



(12)

Patentschrift

(21) Aktenzeichen: 10 2011 078 369.5

(51) Int Cl.: **H03K 17/955 (2011.01)**

(22) Anmelddatag: 29.06.2011

G01D 18/00 (2012.01)

(43) Offenlegungstag: 03.01.2013

(45) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: 28.02.2013

Innerhalb von drei Monaten nach Veröffentlichung der Patenterteilung kann nach § 59 Patentgesetz gegen das Patent Einspruch erhoben werden. Der Einspruch ist schriftlich zu erklären und zu begründen. Innerhalb der Einspruchsfrist ist eine Einspruchsgebühr in Höhe von 200 Euro zu entrichten (§ 6 Patentkostengesetz in Verbindung mit der Anlage zu § 2 Abs. 1 Patentkostengesetz).

(73) Patentinhaber:
IDENT Technology AG, 82205, Gilching, DE

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht
gezogene Druckschriften:

(74) Vertreter:
**Bettinger Schneider Schramm Patent- und
Rechtsanwälte, 81679, München, DE**

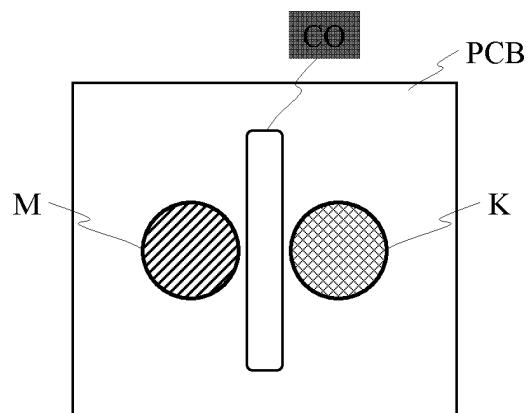
DE 43 31 555 A1
DE 10 2008 044 067 A1
DE 10 2009 057 931 A1
DE 20 2006 015 740 U1

(72) Erfinder:
Ivanov, Artem, Dr., 82205, Gilching, DE

(54) Bezeichnung: **Kapazitive Sensoreinrichtung sowie Verfahren zum Kalibrieren einer kapazitiven
Sensoreinrichtung**

(57) Hauptanspruch: Kapazitive Sensoreinrichtung zur An-
näherungs- und/oder Berührungsdetektion umfassend ei-
ne Auswerteeinrichtung, zumindest eine Generatorelektro-
de, zumindest eine Messelektrode (M) und zumindest eine
Kalibrierelektrode (K), wobei die zumindest eine Kalibri-
elektrode (K) in einem vorbestimmten Abstand benachbart
zur zumindest einer Messelektrode (M) angeordnet ist, wo-
bei die zumindest eine Messelektrode (M) und zumindest ei-
ne Kalibrierelektrode (K) der Generatorelektrode zugeordnet
sind, wobei die zumindest eine Generatorelektrode mit ei-
ner Generatorenspannung (U_{GEN}) und die zumindest eine Ka-
librierelektrode (K) mit einer Kalibrierspannung (U_{KAL}) be-
aufschlagbar sind, und wobei die kapazitive Sensoreinrich-
tung zum Ermitteln eines Kalibrierzeitpunktes dazu konfigu-
riert ist,

- die Kalibrierelektrode mit einer ersten Kalibrierspannung (U_{KAL1}) zu beaufschlagen, welche zwischen einem Masse-
potential (U_{GND}) und der Generatorenspannung (U_{GEN}) liegt
und ein erstes Messsignal von der Messelektrode abzugre-
ifen, und
- die Kalibrierelektrode mit einer zweiten Kalibrierspannung (U_{KAL2}) zu beaufschlagen, welche von der ersten Kalibrier-
spannung (U_{KAL1}) verschieden ist und ein zweites Mess-
signal von der Messelektrode abzugreifen, und
- eine Differenz zwischen...



Beschreibung**Gebiet der Erfindung**

[0001] Die Erfindung bezieht sich auf eine kapazitive Sensoreinrichtung zur Annäherungs- und/oder Berührungsdetektion sowie ein Verfahren zum Kalibrieren einer erfindungsgemäßen kapazitiven Sensoreinrichtung. Ferner betrifft die Erfindung ein Handgerät, insbesondere elektrisches Handgerät, mit einer erfindungsgemäßen kapazitiven Sensoreinrichtung, welche mit dem erfindungsgemäßen Verfahren kalibriert werden kann.

Hintergrund der Erfindung

[0002] Bei kapazitiven Sensoreinrichtungen, mit welchen eine Annäherung und/oder eine Berührung detektiert werden soll, kann es notwendig sein, dass die kapazitive Sensoreinrichtung einmalig oder in vorbestimmten zeitlichen Abständen kalibriert werden muss. Eine Kalibrierung der kapazitiven Sensoreinrichtung kann beispielsweise notwendig sein, um eine hohe Detektionsgenauigkeit auch bei sich wechselnden Umgebungsbedingungen zu gewährleisten.

