auf der Bodenwand **10** vermindert auf die Bestimmung des Aggregatzustandes der sich im Betriebsflüssigkeitsbehälterinnenraum **2** befindlichen Betriebsflüssigkeit **50** aus.

**[0106]** Hinsichtlich der Einbettung des zweiten Kondensators **70** in die Bodenwand **10** bzw. in die Erhebung **11** der Bodenwand **10** wird auf **Fig. 7** verwiesen, die weiter unten beschrieben wird.

**[0107]** Die vorliegende Erfindung ist jedoch nicht darauf beschränkt, dass der zweite Kondensator **70** in der Bodenwand **10** eingebettet ist. Bei einem erfindungsgemäßen Betriebsflüssigkeitsbehälter **1** kann der zweite Kondensator **70** auch auf einer Außenfläche der Bodenwand **10** befestigt sein.

**[0108]** Der Betriebsflüssigkeitsbehälter **1** weist ferner eine elektronische Auswerteeinrichtung **80** auf, die mit dem ersten Kondensator **60** und dem zweiten Kondensator **70** elektrisch verbunden ist. Die elektrische Verbindung der Auswerteeinrichtung **80** mit dem ersten Kondensator **60** und dem zweiten Kondensator **70** erfolgt über in **Fig. 6** nicht dargestellte elektrische Leitungen.

**[0109]** Die Auswerteeinrichtung **80** ist dazu ausgebildet, das Verfahren gemäß dem in **Fig. 1** dargestellten Flussablaufdiagramm auszuführen, das im Folgenden beschrieben wird.

**[0110]** In einem Verfahrensschritt **A** wird zumindest eine erste Wechselfrequenz an den ersten Kondensator **60** und/oder an den zweiten Kondensator **70** angelegt. Dabei entspricht eine erste Frequenz der ersten Wechselfrequenz einer unteren Grenzfrequenz **f<sub>min</sub>**, die im dargestellten Ausführungsbeispiel **10** kHz beträgt.

**[0111]** In einem Verfahrensschritt **B** wird eine erste Impedanz des ersten Kondensators **60** und/oder des zweiten Kondensators **70** für die erste Frequenz bestimmt und gespeichert.

**[0112]** Anschließend wird in einem Verfahrensschritt **C** ein erster Phasenwinkel **φ<sub>1</sub>** aus der ersten Impedanz bestimmt.

**[0113]** In **Fig. 2** sind drei unterschiedliche frequenzabhängige Phasenverläufe von Impedanzen des ersten Kondensators **60** und/oder des zweiten Kondensators **70** für eine wässrige Betriebsflüssigkeit **50** mit drei unterschiedlichen Temperaturen dargestellt. Dabei zeigt der Verlauf **91** einen Phasenverlauf der Impedanz für die wässrige Betriebsflüssigkeit, die eine Temperatur von  $-15^{\circ}\text{C}$  aufweist. Der Verlauf **92** zeigt den frequenzabhängigen Verlauf des Phasenwinkels der Impedanz für die Betriebsflüssigkeit, die eine Temperatur von  $-2^{\circ}\text{C}$  aufweist. Der Verlauf **93** zeigt den frequenzabhängigen Verlauf des Phasenwinkels der Impedanz für die Betriebsflüssigkeit, die eine Temperatur von  $+3^{\circ}\text{C}$  aufweist.

**[0114]** Aus dem in **Fig. 2** dargestellten Verlauf **91** des Phasenwinkels der Impedanz des Kondensators **60**, **70** für die eine Temperatur von  $-15^{\circ}\text{C}$  aufweisende Betriebsflüssigkeit ist ersichtlich, dass der erste Phasenwinkel **φ<sub>1</sub>** bei einer unteren Grenzfrequenz **f<sub>min</sub>** von **10** kHz größer als ein in **Fig. 2** eingezeichneter erster Grenzwinkel **δ<sub>1</sub>** ist, wobei in dem dargestellten Ausführungsbeispiel der erste Grenzwinkel **δ<sub>1</sub>**  $-85^{\circ}$  beträgt.

**[0115]** Zurückkommend zu dem Verfahren gemäß dem in **Fig. 1** dargestellten Flussablaufdiagramm wird nach dem Verfahrensschritt **C** überprüft, ob der erste Phasenwinkel **φ<sub>1</sub>** größer als der erste Grenzwinkel **δ<sub>1</sub>** ist. Wenn diese Bedingung erfüllt ist, dann wird in einem Verfahrensschritt **D** bestimmt, dass die im Betriebsflüssigkeitsbehälter **1** befindliche Betriebsflüssigkeit **50** einen festen Aggregatzustand aufweist und folglich als Eis vorliegt. Aus dem in **Fig. 2** dargestellten Verlauf **91** des Phasenwinkels der Impedanz des Kondensators **60**, **70** für die eine Temperatur von  $-15^{\circ}\text{C}$  aufweisende Betriebsflüssigkeit beträgt der erste Phasenwinkel **φ<sub>1</sub>** in etwa  $-83^{\circ}$ .

Der erste Grenzwinkel  $\delta_1$  beträgt hingegen  $-85^\circ$ . Daher ist für die eine Temperatur von  $-15^\circ\text{C}$  aufweisende Betriebsflüssigkeit die Bedingung erfüllt, dass der erste Phasenwinkel  $\varphi_1$  größer als der erste Grenzwinkel  $\delta_1$  ist, sodass im Verfahrensschritt D bestimmt wird, dass die Betriebsflüssigkeit einen festen Aggregatzustand aufweist.

[0116] Wenn der erste Phasenwinkel  $\varphi_1$  nicht größer als der erste Grenzwinkel  $\delta_1$  ist, dann wird in einem Verfahrensschritt E eine zweite Wechselspannung an den ersten Kondensators **60** und/oder an den zweiten Kondensators **70** angelegt, wobei eine zweite Frequenz der zweiten Wechselspannung einer oberen Grenzfrequenz  $f_{\text{max}}$  entspricht. In dem dargestellten Ausführungsbeispiel beträgt die obere Grenzfrequenz  $100\text{ kHz}$ . Anschließend wird in einem Verfahrensschritt F eine zweite Impedanz des ersten Kondensators **60** und/oder des zweiten Kondensators **70** für die zweite Frequenz bestimmt und gespeichert. Dem Verfahrensschritt F nachfolgend wird in einem Verfahrensschritt G ein zweiter Phasenwinkel  $\varphi_2$  aus der zweiten Impedanz bestimmt.

[0117] Anschließend wird überprüft, ob ein Absolutwert einer Differenz zwischen dem zweiten Phasenwinkel  $\varphi_2$  und dem ersten Phasenwinkel  $\varphi_1$  größer als ein zweiter Grenzwinkel  $\delta_2$  ist. Wenn diese Bedingung erfüllt ist, dann wird in einem Verfahrensschritt H bestimmt, dass die im Betriebsflüssigkeitsbehälter **1** befindliche Betriebsflüssigkeit **50** teilweise einen festen und teilweise einen flüssigen Aggregatzustand aufweist. Der Verfahrensschritt H wird folglich lediglich dann ausgeführt, wenn der erste Phasenwinkel  $\varphi_1$  kleiner als der erste Grenzwinkel  $\delta_1$  und ein Absolutwert einer Differenz zwischen dem zweiten Phasenwinkel  $\varphi_2$  und dem ersten Phasenwinkel  $\varphi_1$  größer als der zweite Grenzwinkel  $\delta_2$  ist.

[0118] Aus dem in Fig. 2 dargestellten Verlauf **92** des Phasenwinkels der Impedanz des Kondensators **60, 70** für die eine Temperatur von  $-2^\circ\text{C}$  aufweisende Betriebsflüssigkeit ist ersichtlich, dass der erste Phasenwinkel  $\varphi_1$  bei der unteren Grenzfrequenz  $f_{\text{min}}$  von  $10\text{ kHz}$  in etwa  $-87,5^\circ$  und der zweite Phasenwinkel  $\varphi_2$  bei der oberen Grenzfrequenz  $f_{\text{max}}$  von  $100\text{ kHz}$  in etwa  $-77,5^\circ$  beträgt. Der Absolutwert der Differenz zwischen dem zweiten Phasenwinkel  $\varphi_2$  und dem ersten Phasenwinkel  $\varphi_1$  beträgt somit  $10^\circ$ . In dem dargestellten Ausführungsbeispiel beträgt der zweite Grenzwinkel  $\delta_2$   $7^\circ$ . Da der erste Phasenwinkel  $\varphi_1$  kleiner als der erste Grenzwinkel  $\delta_1$  ist und der Absolutwert der Differenz zwischen dem zweiten Phasenwinkel  $\varphi_2$  und dem ersten Phasenwinkel  $\varphi_1$  größer als  $7^\circ$  ist, wird für den in Fig. 2 gezeigten Verlauf des Phasenwinkels im Verfahrensschritt H bestimmt, dass die im Betriebsflüssigkeitsbehälter **1** befindliche Betriebsflüssigkeit einen teilweise festen und einen teilweise flüssigen Aggregatzustand aufweist und somit teilweise vereist ist.

[0119] Die Verfahrensschritte **E, F** und **G** können alternativ auch direkt nach dem Verfahrensschritt C durchgeführt werden.

[0120] Wenn der Absolutwert der Differenz zwischen dem zweiten Phasenwinkel  $\varphi_2$  und dem ersten Phasenwinkel  $\varphi_1$  kleiner als der Grenzwinkel  $\delta_2$  ist, dann wird in einem Verfahrensschritt I bestimmt, dass die im Betriebsflüssigkeitsbehälter **1** befindliche Betriebsflüssigkeit **50** einen flüssigen Aggregatzustand aufweist.

[0121] Aus dem in Fig. 2 dargestellten Verlauf **93** des Phasenwinkels der Impedanz des Kondensators **60, 70** für die eine Temperatur von  $+3^\circ\text{C}$  aufweisende Betriebsflüssigkeit ist ersichtlich, dass der erste Phasenwinkel  $\varphi_1$  bei der unteren Grenzfrequenz  $f_{\text{min}}$  von  $10\text{ kHz}$  in etwa  $-90^\circ$  und der zweite Phasenwinkel  $\varphi_2$  bei der oberen Grenzfrequenz  $f_{\text{max}}$  von  $100\text{ kHz}$  in etwa  $-85,5^\circ$  beträgt. Der Absolutwert der Differenz zwischen dem zweiten Phasenwinkel  $\varphi_2$  und dem ersten Phasenwinkel  $\varphi_1$  beträgt somit  $4,5^\circ$ . In dem dargestellten Ausführungsbeispiel beträgt der zweite Grenzwinkel  $\delta_2$   $7^\circ$ . Da der erste Phasenwinkel  $\varphi_1$  kleiner als der erste Grenzwinkel  $\delta_1$  ist und der Absolutwert der Differenz zwischen dem zweiten Phasenwinkel  $\varphi_2$  und dem ersten Phasenwinkel  $\varphi_1$  kleiner als  $7^\circ$  ist, wird für den in Fig. 2 gezeigten Verlauf **93** des Phasenwinkels im Verfahrensschritt I bestimmt, dass die im Betriebsflüssigkeitsbehälter **1** befindliche Betriebsflüssigkeit einen flüssigen Aggregatzustand aufweist.

[0122] Die Auswerteeinrichtung **80** des in Fig. 6 dargestellten Betriebsflüssigkeitsbehälters **1** ist ferner dazu ausgebildet, das Verfahren gemäß dem in Fig. 3 dargestellten Flussablaufdiagramm auszuführen, das im Folgenden beschrieben wird.

[0123] In einem Verfahrensschritt J werden zumindest zwei unterschiedliche Wechselspannungen mit unterschiedlichen Frequenzen an den ersten Kondensator **60** und/oder an den zweiten Kondensator **70** angelegt. Dabei entspricht eine erste Frequenz einer ersten Wechselspannung einer unteren Grenzfrequenz  $f_{\text{min}}$ . Eine zweite Frequenz einer zweiten Wechselspannung entspricht einer oberen Grenzfrequenz  $f_{\text{max}}$ .

[0124] Anschließend werden in einem Verfahrensschritt K eine erste Kapazität **C1** des ersten Kondensators und/oder des zweiten Kondensators **70** für die erste Frequenz bestimmt und gespeichert. Ferner wird im Verfahrensschritt K eine zweite Kapazität **C2** des ersten Kondensators **60** und/oder des zweiten Kondensators **70** für die zweite Frequenz bestimmt und gespeichert.

[0125] Anschließend wird in einem Verfahrensschritt L eine relative Abweichung der zweiten Kapazität **C2**

von der ersten Kapazität **C1** ermittelt. Im Verfahrensschritt **L** wird folglich ermittelt, um wie viel Prozent die zweite Kapazität **C2** von der ersten Kapazität **C1** abweicht.

[0126] In Fig. 4 sind drei unterschiedliche frequenzabhängige Kapazitätsverläufe des ersten Kondensators **60** und/oder des zweiten Kondensators **70** für eine wässrige Betriebsflüssigkeit **50** mit drei unterschiedlichen Temperaturen dargestellt. Dabei zeigt der Verlauf **101** einen frequenzabhängigen Kapazitätsverlauf des ersten Kondensators **60** und/oder des zweiten Kondensators **70** für die wässrige Betriebsflüssigkeit, die eine Temperatur von  $-15^{\circ}\text{C}$  aufweist. Der Verlauf **102** zeigt den frequenzabhängigen Kapazitätsverlauf des ersten Kondensators **60** und/oder des zweiten Kondensators **70** für die Betriebsflüssigkeit, die eine Temperatur von  $-2^{\circ}\text{C}$  aufweist. Der Verlauf **103** zeigt den frequenzabhängigen Kapazitätsverlauf des ersten Kondensators **60** und/oder des zweiten Kondensators **70** für die Betriebsflüssigkeit, die eine Temperatur von  $+3^{\circ}\text{C}$  aufweist.

[0127] Aus Fig. 4 ist ersichtlich, dass der Verlauf **101** der frequenzabhängigen Kapazität des Kondensators **60**, **70** für die eine Temperatur von  $-15^{\circ}\text{C}$  aufweisende wässrige Betriebsflüssigkeit **50** von einer ersten Kapazität **C1** auf eine zweite Kapazität **C2** abfällt. Dabei weist der Kondensator **60**, **70** bei der unteren Grenzfrequenz **fmin**, die im dargestellten Ausführungsbeispiels 10 kHz beträgt, die erste Kapazität **C1** von ca. 14 pF und bei der oberen Grenzfrequenz **fmax**, die im dargestellten Ausführungsbeispiels 100 kHz beträgt, die zweite Kapazität **C2** von ca. 10 pF auf. Folglich beträgt die relative Abweichung von **C1** zu **C2** bei der eine Temperatur von  $-15^{\circ}\text{C}$  aufweisenden Betriebsflüssigkeit ca. 28%.

[0128] Aus Fig. 4 ist ferner ersichtlich, dass die frequenzabhängige Kapazität des Kondensators **60**, **70** für die eine Temperatur von  $-2^{\circ}\text{C}$  aufweisende wässrige Betriebsflüssigkeit **50** von einer ersten Kapazität **C1** auf eine zweite Kapazität **C2** abfällt. Dabei weist der Kondensator **60**, **70** bei der unteren Grenzfrequenz **fmin** die erste Kapazität **C1** von ca. 14,5 pF und bei der oberen Grenzfrequenz **fmax** die zweite Kapazität **C2** von ca. 13 pF auf. Folglich beträgt die relative Abweichung von **C1** zu **C2** bei der eine Temperatur von  $-2^{\circ}\text{C}$  aufweisenden Betriebsflüssigkeit ca. 10%.

[0129] Aus Fig. 4 ist weiterhin ersichtlich, dass die frequenzabhängige Kapazität des Kondensators **60**, **70** für die eine Temperatur von  $+3^{\circ}\text{C}$  aufweisende wässrige Betriebsflüssigkeit **50** von einer ersten Kapazität **C1** auf eine zweite Kapazität **C2** abfällt. Dabei weist der Kondensator **60**, **70** bei der unteren Grenzfrequenz **fmin** die erste Kapazität **C1** von ca. 15 pF und bei der oberen Grenzfrequenz **fmax** die zweite Kapazität **C2** von ca. 14,6 pF auf. Folglich beträgt die relative Abweichung von **C1** zu **C2** bei der eine

Temperatur von  $+3^{\circ}\text{C}$  aufweisenden Betriebsflüssigkeit ca. 2,6%.

[0130] Zurückkommend zu dem Verfahren gemäß dem in Fig. 3 dargestellten Flussablaufdiagramm wird nach dem Verfahrensschritt **L** überprüft, ob die relative Abweichung der zweiten Kapazität **C2** von der ersten Kapazität **C1** größer als eine erste Kapazitätsabweichung  $\Delta C1$  ist. Im Genauerem wird bestimmt, ob folgende Bedingung erfüllt ist:

$$\frac{|C1 - C2|}{C1} > \Delta C1$$

[0131] Wenn diese Bedingung erfüllt ist, wird in einem Verfahrensschritt **M** bestimmt, dass die im Betriebsflüssigkeitsbehälter **1** befindliche Betriebsflüssigkeit einen festen Aggregatzustand aufweist.

[0132] In dem beschriebenen Ausführungsbeispiel weist die erste Kapazitätsabweichung  $\Delta C1$  einen Wert von 0,2 aus. Somit wird für den in Fig. 4 dargestellten Kapazitätsverlauf **101** bestimmt, dass die im Betriebsflüssigkeitsbehälter **1** befindliche Betriebsflüssigkeit einen festen Aggregatzustand aufweist, da die relative Abweichung der zweiten Kapazität **C2** von der ersten Kapazität **C1** 28% und somit 0,28 beträgt.