[0003] Ein Problem bei der Kalibrierung kapazitiver Sensoreinrichtungen besteht darin, dass die Sensoreinrichtung nicht zu jedem beliebigen Zeitpunkt kalibriert werden kann, beispielsweise wenn sich Objekte in der Nähe der kapazitiven Sensoreinrichtung, d. h., in der Nähe der Messelektroden der kapazitiven Sensoreinrichtung befinden. Sich in der Nähe der Sensoreinrichtung befindliche Objekte können die Kalibrierung des Sensorsystems negativ beeinflussen, sodass die Sensoreinrichtung letztlich fehlerhaft kalibriert wird. Wünschenswert ist es daher, die Sensoreinrichtung zu einem Zeitpunkt zu kalibrieren, bei dem sich keine den Kalibriervorgang beeinflussende Objekte in der Nähe der kapazitiven Sensoreinrichtung befinden.

[0004] Wünschenswert ist es zudem, eine kapazitive Sensoreinrichtung direkt nach der Aktivierung bzw. nach dem Einschalten der kapazitiven Sensoreinrichtung zu kalibrieren, sodass beispielsweise eine in einem elektrischen Handgerät vorgesehene kapazitive Sensoreinrichtung direkt nach dem Einschalten des Handgerätes verwendet werden kann. Im Stand der Technik wird direkt nach dem Einschalten des elektrischen Handgerätes bzw. nach der Aktivierung der kapazitiven Sensoreinrichtung innerhalb eines bestimmten Zeitraumes, etwa eine Sekunde, die kapazitive Sensoreinrichtung kalibriert. Um eine ordnungsgemäße Kalibrierung durchführen zu können, darf der Nutzer während diesem Zeitraum allerdings nicht an dem Handgerät hantieren, weil dies wiederum die Kalibrierung negativ beeinflussen würde. Dem Nutzer des Handgerätes kann zwar mitgeteilt werden, etwa über eine Anzeigeeinrichtung, dass

sich die kapazitive Sensoreinrichtung in einer Kalibrierphase befindet. Damit ist aber nicht gewährleistet, dass der Nutzer während der Kalibrierphase nicht doch an dem Handgerät hantiert. Ein derartiges Kalibrierverfahren ist zudem schon aus ergonomischen Gründen nicht akzeptabel.

[0005] Eine weitere aus dem Stand der Technik bekannte Möglichkeit eine kapazitive Sensoreinrichtung zu kalibrieren besteht darin, die Kalibrierung dann durchzuführen, wenn sich die Rohdaten der kapazitiven Sensoreinrichtung über einen vorbestimmten Zeitraum nicht oder nur wenig geändert haben, etwa weil der Nutzer das elektrische Handgerät abgelegt hat. Nachteilig bei diesem Verfahren ist allerdings, dass nicht gewährleistet werden kann, dass überhaupt eine Kalibrierung des Sensorsystems durchgeführt wird, weil nicht gewährleistet ist, dass sich die Rohdaten der Sensoreinrichtung über einen vorbestimmten Zeitraum nicht oder nur wenig ändern. Ferner ist nachteilig, dass die Rohdaten der kapazitiven Sensoreinrichtung jedenfalls bis zu dem Zeitpunkt, in dem eine Kalibrierung erfolgt, unkalibriert weiterverarbeitet werden, was zu Fehldetections von Annäherungen und/oder Berührungen führen kann.

[0006] In einer weiteren aus dem Stand der Technik bekannten Lösung wird der Kalibriervorgang durch den Nutzer eines elektrischen Handgerätes initiiert. Das kann beispielsweise durch Betätigen einer speziell hierfür vorgesehenen Taste erfolgen. Alternativ kann der Kalibriervorgang auch durch Ausführen vorbestimmter Gesten initiiert werden, wobei solche Gesten vorgesehen sein sollten, welche auch aus den Anfangs unkalibrierten Rohdaten der Sensoreinrichtung erkannt werden können. Derartige Gesten können zum Beispiel Wischgesten oder ein schnelles Entfernen eines zuvor auf das elektrische Handgerät aufgelegten Fingers sein. Dieses Verfahren hat den Nachteil, dass, weil die Kalibrierung durch den Nutzer initiiert wird, die Sensoreinrichtung über einen längeren Zeitraum nicht kalibriert wird, weil der Nutzer etwa vergessen hat, die Kalibrierung zu initiieren oder nicht weiß, dass er eine Kalibrierung durchführen muss. Ein weiterer Nachteil besteht darin, dass ein Ausführen der für die Initiierung des Sensorsystems vorgesehenen Gesten zu einer unbeabsichtigten Kalibrierung führen kann und dass nicht gewährleistet ist, dass etwa Finger oder die Hände die Kalibrierung negativ beeinflussen.

[0007] Aus der DE 10 2009 057 931 A1 ist eine Schaltungsanordnung zum Generieren eines Ausgangssignals, das indikativ für die dielektrischen Eigenschaften eines Überwachungsbereichs eines kapazitiven Sensorelementes ist, wobei das Sensorelement eine Sendeelektrode, eine Kompensationselektrode und eine Empfangselektrode aufweist. Die Sendeelektrode und die Kompensationselektrode werden jeweils mit einem elektrischen Wechselsignal be-

aufschlägt und an der Empfangselektrode ein elektrisches Signal abgegriffen.

[0008] Aus der DE 10 2008 044 067 A1 ist ein kapazitiver Annäherungssensor bekannt, der eine Sensorelektrode und eine zwischen einer Massefläche und der Sensorelektrode angeordnete Schirmelektrode aufweist. Ferner weist der Annäherungssensor eine Diagnoseelektrode auf. Der Annäherungssensor ist in einem Messbetriebsmodus und in einem Diagnosebetriebsmodus betreibbar. In dem Diagnosebetriebsmodus wird ein vorgegebenes Testpotenzial an die Diagnoseelektrode gelegt und eine sich daraus ergebende Änderung der Kapazität der Sensorelektrode erfasst.

[0009] Aus der DE 20 2006 015 740 U1 ist ein Einklemmsensor bekannt, der eine Messelektrode und eine Kalibrierelektrode aufweist. In einer Messphase werden die Messelektrode und die Kalibrierelektrode auf ein im Wesentlichen gleiches elektrisches Potenzial gelegt, sodass die Messelektrode und die Kalibrierelektrode im Wesentlichen als eine einzige Elektrode wirken. In einer Kalibierphase wird die Kalibrierelektrode auf ein Potenzial gelegt, welches verschieden zu dem Potenzial der Messelektrode ist, sodass ein Kalibrierfeld erzeugt wird, mit dem Ablagerungen auf der Sensoroberfläche detektiert werden können.

[0010] Aus der DE 43 31 555 A1 ist ein induktiver Näherungsschalter bekannt, bei dem ein Schaltpunktabgleich auch dann möglich ist, nach der Näherungsschalter vergossen worden ist. Dazu kann der Näherungsschalter in einem normalen Betriebsmodus und in einem Lernmodus betrieben werden.

Aufgabe der Erfindung

[0011] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, Lösungen bereitzustellen, welche es ermöglichen, eine kapazitive Sensoreinrichtung, insbesondere eine in einem elektrischen Handgerät vorgesehene kapazitive Sensoreinrichtung zu kalibrieren, wobei das Ermitteln eines günstigen Kalibrierzeitpunktes nicht die aus dem Stand der Technik bekannten Nachteile aufweist und wobei die Sensoreinrichtung auch dann kalibrierbar ist, wenn sich Objekte in der Nähe der kapazitiven Sensoreinrichtung bzw. in der Nähe der Messelektrode befinden.

Erfindungsgemäße Lösung

[0012] Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch eine kapazitive Sensoreinrichtung zur Annäherungs- und/oder Berührungsdetektion sowie ein Verfahren zum Kalibrieren einer kapazitiven Sensoreinrichtung und einem Handgerät nach den unabhängigen Ansprüchen gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen und Weiterbildungen der Erfindung sind in den jeweiligen abhängigen Ansprüchen angegeben.

[0013] Bereitgestellt wird demnach eine kapazitive Sensoreinrichtung zur Annäherungs- und/oder Berührungsdetektion umfassend zumindest eine Generatorelektrode, zumindest eine Messelektrode und zumindest eine Kalibrierelektrode, wobei die zumindest eine Kalibrierelektrode in einem vorbestimmten Abstand benachbart zur zumindest einen Messelektrode angeordnet ist, wobei die zumindest eine Messelektrode und zumindest eine Kalibrierelektrode der Generatorelektrode zugeordnet sind, wobei die zumindest eine Generatorelektrode mit einer Generatortspannung und die zumindest eine Kalibrierelektrode mit einer Kalibrierspannung beaufschlagbar sind, und wobei die zumindest eine Kalibrierelektrode zumindest in einem ersten Betriebsmodus und einem zweiten Betriebsmodus betreibbar ist, wobei

- die Kalibrierspannung in jedem der Betriebsmodi zwischen einer Massenspannung und der Generatortspannung liegt, und
- die Kalibrierspannung in jedem Betriebsmodus verschieden ist.

[0014] Die kapazitive Sensoreinrichtung kann ferner eine Auswerteeinrichtung aufweisen, welche zumindest mit der Messelektrode und der Kalibrierelektrode koppelbar ist und welche ausgestaltet ist

- in dem ersten Betriebsmodus die Kalibrierelektrode mit einer ersten Kalibrierspannung zu beaufschlagen und eine erste Kapazität zwischen der Messelektrode und der Masse der Sensoreinrichtung zu detektieren, und
- in dem zweiten Betriebsmodus die Kalibrierelektrode mit einer zweiten Kalibrierspannung zu beaufschlagen und eine zweite Kapazität zwischen der Messelektrode und der Masse der Sensoreinrichtung zu detektieren.

[0015] Vorzugsweise ist die Form der Kalibrierelektrode im Wesentlichen an die Form der Messelektrode angepasst.

[0016] Die Messelektrode und die Kalibrierelektrode können auf einer Leiterplatte angeordnet sein. Die Leiterplatte weist vorzugsweise im Bereich zwischen der Messelektrode und der Kalibrierelektrode eine Aussparung auf.

[0017] Eine Kalibrierelektrode kann einer Anzahl von Messelektroden zugeordnet sein.

[0018] Die Generatorelektrode kann an der Unterseite der Leiterplatte angeordnet sein, und die zumindest eine Messelektrode und die zumindest eine Kalibrierelektrode können an der Oberseite der Leiterplatte angeordnet sein.