[0133] Wenn die Bedingung

$$\frac{|C1 - C2|}{C1} > \Delta C1$$

hingegen nicht erfüllt ist, wird überprüft, ob folgende Bedingung erfüllt ist:

$$\Delta C1 > \frac{|C1 - C2|}{C1} > \Delta C2$$

[0134] Dabei ist  $\Delta C2$  eine zweite Kapazitätsabweichung, die im vorliegenden Ausführungsbeispiel 0,05 beträgt. Wenn diese Bedingung erfüllt ist, dann wird in einem Verfahrensschritt **N** bestimmt, dass die im Betriebsflüssigkeitsbehälterinnenraum **2** befindliche Betriebsflüssigkeit einen teilweise festen und einen teilweise flüssigen Aggregatzustand aufweist. Der Verfahrensschritt **N** wird folglich ausgeführt, wenn die relative Abweichung der zweiten Kapazität **C2** von der ersten Kapazität **C1** einen Wert zwischen der ersten Kapazitätsabweichung  $\Delta C1$  und der zweiten Kapazitätsabweichung  $\Delta C2$  aufweist, wobei die zweite Kapazitätsabweichung  $\Delta C2$  kleiner als die erste Kapazitätsabweichung  $\Delta C1$  ist.

[0135] Somit wird für den in Fig. 4 dargestellten Kapazitätsverlauf **102** im Verfahrensschritt **N** bestimmt, dass die im Betriebsflüssigkeitsbehälter **1** befindliche Betriebsflüssigkeit einen teilweise festen und einen

teilweise flüssigen Aggregatzustand aufweist, da die relative Abweichung der zweiten Kapazität **C2** von der ersten Kapazität **C1**  $0,1$  beträgt und somit die Bedingung  $0,20 > 0,10 > 0,05$  erfüllt ist.

[0136] Wenn die Bedingung

$$\Delta C1 > \frac{|C1 - C2|}{C1} > \Delta C2$$

hingegen nicht erfüllt ist, wird in einem Verfahrensschritt **O** bestimmt, dass die Betriebsflüssigkeitsbehälter **1** befindliche Betriebsflüssigkeit einen flüssigen Aggregatzustand aufweist.

[0137] Die Auswerteeinrichtung **80** des in **Fig. 6** dargestellten Betriebsflüssigkeitsbehälters **1** ist ferner dazu ausgebildet, das Verfahren gemäß dem in **Fig. 5** dargestellten Flussablaufdiagramm auszuführen, das im Folgenden beschrieben wird. Dabei ergibt sich das Verfahren gemäß des in **Fig. 5** dargestellten Flussablaufdiagramms aus einer Kombination des Verfahrens gemäß des in **Fig. 1** dargestellten Flussablaufdiagramms und des Verfahrens gemäß des in **Fig. 3** dargestellten Flussablaufdiagramms.

[0138] In einem Verfahrensschritt **A** wird zumindest eine erste Wechselspannung an den ersten Kondensator **60** und/oder an den zweiten Kondensator **70** angelegt. Dabei entspricht eine erste Frequenz der ersten Wechselspannung einer unteren Grenzfrequenz **fmin**, die im dargestellten Ausführungsbeispiel  $10$  kHz beträgt.

[0139] In einem Verfahrensschritte **B** wird eine erste Impedanz des ersten Kondensators **60** und/oder des zweiten Kondensators **70** für die erste Frequenz bestimmt und gespeichert.

[0140] Anschließend wird in einem Verfahrensschritt **C** ein erster Phasenwinkel  $\varphi 1$  aus der ersten Impedanz bestimmt. In einem Verfahrensschritt **C'** wird eine erste Kapazität **C1** des ersten Kondensators **60** und/oder des zweiten Kondensators **70** für die erste Frequenz bestimmt und gespeichert.

[0141] Anschließend wird in einem Verfahrensschritt **E** eine zweite Wechselspannung an den ersten Kondensator **60** und/oder an den zweiten Kondensator **70** angelegt, wobei eine zweite Frequenz der zweiten Wechselspannung einer oberen Grenzfrequenz **fmax** entspricht. In dem dargestellten Ausführungsbeispiel beträgt die obere Grenzfrequenz  $100$  kHz. Anschließend wird in einem Verfahrensschritt **F** eine zweite Impedanz des ersten Kondensators **60** und/oder des zweiten Kondensators **70** für die zweite Frequenz bestimmt und gespeichert. Dem Verfahrensschritt **F** nachfolgend wird in einem Verfahrensschritte **G** ein zweiter Phasenwinkel  $\varphi 2$  aus der zweiten Im-

pedanz bestimmt. In einem Verfahrensschritt **G'** wird eine zweite Kapazität **C2** des ersten Kondensators **60** und/oder des zweiten Kondensators **70** für die zweite Frequenz bestimmt und gespeichert.

[0142] Nach dem Verfahrensschritt **G** wird überprüft, ob der erste Phasenwinkel  $\varphi 1$  größer als der erste Grenzwinkel  $\delta 1$ , und ob die relative Abweichung der zweiten Kapazität **C2** von der ersten Kapazität **C1** größer als eine erste Kapazitätsabweichung  $\Delta C1$  ist. Wenn diese Bedingungen erfüllt sind, dann wird in einem Verfahrensschritt **D** bestimmt, dass die im Betriebsflüssigkeitsbehälter **1** befindliche Betriebsflüssigkeit **50** einen festen Aggregatzustand aufweist und folglich als Eis vorliegt.

[0143] Wenn diese Bedingungen hingegen nicht erfüllt sind, dann wird überprüft, ob der erste Phasenwinkel  $\varphi 1$  kleiner als der erste Grenzwinkel  $\delta 1$ , ob ein Absolutwert einer Differenz zwischen dem zweiten Phasenwinkel  $\varphi 2$  und dem ersten Phasenwinkel  $\varphi 1$  größer als ein zweiter Grenzwinkel  $\delta 2$  ist, und ob die relative Abweichung der zweiten Kapazität **C2** von der ersten Kapazität **C1** kleiner als die erste Kapazitätsabweichung  $\Delta C1$  und größer als die zweite Kapazitätsabweichung  $\Delta C2$  ist.

[0144] Wenn diese Bedingungen erfüllt sind, dann wird in einem Verfahrensschritt **H** bestimmt, dass die im Betriebsflüssigkeitsbehälter **1** befindliche Betriebsflüssigkeit **50** teilweise einen festen und teilweise einen flüssigen Aggregatzustand aufweist. Wenn diese Bedingungen hingegen nicht erfüllt sind, dann wird in einem Verfahrensschritt **I** bestimmt, dass die im Betriebsflüssigkeitsbehälter **1** befindliche Flüssigkeit einen flüssigen Aggregatzustand aufweist.

[0145] **Fig. 7** zeigt eine stark vereinfachte Darstellung einer Schichtstruktur einer Behälterwand **10**, **20**, **30** des Betriebsflüssigkeitsbehälters **1**. Bei der Behälterwand kann es sich um die Bodenwand **10** und/oder die Seitenwand **20** und/oder die Deckenwand **30** handeln. Es ist ersichtlich, dass die Behälterwand **10** mehrschichtig aufgebaut ist.

[0146] Im Folgenden wird die Schichtstruktur der Behälterwand **10**, **20**, **30** mit Bezug die Bodenwand **10** und mit Bezug auf den zweiten Kondensator **70** beschrieben. Jedoch kann auch die Seitenwand **20** und/oder die Deckenwand **30** eine entsprechende Schichtstruktur aufweisen. Ferner kann auch der erste Kondensator **60** auf die gleiche Art und Weise in der Behälterwand **10**, **20**, **30** eingebettet sein.

[0147] Es ist ersichtlich, dass die Bodenwand **10** eine Außenschicht **41**, eine dem Betriebsflüssigkeitsbehälterinnenraum **2** zugewandte Innenschicht **45** und eine zwischen die Außenschicht **41** und die Innenschicht **45** angeordnete Haftsicht **44** aufweist. Die erste Elektrode **71** und die zweite Elektrode **72**

des zweiten Kondensators **70** sind zwischen der Außenschicht **41** und der Haftschrift **44** angeordnet. Die Bodenwand **10** weist ferner eine Abschirmschicht **42** und eine Isolationsschicht **43** auf, wobei die Abschirmschicht **42** zwischen der Außenschicht **41** und der ersten Elektroden **71** und der zweiten Elektrode **72** des zweiten Kondensators **70** angeordnet ist. Die Isolationsschicht **43** wiederum ist zwischen der Abschirmschicht **42** und den ersten und zweiten Elektroden **71**, **72** des zweiten Kondensators **70** angeordnet.