[0019] Bereit gestellt durch die Erfindung wird ferner ein Verfahren zum Kalibrieren einer kapazitiven Sensoreinrichtung, wobei die Sensoreinrichtung zumindest eine Generatorelektrode, zumindest eine Mess-

elektrode und zumindest eine Kalibrierelektrode umfasst, wobei die zumindest eine Messelektrode und die zumindest eine Kalibrierelektrode in einem vorbestimmten Abstand benachbart zueinander angeordnet sind und der zumindest einen Generatorelektrode zugeordnet sind, und wobei

- die zumindest eine Generatorelektrode mit einer Generatorenspannung beaufschlagt wird,
- in einem ersten Betriebsmodus die Kalibrierelektrode mit einer ersten Kalibrierspannung beaufschlagt wird und ein erstes Sensorsignal an der Messelektrode abgegriffen wird,
- in einem zweiten Betriebsmodus die Kalibrierelektrode mit einer zweiten Kalibrierspannung beaufschlagt wird und ein zweites Sensorsignal an der Messelektrode abgegriffen wird,
- eine Differenz zwischen dem ersten Sensorsignal und dem zweiten Sensorsignal ermittelt wird, und
- die Kalibrierung der kapazitiven Sensoreinrichtung durchgeführt wird, wenn die Differenz betragsmäßig größer ist als ein vorbestimmter Schwellenwert.

[0020] Vorzugsweise wird die erste Kalibrierspannung verschieden von der zweiten Kalibrierspannung gewählt. Ferner werden beide Kalibrierspannungen vorzugsweise so gewählt, dass sie jeweils zwischen einer Massespannung und der Generatorenspannung liegen.

[0021] Als vorteilhaft hat sich erwiesen, wenn die Form der Kalibrierelektrode im Wesentlichen an die Form der Messelektrode angepasst wird.

[0022] Die Messelektrode und die Kalibrierelektrode können auf einer Leiterplatte angeordnet werden, wobei die Leiterplatte im Bereich zwischen der Messelektrode und der Kalibrierelektrode eine Aussparung aufweist.

[0023] Es kann eine vorläufige Kalibrierung der kapazitiven Sensoreinrichtung durchgeführt werden, wenn die Differenz betragsmäßig kleiner ist als der vorbestimmte Schwellenwert, wobei aus dem ersten und dem zweiten Sensorsignal ein Abstand eines Objektes zu der Messelektrode abgeleitet bzw. geschätzt wird und die Sensordaten der kapazitiven Sensoreinrichtung mit dem geschätzten Abstand kalibriert werden.

[0024] Das erste Sensorsignal und das zweite Sensorsignal können jeweils Sensor-Rohdaten umfassen.

[0025] Des Weiteren wird ein Handgerät, insbesondere ein elektronisches Handgerät bereit gestellt, welche eine erfindungsgemäße kapazitive Sensoreinrichtung aufweist, wobei die kapazitive Sensorein-

richtung kalibrierbar ist, insbesondere nach dem erfindungsgemäßen Verfahren.

[0026] An dem Handgerät kann eine kapazitive Sensoreinrichtung mit einer Mehrzahl von Messelektroden vorgesehen sein, wobei zumindest einigen der Messelektroden jeweils eine eigene Kalibrierelektrode zugeordnet ist oder wobei sämtlichen Messelektroden jeweils eine einzelne Kalibrierelektrode zugeordnet ist. Dabei können sämtliche Messelektroden in einem einzigen Kalibrierschritt kalibriert werden. Alternativ kann für jede der Messelektroden ein eigener Kalibrierschritt bzw. Kalibrierphase durchgeführt werden, sodass sämtliche Messelektroden unabhängig voneinander kalibriert werden können.

[0027] Das elektrische Handgerät kann etwa ein Smartphone, ein Mobilfunkgerät, eine Computermaus, eine Gerätefernbedienung, eine Tastatur, eine Digitalkamera, ein mobiler Kleincomputer, ein Tablet-PC oder ein sonstiges elektrisches Handgerät sein.

Kurzbeschreibung der Figuren

[0028] Weitere Einzelheiten und Merkmale der Erfindung sowie konkrete Ausführungsbeispiele der Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung in Verbindung mit der Zeichnung. Es zeigt:

[0029] [Fig. 1a](#)–[Fig. 1e](#) verschiedene Ausführungsvarianten einer Elektrodenkonfiguration einer erfindungsgemäßen kapazitiven Sensoreinrichtung, wobei die Elektrodenkonfigurationen jeweils zumindest eine Messelektrode und zumindest eine Kalibrierelektrode aufweisen;

[0030] [Fig. 2](#) Rohsignale einer kapazitiven Sensoreinrichtung über die Zeit, sowohl während eines ersten Betriebsmodus als auch während eines zweiten Betriebsmodus der kapazitiven Sensoreinrichtung bzw. der Kalibrierelektrode;

[0031] [Fig. 3](#) die Differenz der in [Fig. 2](#) gezeigten Rohsignale in Abhängigkeit des Abstandes eines Objektes zur Messelektrode; und

[0032] [Fig. 4a](#), [Fig. 4b](#) Ausführungsbeispiele für eine Anordnung der Mess- bzw. Kalibrierelektrode auf einer Leiterplatte, sowie eine bevorzugte Ausgestaltung der Leiterplatte.

Detaillierte Beschreibung der Erfindung

[0033] [Fig. 1a](#) bis [Fig. 1e](#) zeigen jeweils eine Elektrodenkonfiguration einer erfindungsgemäßen Sensoreinrichtung.

[0034] [Fig. 1a](#) zeigt eine Elektrodenkonfiguration einer erfindungsgemäßen Sensoreinrichtung mit einer Messelektrode M und einer Kalibrierelektrode K. Die

Kalibrierelektrode K ist in einem vorbestimmten Abstand benachbart zur Messelektrode M angeordnet. Vorteilhaft ist es, wenn die Kalibrierelektrode K so nahe wie möglich an der Messelektrode M platziert wird. Der Abstand zwischen der Kalibrierelektrode K und der Messelektrode M sollte allerdings mindestens so groß sein, dass die Kalibrierelektrode K die Messelektrode M nicht zu stark beeinflusst. Die Kalibrierelektrode K und die Messelektrode M können mit einer hier nicht gezeigten Auswerteeinrichtung gekoppelt sein. Die Auswerteeinrichtung ist derart ausgestaltet, dass die Kalibrierelektrode K in zumindest zwei Betriebsmodi betrieben werden kann. Die nachfolgenden Erläuterungen beschränken sich auf den Fall, dass die Kalibrierelektrode K in einem ersten Betriebsmodus B1 und in einem zweiten Betriebsmodus B2 betrieben wird. Die Kalibrierelektrode K kann aber auch in weiteren Betriebsmodi betrieben werden kann. Die nachfolgenden Erläuterungen gelten in entsprechender Weise auch für die weiteren Betriebsmodi.

[0035] Die Auswerteeinrichtung ist ausgestaltet, eine – hier nicht gezeigte – Generatorelektrode mit einer Generatorspannung U_{GEN} und die Kalibrierelektrode K mit einer Kalibrierspannung U_{KAL} zu beaufschlagen.

[0036] In einer Ausgestaltung der Erfindung können an der Unterseite einer Leiterplatte eine oder mehrere Generatorelektroden und an der Oberseite der Leiterplatte die Messelektroden und die Kalibrierelektroden angeordnet sein. Die Generatorelektrode wird mit einem Generatorsignal beaufschlagt. Das Generatorsignal kann beispielsweise ein tiefpassgefiltertes Rechtecksignal von etwa 100 kHz sein. Anders ausgestaltete Generatorsignale, insbesondere mit einer anderen Frequenz sind ebenfalls möglich. In einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung ist eine Generatorelektrode vorgesehen, welche großflächig ausgestaltet ist. Zweck der mit dem Generatorsignal beaufschlagten Generatorelektrode ist es, ein elektrisches Wechselfeld um die Generatorelektrode herum aufzubauen.

[0037] Die Messelektrode bzw. die Messelektroden sind hochohmig an die Auswerteeinrichtung angebunden. Dadurch sind die Messelektroden für das elektrische Wechselfeld quasi unsichtbar, können aber dennoch die Amplitude des elektrischen Wechselfeldes messen. Die an einer Messelektrode gemessene Amplitude hängt im Wesentlichen vom Abstand eines leitenden Objektes zur Messelektrode ab, sodass aus den an den Messelektroden gemessenen Amplituden der Abstand zum Objekt abgeleitet werden kann.

[0038] Erfindungsgemäß wird die Kalibrierelektrode K in dem ersten Betriebsmodus B1 mit einer ersten Kalibrierspannung U_{KAL1} beaufschlagt und in dem

zweiten Betriebsmodus B2 mit einer zweiten Kalibrierspannung U_{KAL2} .

[0039] Die Kalibrierspannungen U_{KAL1} , U_{KAL2} sind einerseits so gewählt, dass sie in jedem der beiden Betriebsmodi zwischen einer Massespannung U_{GND} der kapazitiven Sensoreinrichtung und der Generatorspannung U_{GEN} der kapazitiven Sensoreinrichtung liegen. Andererseits ist die Kalibrierspannung U_{KAL1} in dem ersten Betriebsmodus B1 verschieden von der Kalibrierspannung U_{KAL2} in dem zweiten Betriebsmodus B2. Beispielsweise kann in dem ersten Betriebsmodus die erste Kalibrierspannung U_{KAL1} 0 V (= U_{GND}) sein und in dem zweiten Betriebsmodus kann die zweite Kalibrierspannung U_{KAL2} die Generatorspannung U_{GEN} sein. Erfindungsgemäß kann die erste Kalibrierspannung U_{KAL1} auch verschieden von bzw. größer als die Massespannung U_{GND} der kapazitiven Sensoreinrichtung sein. Ebenso kann die zweite Kalibrierspannung U_{KAL2} auch verschieden von bzw. kleiner als die Generatorspannung U_{GEN} sein. Die erste Kalibrierspannung U_{KAL1} und die zweite Kalibrierspannung U_{KAL2} sind erfindungsgemäß so zu wählen, dass sie folgende Bedingung erfüllen:

$$U_{KAL1} = A \cdot U_{GEN}; U_{KAL2} = B \cdot U_{GEN}, \text{ mit } 0 \leq A, B \leq 1 \text{ und } A \neq B.$$

[0040] Bei mehr als zwei Betriebsmodi sind die entsprechenden Kalibrierspannungen derart zu wählen, dass sie folgende Bedingung erfüllen:

$$U_{KAL1} \neq U_{KAL2} \neq \dots \neq U_{KALn}, \text{ für alle } n \in \{\text{Betriebsmodi}\}.$$

[0041] Anstelle der Generatorspannung U_{GEN} kann erfindungsgemäß auch eine andere Spannung mit einer ähnlichen Form genutzt werden.

[0042] Ferner ist es auch möglich, dass beispielsweise in dem ersten Betriebsmodus die Kalibrierelektrode K an kein elektrisches Potenzial angeschlossen wird (floating conductor).