[0148] Es ist ferner ersichtlich, dass die Bodenwand **10** eine Außenschicht **41**, eine dem Betriebsflüssigkeitsbehälterinnenraum **2** zugewandte Innenschicht **45** und eine zwischen die Außenschicht **41** und die Innenschicht **45** angeordnete Haftschrift **44** aufweist. Die erste Elektrode **71** und die zweite Elektrode **72** des zweiten Kondensators **70** sind zwischen der Außenschicht **41** und der Haftschrift **44** angeordnet. Die Bodenwand **10** weist ferner eine Abschirmschicht **42** und eine Isolationsschicht **43** auf, wobei die Abschirmschicht **42** zwischen der Außenschicht **41** und den ersten und zweiten Elektroden **71**, **72** des zweiten Kondensators **70** angeordnet ist. Die Isolationsschicht **43** wiederum ist zwischen der Abschirmschicht **42** und den ersten und zweiten Elektroden **71**, **72** des zweiten Kondensators **70** angeordnet.

[0149] Fig. 8A zeigt einen ersten Kondensator **60** in Alleinstellung in seitlicher Draufsicht. Bei dem dargestellten Ausführungsbeispiel ist ersichtlich, dass die erste Elektrode **61** des ersten Kondensators **60** entlang ihrer Längenerstreckung **L** eine gleichmäßige Breitenerstreckung **B** aufweist. Die zweite Elektrode **62** des ersten Kondensators **60** hingegen weist eine sich entlang der Längenerstreckung der zweiten Elektrode **62** veränderte Breitenerstreckung **B** auf. Es ist ersichtlich, dass die Breite der zweiten Elektrode **62** entlang ihrer Längenerstreckung **L** eine sich in Richtung der Bodenwand **10** vergrößernde Breitenerstreckung **B** aufweist.

[0150] Fig. 8B zeigt ein weiteres Beispiel eines ersten Kondensators **60** gemäß einer weiteren Ausführungsform des Betriebsflüssigkeitsbehälters **1**. Es ist ersichtlich, dass sowohl die erste Elektrode **61** als auch die zweite Elektrode **62** jeweils in unterschiedlichen Höhen, d. h. in unterschiedlichen Positionen hinsichtlich der Längenerstreckung **L** der ersten und zweiten Elektroden **61**, **62** jeweils zwei Flügel **63** aufweisen, die sich entlang der Breitenerstreckung **B** der ersten und zweiten Elektroden **61**, **62** erstrecken. Es ist ersichtlich, dass die jeweiligen Flügel **63** abgerundet sind.

[0151] Fig. 8C wiederum zeigt einen ersten Kondensator **60** eines Betriebsflüssigkeitsbehälters **1** gemäß einer weiteren Ausführungsform. Auch der in Fig. 8C dargestellte erste Kondensator **60** ist derart ausgebildet, dass sowohl die erste Elektrode **61** als auch

die zweite Elektrode **62** jeweils zwei Flügel **63** aufweisen, die sich in der Breitenerstreckung **B** der jeweiligen Elektroden **61**, **62** erstrecken. Die jeweiligen Flügel **63** sind dabei in unterschiedlichen Höhen der jeweiligen Elektroden **61**, **62** angeordnet.

[0152] Die vorliegende Erfindung ist auf die in den Fig. 8A bis Fig. 8C dargestellten Ausgestaltungen des ersten Kondensators **60** jedoch nicht beschränkt, solange mittels des ersten Kondensators **60** ein elektrisches Feld erzeugt wird, dass sich in den Betriebsflüssigkeitsbehälterinnenraum **2** erstreckt, so dass der Aggregatzustand einer wässrigen Betriebsflüssigkeit **50** mittels der Auswerteeinrichtung **80** ermittelt werden kann.

#### Bezugszeichenliste

<b>1</b>	Betriebsflüssigkeitsbehälter
<b>2</b>	Betriebsflüssigkeitsbehälterinnenraum
<b>10</b>	Bodenwand (des Betriebsflüssigkeitsbehälters)
<b>11</b>	Erhebung (der Bodenwand)
<b>20</b>	Seitenwand (des Betriebsflüssigkeitsbehälters)
<b>30</b>	Deckenwand
<b>41</b>	Außenschicht (der Bodenwand / der Seitenwand)
<b>42</b>	Abschirmschicht (der Bodenwand / der Seitenwand)
<b>43</b>	Isolationsschicht (der Bodenwand / der Seitenwand)
<b>44</b>	Haftschrift (der Bodenwand / der Seitenwand)
<b>45</b>	Innenschicht (der Bodenwand / der Seitenwand)
<b>50</b>	Betriebsflüssigkeit
<b>60</b>	erster Kondensator
<b>61</b>	erste Elektrode (des ersten Kondensators)
<b>62</b>	zweite Elektrode (des ersten Kondensators)
<b>63</b>	Flügel (der ersten Elektrode und/oder der zweiten Elektrode)
<b>70</b>	zweiter Kondensator
<b>71</b>	erste Elektrode (des zweiten Kondensators)
<b>72</b>	zweite Elektrode (des zweiten Kondensators)
<b>80</b>	Auswerteeinrichtung

- 91** frequenzabhängiger Phasenverlauf für eine wässrige Betriebsflüssigkeit mit einer Temperatur von  $-15^{\circ}\text{C}$
- 92** frequenzabhängiger Phasenverlauf für eine wässrige Betriebsflüssigkeit mit einer Temperatur von  $-2^{\circ}\text{C}$
- 93** frequenzabhängiger Phasenverlauf für eine wässrige Betriebsflüssigkeit mit einer Temperatur von  $+3^{\circ}\text{C}$
- 101** frequenzabhängiger Kapazitätsverlauf für eine wässrige Betriebsflüssigkeit mit einer Temperatur von  $-15^{\circ}\text{C}$
- 102** frequenzabhängiger Kapazitätsverlauf für eine wässrige Betriebsflüssigkeit mit einer Temperatur von  $-2^{\circ}\text{C}$
- 103** frequenzabhängiger Kapazitätsverlauf für eine wässrige Betriebsflüssigkeit mit einer Temperatur von  $+3^{\circ}\text{C}$
- L** Längserstreckung (der Elektroden des Messkondensators)
- B** Breitenerstreckung (der Elektroden des Messkondensators)
- C1** erste Kapazität (des Kondensators)
- C2** zweite Kapazität (des Kondensators)
- fmin** untere Grenzfrequenz
- fmax** obere Grenzfrequenz
- $\varphi 1$**  erster Phasenwinkel
- $\varphi 2$**  zweiter Phasenwinkel
- $\delta 1$**  erster Grenzwinkel
- $\delta 2$**  zweiter Grenzwinkel
- $\Delta C 1$**  erste Kapazitätsabweichung
- $\Delta C 2$**  zweite Kapazitätsabweichung

### Patentansprüche

1. Verfahren zum Bestimmen eines Aggregatzustandes einer wässrigen Betriebsflüssigkeit in einem Betriebsflüssigkeitsbehälter (1) für ein Kraftfahrzeug, wobei der Betriebsflüssigkeitsbehälter (1) zumindest einen an einer Behälterwand (10, 20, 30) des Betriebsflüssigkeitsbehälters (1) befestigten Kondensator (60, 70) mit einer ersten Elektrode (61, 71) und einer dieser gegenüberliegenden zweiten Elektrode (62, 72) aufweist, wobei das Verfahren durch folgende Verfahrensschritte gekennzeichnet ist:

- Anlegen (A) von zumindest einer ersten Wechselspannung an den Kondensator (60, 70), wobei eine erste Frequenz der ersten Wechselspannung einer unteren Grenzfrequenz (fmin) entspricht;
- Bestimmen und Speichern (B) einer ersten Impedanz des Kondensators (60, 70) für die erste Frequenz;

- Bestimmen (C) eines ersten Phasenwinkels ( $\varphi 1$ ) aus der ersten Impedanz; und
- Bestimmen (D), dass die im Betriebsflüssigkeitsbehälter (1) befindliche Betriebsflüssigkeit (50) einen festen Aggregatzustand aufweist, wenn der erste Phasenwinkel ( $\varphi 1$ ) größer als ein erster Grenzwinkel ( $\delta 1$ ) ist.

2. Verfahren nach Anspruch 1, **gekennzeichnet durch** die folgenden Merkmale:

- Anlegen (E) einer zweiten Wechselspannung an den Kondensator (60, 70), wobei eine zweite Frequenz der zweiten Wechselspannung einer oberen Grenzfrequenz (fmax) entspricht;
- Bestimmen und Speichern (F) einer zweiten Impedanz des Kondensators (60, 70) für die zweite Frequenz;
- Bestimmen (G) eines zweiten Phasenwinkels ( $\varphi 2$ ) aus der zweiten Impedanz; und
- Bestimmen (H), dass die im Betriebsflüssigkeitsbehälter (1) befindliche Betriebsflüssigkeit (50) teilweise einen festen und teilweise einen flüssigen Aggregatzustand aufweist, wenn der erste Phasenwinkel ( $\varphi 1$ ) kleiner als der erste Grenzwinkel ( $\delta 1$ ) und eine Differenz zwischen dem zweiten Phasenwinkel ( $\varphi 2$ ) und dem ersten Phasenwinkel ( $\varphi 1$ ) größer als ein zweiter Grenzwinkel ( $\delta 2$ ) ist.