[0043] Weist die kapazitive Sensoreinrichtung mehr als eine Messelektrode M auf, dann können sämtlichen Messelektroden oder nur einigen Messelektroden jeweils eine Kalibrierelektrode K zugeordnet bzw. in einem vorbestimmten Abstand zu den Messelektroden benachbart platziert werden. Die Kalibrierelektroden können dabei jeweils mit dem gleichen Signal beaufschlagt werden, d. h., die Kalibrierelektroden können mit einem gemeinsamen Signalgenerator gekoppelt sein, welcher die Kalibrierspannung U_{KAL} bzw. U_{KAL1} , U_{KAL2} ... U_{KALn} bereitstellt. Ferner ist es möglich, für eine Mehrzahl von Messelektroden eine einzige Kalibrierelektrode K bereitzustellen, welche aus mehreren miteinander verbundenen Elektrodensegmenten besteht, wie beispielsweise mit Bezug auf [Fig. 1e](#) gezeigt.

[0044] Wie bereits erläutert, wird an der Generatorelektrode und an der Kalibrierelektrode K jeweils ein elektrisches Wechselfeld emittiert. Mit der Auswerteeinrichtung, welche mit der Messelektrode M und der Kalibrierelektrode K gekoppelt ist, wird die Kapazität von der Messelektrode M zur Masse der kapazitiven Sensoreinrichtung detektiert bzw. vermessen. Das an der Kalibrierelektrode K emittierte elektrische Wechselfeld modifiziert hierbei die Feldverteilung des an der Generatorelektrode emittierten elektrischen Wechselfeldes, wobei der Einfluss des an der Kalibrierelektrode K emittierten elektrischen Wechselfeldes auf die Feldverteilung des an der Generatorelektrode emittierten elektrischen Wechselfeldes abhängig von dem Betriebsmodus, in welchem die Kalibrierelektrode K betrieben wird, ist.

[0045] Die Modifikation der Feldverteilung des an der Generatorelektrode emittierten elektrischen Wechselfeldes bewirkt effektiv eine Änderung der zu messenden Kapazität von der Messelektrode M zu der Masse des Sensors. Befindet sich kein Objekt in der Nähe der kapazitiven Sensoreinrichtung bzw. in der Nähe der Messelektrode bzw. Kalibrierelektrode der kapazitiven Sensoreinrichtung kann die kapazitive Sensoreinrichtung mit Hilfe der zu erwartenden Kapazitätsänderung bei einem Wechsel von dem ersten Betriebsmodus in den zweiten Betriebsmodus bzw. mit Hilfe der zu erwartenden Kapazitäten in dem ersten Betriebsmodus und in dem zweiten Betriebsmodus kalibriert werden.

[0046] Überschreitet die Differenz der Kapazitäten zwischen dem ersten Betriebsmodus und dem zweiten Betriebsmodus betragsmäßig einen vorbestimmten Schwellenwert, so kann davon ausgegangen werden, dass sich kein Objekt in der Nähe der Elektroden der kapazitiven Sensoreinrichtung befindet. In diesem Fall kann eine Kalibrierung der erfindungsgemäßen Sensoreinrichtung durchgeführt werden. Auch in dem Fall, dass sich ein Objekt in der Nähe der Elektroden der kapazitiven Sensoreinrichtung befindet, kann eine Kalibrierung, etwa eine vorläufige bzw. provisorische Kalibrierung der kapazitiven Sensoreinrichtung durchgeführt werden, wie weiter unten näher beschrieben wird.

[0047] Damit kann also ermittelt werden, ob ein für die Kalibrierung der Sensoreinrichtung günstiger Zeitpunkt vorliegt, wobei in dem Fall, dass der Zeitpunkt für eine Kalibrierung ungünstig ist, entweder eine vorläufige Kalibrierung oder gar keine Kalibrierung der Sensoreinrichtung vorgenommen wird. Vorteilhaft ist es aber, beim Einschalten eines Handgerätes, welche eine erfindungsgemäße kapazitive Sensoreinrichtung aufweist, die Sensoreinrichtung in jedem Fall zu kalibrieren, sei es mittels einer vorläufigen bzw. provisorischen Kalibrierung, sei es mittels einer Kalibrierung, welche durchgeführt wird, wenn

sich kein Objekt in der Nähe der Sensorelektroden befindet.

[0048] Für einen optimalen Betrieb der kapazitiven Sensoreinrichtung, d. h., um den Kalibrierzeitpunkt zuverlässig zu bestimmen, ist es vorteilhaft, einerseits die Kalibrierelektrode K nahe an der Messelektrode M anzuordnen und andererseits die Form der Kalibrierelektrode im Wesentlichen an die Form der Messelektrode M anzupassen. Der Abstand zwischen der Kalibrierelektrode K und der Messelektrode M sollte allerdings mindestens so groß sein, dass die Kalibrierelektrode K die Messelektrode M nicht zu stark beeinflusst. Beispielsweise kann für eine kleine kompakte Messelektrode eine kleine kompakte Kalibrierelektrode vorgesehen sein, welche nahe an der Messelektrode angeordnet ist. Ferner kann beispielsweise für eine längliche Messelektrode eine längliche Kalibrierelektrode vorgesehen sein.