3. Verfahren nach Anspruch 2, **gekennzeichnet durch** folgenden Verfahrensschritt:

- Bestimmen (I), dass die im Betriebsflüssigkeitsbehälter (1) befindliche Betriebsflüssigkeit (50) einen flüssigen Aggregatzustand aufweist, wenn der erste Phasenwinkel ( $\varphi 1$ ) kleiner als der erste Grenzwinkel ( $\delta 1$ ) und eine Differenz zwischen dem zweiten Phasenwinkel ( $\varphi 2$ ) und dem ersten Phasenwinkel ( $\varphi 1$ ) kleiner als der zweite Grenzwinkel ( $\delta 2$ ) ist.

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 2 oder 3, **gekennzeichnet durch** die folgenden Verfahrensschritte:

- Bestimmen (C') einer ersten Kapazität (C1) des Kondensators (60, 70) aus der ersten Impedanz;
- Bestimmen (G') einer zweiten Kapazität (C2) des Kondensators (60, 70) aus der zweiten Impedanz
- Ermitteln (L) einer relativen Abweichung der zweiten Kapazität (C2) von der ersten Kapazität (C1); und
- Bestimmen (D), dass die im Betriebsflüssigkeitsbehälter (1) befindliche Betriebsflüssigkeit (50) einen festen Aggregatzustand aufweist, wenn die relative Abweichung der zweiten Kapazität (C2) von der ersten Kapazität (C1) größer als eine erste Kapazitätsabweichung ( $\Delta C 1$ ) ist.

5. Verfahren nach Anspruch 4, **gekennzeichnet durch** folgenden Verfahrensschritt:

- Bestimmen (H), dass die im Betriebsflüssigkeitsbehälter (1) befindliche Betriebsflüssigkeit (50) teilweise einen festen und teilweise einen flüssigen Aggregatzustand aufweist, wenn die relative Abweichung der



zweiten Kapazität (C2) von der ersten Kapazität (C1) kleiner als die erste Kapazitätsabweichung ( $\Delta C1$ ) und größer als eine zweite Kapazitätsabweichung ( $\Delta C2$ ) ist.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 4 bis 5, **gekennzeichnet durch** folgenden Verfahrensschritt:  
- Bestimmen (I), dass die im Betriebsflüssigkeitsbehälter (1) befindliche Betriebsflüssigkeit (50) einen flüssigen Aggregatzustand aufweist, wenn die relative Abweichung der zweiten Kapazität (C2) von der ersten Kapazität (C1) kleiner als eine zweite Kapazitätsabweichung ( $\Delta C2$ ) ist.

7. Verfahren zum Bestimmen eines Aggregatzustandes einer wässrigen Betriebsflüssigkeit in einem Betriebsflüssigkeitsbehälter (1) für ein Kraftfahrzeug, wobei der Betriebsflüssigkeitsbehälter (1) zumindest einen an einer Behälterwand (10, 20, 30) des Betriebsflüssigkeitsbehälters (1) befestigten Kondensator (60, 70) mit einer ersten Elektrode (61, 71) und einer dieser gegenüberliegenden zweiten Elektrode (62, 72) aufweist, wobei das Verfahren durch folgende Verfahrensschritte gekennzeichnet ist:

- Anlegen (J) von zumindest zwei unterschiedlichen Wechselspannungen an den Kondensator (60, 70), wobei eine erste Frequenz einer ersten Wechselspannung einer unteren Grenzfrequenz ( $f_{min}$ ) und eine zweite Frequenz einer zweiten Wechselspannung einer oberen Grenzfrequenz ( $f_{max}$ ) entspricht;
- Bestimmen und Speichern (K) einer ersten Kapazität (C1) des Kondensators (60, 70) für die erste Frequenz und einer zweiten Kapazität (C2) des Kondensators (60, 70) für die zweite Frequenz;
- Ermitteln (L) einer relativen Abweichung der zweiten Kapazität (C2) von der ersten Kapazität (C1); und
- Bestimmen (M), dass die im Betriebsflüssigkeitsbehälter (1) befindliche Betriebsflüssigkeit (50) einen festen Aggregatzustand aufweist, wenn die relative Abweichung der zweiten Kapazität (C2) von der ersten Kapazität (C1) größer als eine erste Kapazitätsabweichung ( $\Delta C1$ ) ist.

8. Verfahren nach Anspruch 7, **gekennzeichnet durch** folgenden Verfahrensschritt:

- Bestimmen (N), dass die im Betriebsflüssigkeitsbehälter (1) befindliche Betriebsflüssigkeit (50) teilweise einen festen und teilweise einen flüssigen Aggregatzustand aufweist, wenn die relative Abweichung der zweiten Kapazität (C2) von der ersten Kapazität (C1) kleiner als die erste Kapazitätsabweichung ( $\Delta C1$ ) und größer als eine zweite Kapazitätsabweichung ( $\Delta C2$ ) ist.

9. Verfahren nach einem der Ansprüche 7 bis 8, **gekennzeichnet durch** folgenden Verfahrensschritt:  
- Bestimmen (O), dass die im Betriebsflüssigkeitsbehälter (1) befindliche Betriebsflüssigkeit (50) einen flüssigen Aggregatzustand aufweist, wenn die relative Abweichung der zweiten Kapazität (C2) von der

ersten Kapazität (C1) kleiner als eine zweite Kapazitätsabweichung ( $\Delta C2$ ) ist.

10. Betriebsflüssigkeitsbehälter (1) mit den folgenden Merkmalen:

- ein Betriebsflüssigkeitsbehälterinnenraum (2) ist von einer Deckenwand (30), einer Bodenwand (10) und einer die Bodenwand (10) mit der Deckenwand (30) verbindenden Seitenwand (20) begrenzt;
- der Betriebsflüssigkeitsbehälter (1) weist zumindest einen an einer Behälterwand (10, 20, 30) des Betriebsflüssigkeitsbehälters (1) befestigten Kondensator (60, 70) mit einer ersten Elektrode (61, 71) und einer zweiten Elektrode (62, 72) auf;
- der Betriebsflüssigkeitsbehälter (1) weist eine elektronische Auswerteeinrichtung (80) auf, die mit der ersten Elektrode (61, 71) und mit der zweiten Elektrode (62, 72) elektrisch verbunden ist, wobei der Betriebsflüssigkeitsbehälter (1) **dadurch gekennzeichnet** ist, dass die Auswerteeinrichtung (80) dazu ausgebildet ist ein Verfahren nach zumindest einem der Ansprüche 1 bis 9 auszuführen.

11. Betriebsflüssigkeitsbehälter (1) nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Kondensator (60, 70) in der Behälterwand (10, 20, 30) eingebettet ist.

12. Betriebsflüssigkeitsbehälter (1) nach einem der Ansprüche 10 bis 11, **gekennzeichnet durch** die folgenden Merkmale:

- die Bodenwand (10) weist eine sich in den Betriebsflüssigkeitsbehälterinnenraum (2) erstreckende Erhebung (11) auf; und
- die erste Elektrode (71) und die zweite Elektrode (72) des Kondensators (70) sind in der Erhebung (11) eingebettet.

13. Betriebsflüssigkeitsbehälter (1) nach einem der Ansprüche 10 bis 12, **gekennzeichnet durch** die folgenden Merkmale:

- die Behälterwand (10, 20, 30) weist eine Außenschicht (41), eine dem Betriebsflüssigkeitsbehälterinnenraum (2) zugewandte Innenschicht (45) und eine zwischen diese angeordnete Haftschrift (44) auf;
- die erste Elektrode (61, 71) und die zweite Elektrode (62, 72) des zumindest einen Kondensators (60) sind zwischen der Außenschicht (41) und der Haftschrift (44) angeordnet.

14. Betriebsflüssigkeitsbehälter (1) nach einem der Ansprüche 10 bis 13, **gekennzeichnet durch** die folgenden Merkmale:

- die Behälterwand (10, 20, 30) weist eine Abschirmschicht (42) und eine Isolationsschicht (43) auf;
- die Abschirmschicht (42) ist zwischen der Außenschicht (41) und der ersten und zweiten Elektroden (61, 62; 71, 72) angeordnet; und

- die Isolationsschicht (43) ist zwischen der Abschirm-  
schicht (42) und den ersten und zweiten Elektroden  
(61, 62; 71, 72) angeordnet.

15. Betriebsflüssigkeitsbehälter (1) nach Anspruch  
14, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Isolations-  
schicht (43) die gleiche dielektrische Leitfähigkeit wie  
die Innenschicht (45) und/oder die Außenschicht (41)  
aufweist.