[0049] Ein Anpassen der Form der Kalibrierelektrode K an die Form der Messelektrode M hat den Vorteil, dass der Einfluss des an der Kalibrierelektrode K emittierten elektrischen Wechselfeldes auf die Feldverteilung des an der Generatorelektrode emittierten elektrischen Wechselfeldes jedenfalls dann maximiert wird, wenn mit Hilfe des erfindungsgemäßen Verfahrens ermittelt wird, ob eine Kalibrierung der kapazitiven Sensoreinrichtung durchgeführt werden kann.

[0050] In dem in [Fig. 1a](#) gezeigten Ausführungsbeispiel der Elektroden sind sowohl die Messelektrode M als auch die Kalibrierelektrode K kreisförmig ausgestaltet und weisen im Wesentlichen eine identische Elektrodenfläche auf.

[0051] [Fig. 1b](#) zeigt eine kreisförmige Messelektrode M und zwei ringsegmentförmige Kalibrierelektroden K1 und K2. Die Elektroden sind derart relativ zueinander angeordnet, dass die Messelektrode M zwischen den beiden ringsegmentförmigen Kalibrierelektroden K1 und K2 angeordnet ist. Die Kalibrierelektroden K1, K2 können jeweils mit dem gleichen Signal betrieben werden, d. h., in dem ersten Betriebsmodus werden beide Kalibrierelektroden mit einer ersten Kalibrierspannung U_{KAL1} und in dem zweiten Betriebsmodus mit einer zweiten Kalibrierspannung U_{KAL2} beaufschlagt.

[0052] Aufgrund der identischen Ausgestaltung der Kalibrierelektroden und der symmetrischen Anordnung der Kalibrierelektroden kann in dem ersten Betriebsmodus beispielsweise nur die Kalibrierelektrode K1 mit der ersten Kalibrierspannung U_{KAL1} und in dem zweiten Betriebsmodus nur die Kalibrierelektrode K2 mit der zweiten Kalibrierspannung U_{KAL2} beaufschlagt werden. Um eine bessere Funktion zu gewährleisten, ist es allerdings vorteilhaft, in beiden Betriebsmodi jeweils beide Kalibrierelektroden

mit der entsprechenden Kalibrierspannung zu beaufschlagen.

[0053] [Fig. 1c](#) zeigt ein weiteres Beispiel einer Elektrodenanordnung einer erfindungsgemäßen kapazitiven Sensoreinrichtung. Die Messelektrode M und die Kalibrierelektrode K sind hier jeweils länglich ausgestaltet, wobei die Kalibrierelektrode schmäler ist als die Messelektrode M. Die Kalibrierelektrode K kann aber auch gleich breit wie die Messelektrode M oder breiter als die Messelektrode M sein.

[0054] [Fig. 1d](#) zeigt ein weiteres Beispiel einer Elektrodenkonfiguration einer erfindungsgemäßen kapazitiven Sensoreinrichtung. Die Messelektrode ist hier im Wesentlichen kreisförmig ausgestaltet. Die Kalibrierelektrode K ist im Wesentlichen rechteckig ausgestaltet, wobei die Flächen der beiden Elektroden vorzugsweise identisch sind.

[0055] [Fig. 1e](#) zeigt ein weiteres Beispiel einer Elektrodenkonfiguration einer erfindungsgemäßen kapazitiven Sensoreinrichtung. In diesem Beispiel weist die Elektrodenkonfiguration vier Messelektroden M1 bis M4 und eine Kalibrierelektrode K auf. Die Kalibrierelektrode K ist hier so ausgestaltet, dass sie die vier Messelektroden M1 bis M4 jeweils zumindest teilweise umschließt. Alternativ kann die Kalibrierelektrode K auch so ausgestaltet sein, dass sie die vier Messelektroden M1 bis M4 jeweils vollständig umschließt.

[0056] Erfindungsgemäß kann für jede einzelne Messelektrode M1 bis M4 unabhängig voneinander ermittelt werden, ob ein geeigneter Kalibrierzeitpunkt für die Kalibrierung der kapazitiven Sensoreinrichtung vorliegt. In einer Ausgestaltung der Erfindung kann die kapazitive Sensoreinrichtung kalibriert werden, wenn für alle vier Messelektroden M1 bis M4 die Bedingungen für eine Kalibrierung vorliegen. In einer anderen Ausgestaltung der Erfindung kann jede Messelektrode einzeln und unabhängig von den anderen Messelektroden kalibriert werden, d. h., das der jeweiligen Messelektrode zugehörige Sensor-Rohsignal wird unabhängig von den Sensor-Rohsignalen der übrigen Messelektroden kalibriert. Dies ist insbesondere dann von Vorteil, wenn die Messelektroden räumlich weit auseinander liegen und die Umgebungsbedingungen der weit auseinander liegenden Messelektroden jeweils verschieden sind.

[0057] Kalibrierverfahren bzw. Verfahren zum Bestimmen eines Kalibrierzeitpunktes: Im Folgenden wird das Verfahren zum Kalibrieren einer kapazitiven Sensoreinrichtung bzw. zum Ermitteln eines günstigen Zeitpunktes für das Kalibrieren der kapazitiven Sensoreinrichtung näher beschrieben.