Es folgen 7 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

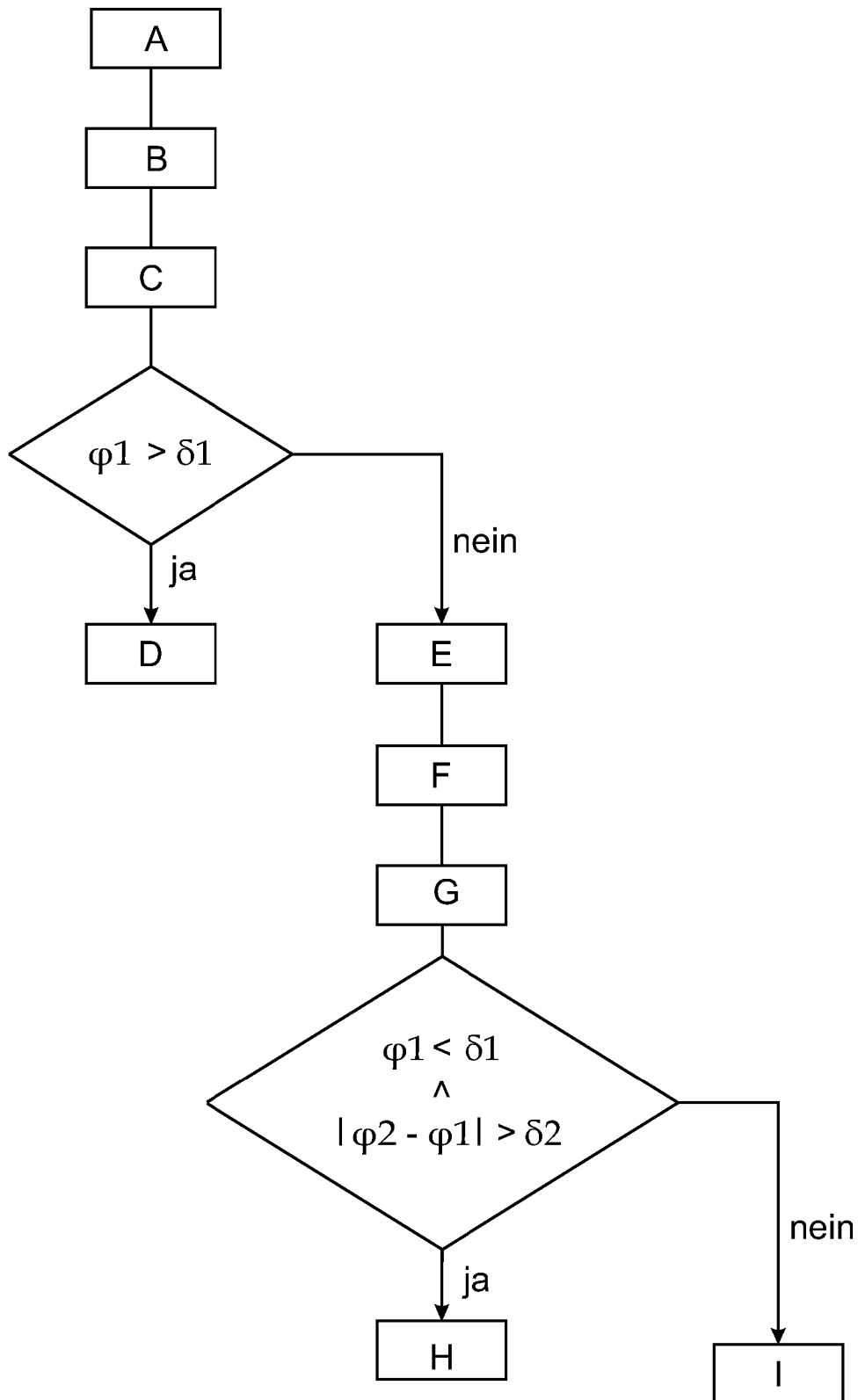


Fig. 1

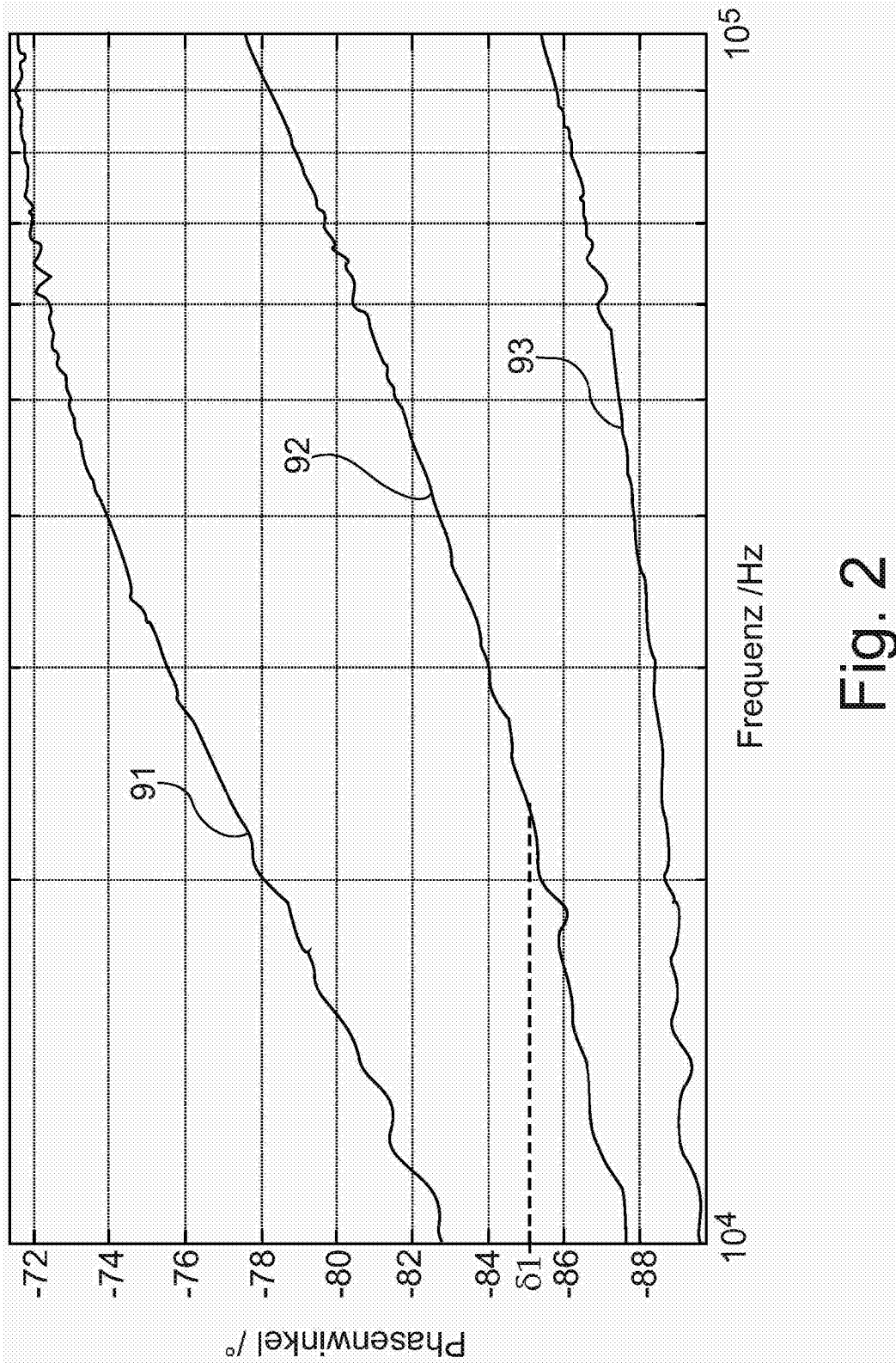


Fig. 2

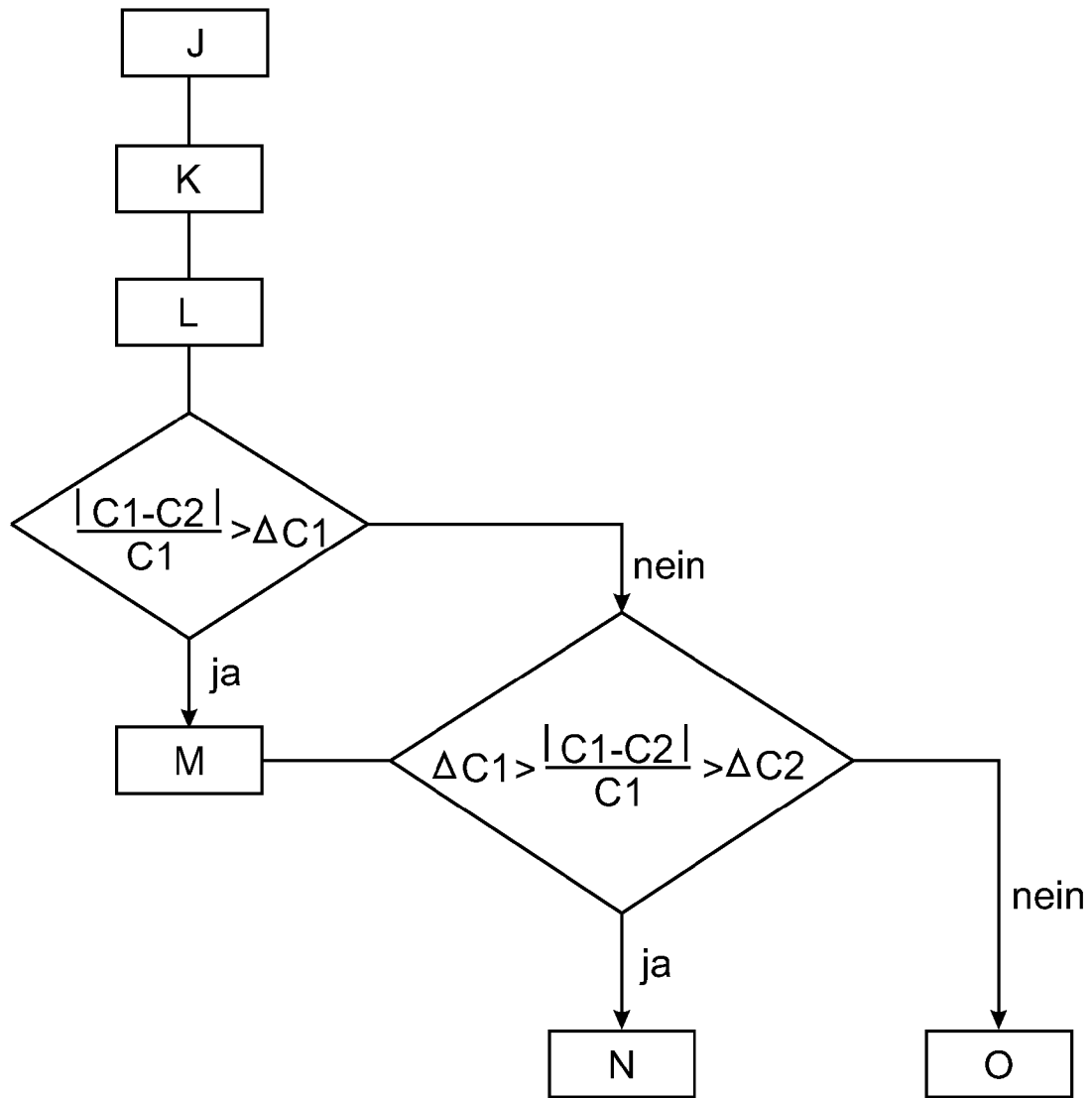


Fig. 3

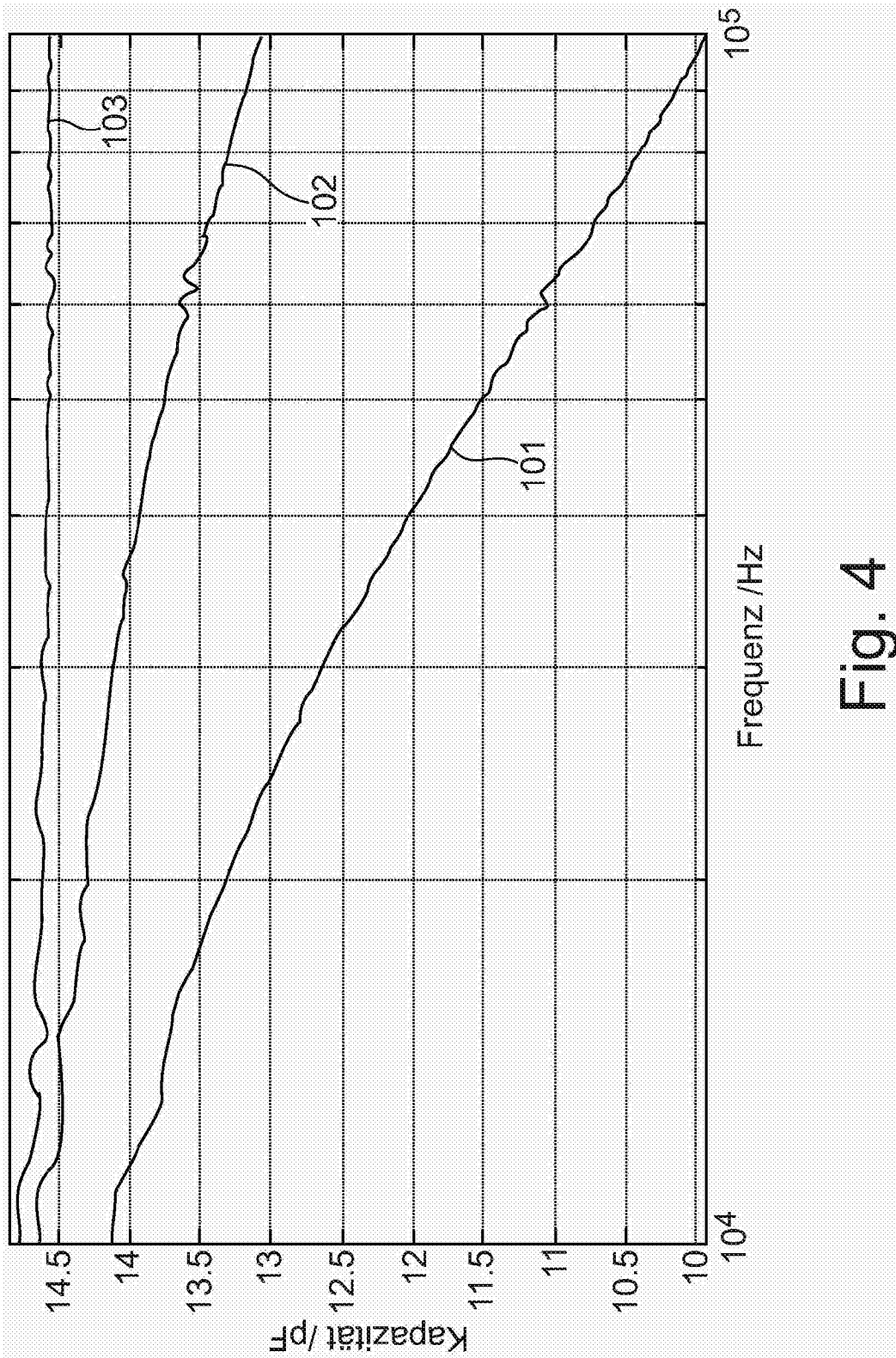


Fig. 4

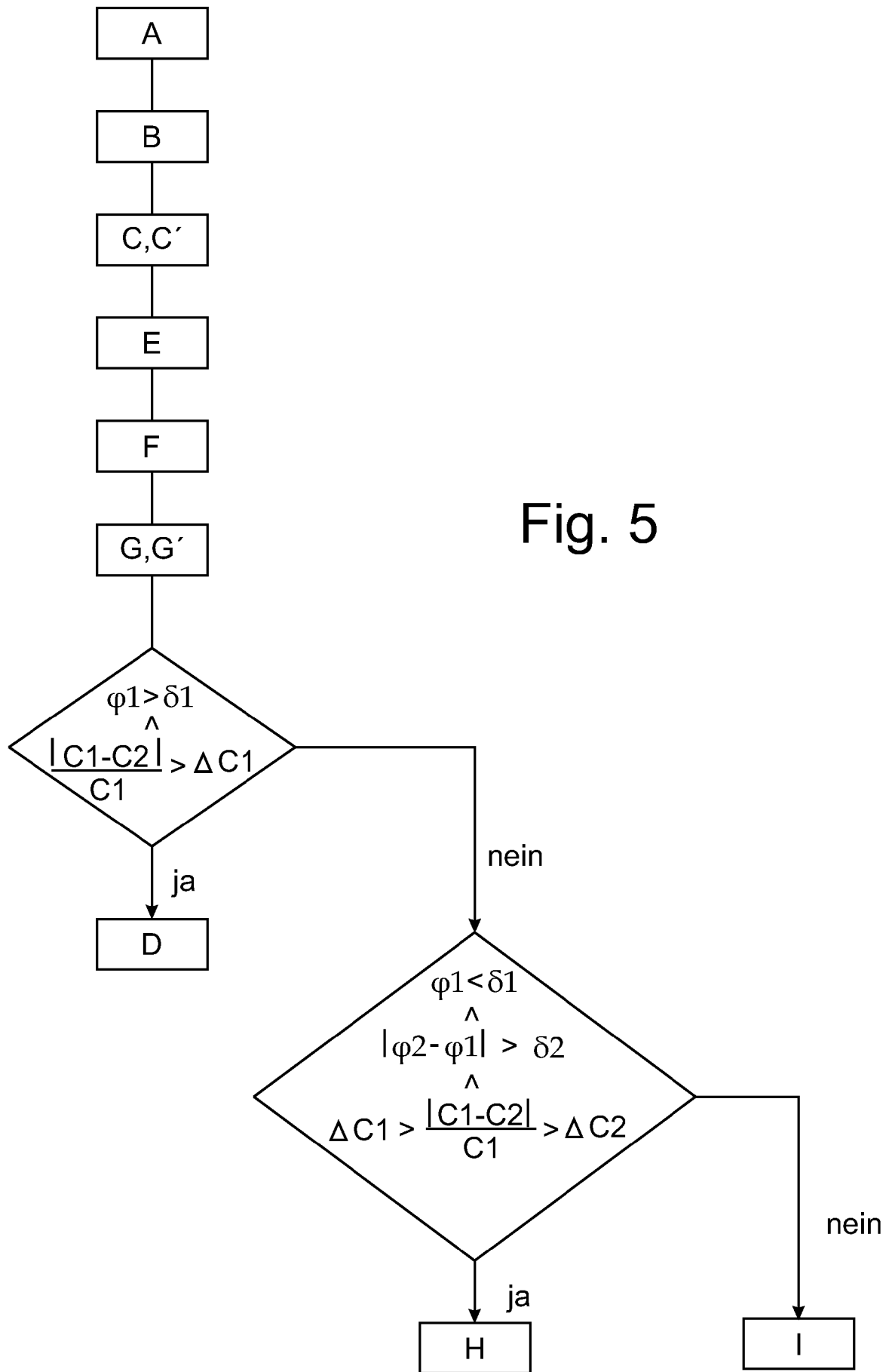


Fig. 5

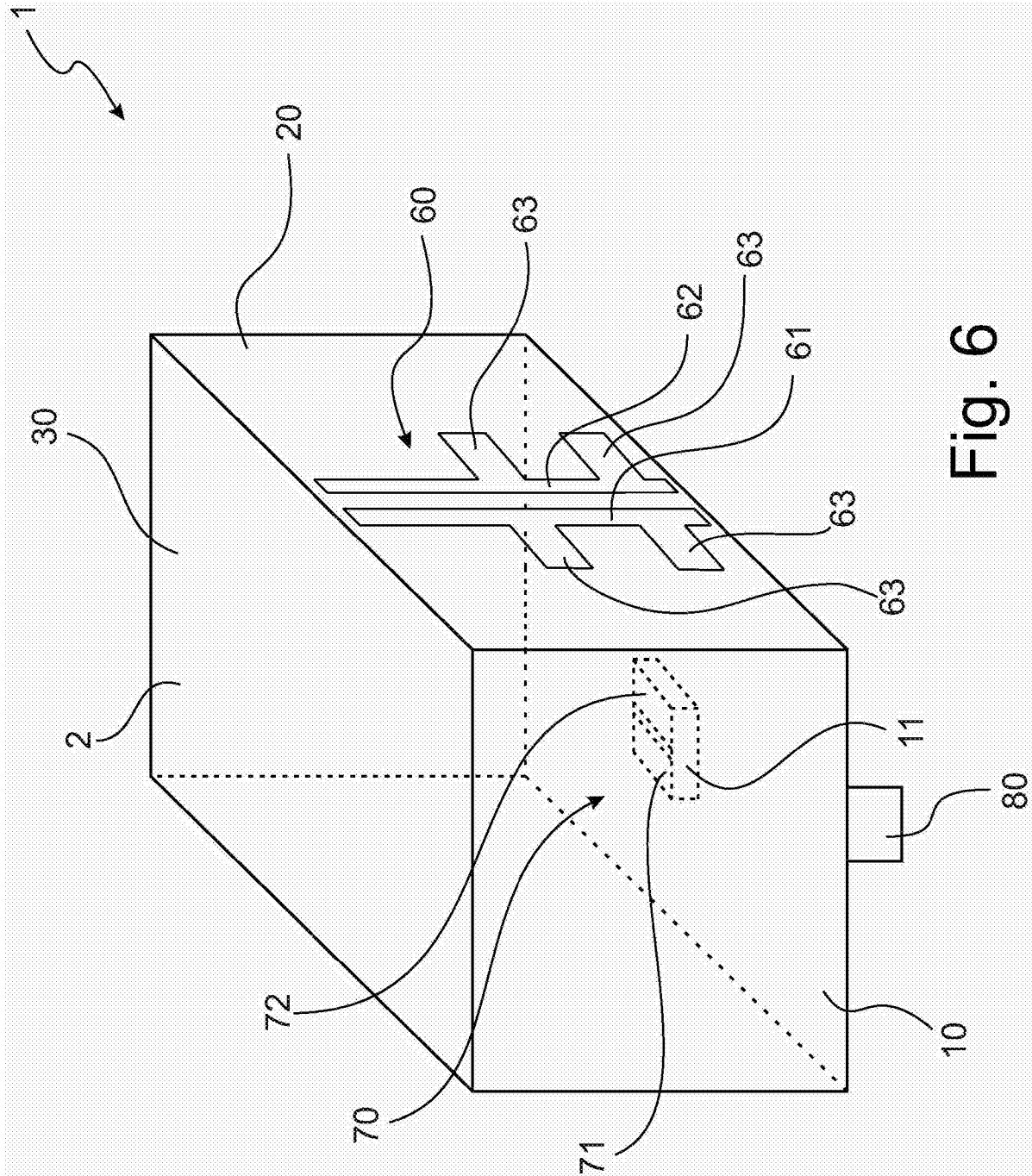


Fig. 6



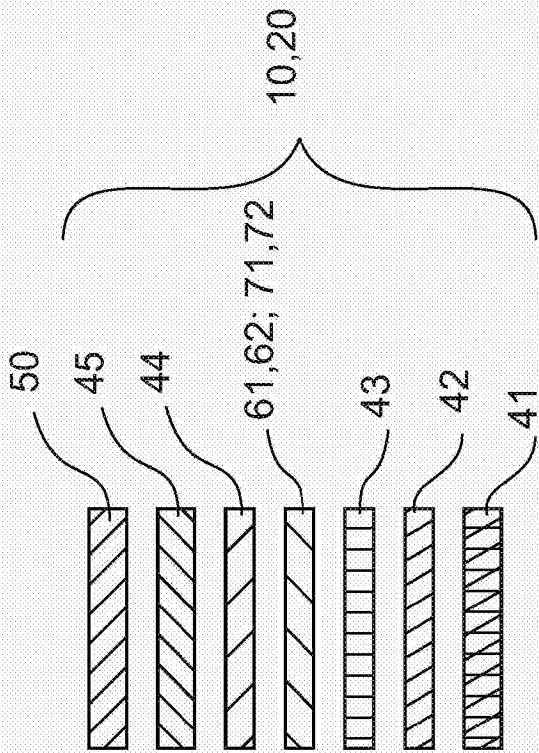


Fig. 7

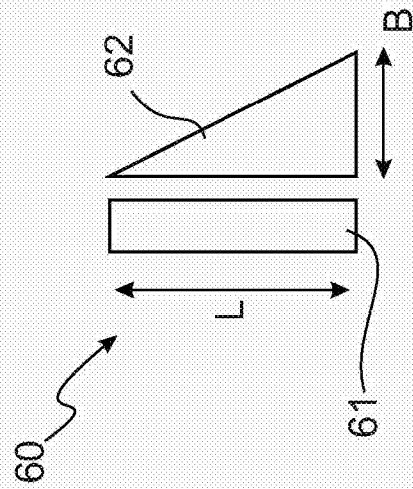


Fig. 8A

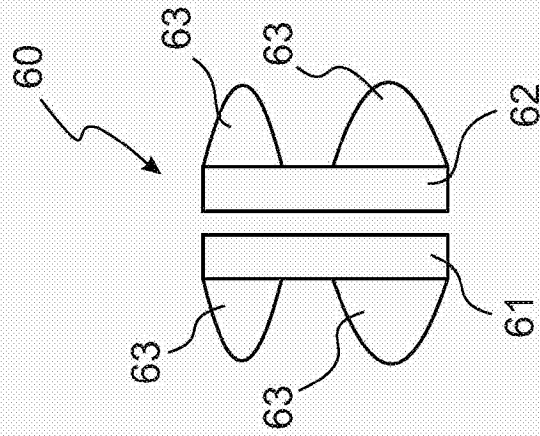


Fig. 8B

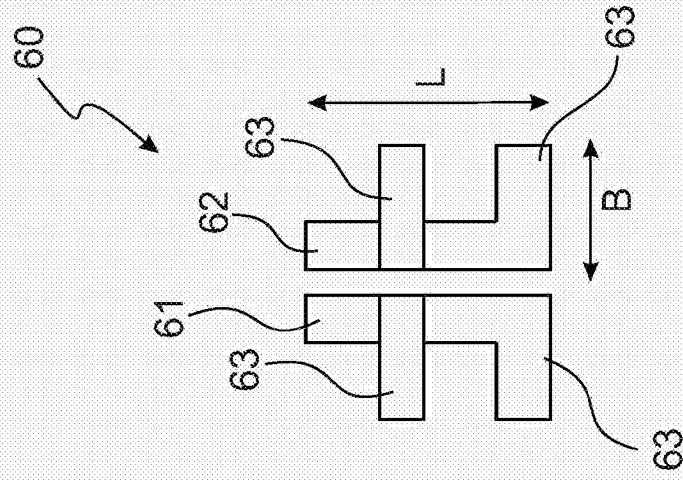


Fig. 8C