[0058] Das erfindungsgemäße Verfahren wird anhand einer kapazitiven Sensoreinrichtung mit einer

Messelektrode M und einer Kalibrierelektrode K erläutert, wobei das Verfahren auch für eine kapazitive Sensoreinrichtung mit einer Mehrzahl von Messelektroden und einer Mehrzahl von Kalibrierelektroden, welche den Messelektroden zugeordnet sind, ausgeführt werden kann. Ferner wird in der nachfolgenden Erläuterung des erfindungsgemäßen Verfahrens davon ausgegangen, dass zwei Betriebsmodi für den Betrieb der Kalibrierelektrode vorgesehen sind. Selbstverständlich kann das erfindungsgemäße Verfahren in entsprechender Weise auch dann angewandt werden, wenn mehr als zwei Betriebsmodi für den Betrieb der Kalibrierelektrode vorgesehen sind, wie bereits mit Bezug auf [Fig. 1a](#) erläutert.

[0059] Die Messelektrode und die Kalibrierelektrode sind beispielsweise derart ausgestaltet und relativ zueinander angeordnet, wie mit Bezug auf [Fig. 1a](#) bis [Fig. 1e](#) beschrieben. Die Generatorelektrode wird mit einer Generatorspannung U_{GEN} beaufschlagt, wobei die Generatorspannung U_{GEN} in jedem Betriebsmodus der Kalibrierelektrode K gleich bleibt.

[0060] In einem ersten Schritt wird die Kalibrierelektrode K in einem ersten Betriebsmodus B1 betrieben. In dem ersten Betriebsmodus B1 wird die Kalibrierelektrode K1 mit einer ersten Kalibrierspannung U_{KAL1} beaufschlagt und eine erste Kapazität zwischen der Messelektrode M und der Masse der Sensoreinrichtung detektiert, wobei Sensor-Rohdaten der Messelektrode M erfasst werden.

[0061] Anschließend wird in einem zweiten Schritt von dem ersten Betriebsmodus B1 in einen zweiten Betriebsmodus B2 zum Betrieb der Kalibrierelektrode K gewechselt. In dem zweiten Betriebsmodus B2 wird die Kalibrierelektrode K mit einer zweiten Kalibrierspannung U_{KAL2} beaufschlagt, welche verschieden von der ersten Kalibrierspannung U_{KAL1} des ersten Betriebsmodus B1 ist. Die erste Kalibrierspannung U_{KAL1} und die zweite Kalibrierspannung U_{KAL2} sind hierbei so zu wählen, wie mit Bezug auf [Fig. 1a](#) erläutert. In dem zweiten Schritt, d. h. während des Betriebes der Kalibrierelektrode in dem zweiten Betriebsmodus B2 wird eine zweite Kapazität zwischen der Messelektrode M und der Masse der Sensoreinrichtung detektiert, wobei wiederum Sensor-Rohdaten der Messelektrode M erfasst werden.

[0062] [Fig. 2](#) zeigt den zeitlichen Verlauf der in dem ersten Betriebsmodus und in dem zweiten Betriebsmodus erfassten Sensor-Rohdaten der Messelektrode M. Die obere Kurve zeigt die erfassten Sensor-Rohdaten, welche in dem ersten Betriebsmodus erfasst worden sind. Die untere Kurve zeigt die Sensor-Rohdaten, welche in dem zweiten Betriebsmodus erfasst worden sind. In dem hier gezeigten Beispiel ist während der Messung der Abstand eines Objektes zu der Messelektrode M schrittweise von etwa 5 cm auf etwa 0,5 cm verkleinert worden, wobei die Schritt-

größe etwa 0,5 cm beträgt. Wie aus [Fig. 2](#) erkennbar ist, verringert sich der Einfluss der Kalibrierelektrode beim Umschalten von dem ersten Betriebsmodus in den zweiten Betriebsmodus auf die Sensor-Rohsignale mit abnehmender Entfernung des Objektes zur Messelektrode, d. h., die Differenz des Sensor-Rohsignals in dem ersten Betriebsmodus zu dem Sensor-Rohsignal in dem zweiten Betriebsmodus wird mit abnehmender Entfernung des Objektes zur Messelektrode zunehmend kleiner.

[0063] In einem weiteren Schritt des erfindungsgemäßen Verfahrens wird die Differenz der in den vorangegangenen Schritten gemessenen Sensor-Rohdaten ermittelt.

[0064] Die Differenz zwischen den Sensor-Rohdaten in dem ersten Betriebsmodus und dem zweiten Betriebsmodus ist in [Fig. 3](#) gezeigt, wobei die Kurve die Differenz in Abhängigkeit von der Entfernung des Objektes zur Messelektrode M zeigt. Hierbei ist ersichtlich, dass der Betrag der Differenz zwischen den Sensor-Rohdaten des ersten Betriebsmodus und den Sensor-Rohdaten des zweiten Betriebsmodus mit zunehmendem Abstand des Objektes zur Messelektrode M ebenfalls zunimmt bzw. größer wird. Ebenfalls ist aus [Fig. 3](#) ersichtlich, dass eine Aussage über den Abstand des Objektes zur Messelektrode für Entfernung des Objektes zur Messelektrode von 0 cm bis etwa 3 cm getroffen werden kann, während bei Abständen des Objektes zur Messelektrode über 3 cm die Differenz nahezu gleich bleibt.

[0065] Ist die Differenz D betragsmäßig größer als ein vorbestimmter Schwellenwert X, wird davon ausgegangen, dass ein günstiger Zeitpunkt für die Kalibrierung der kapazitiven Sensoreinrichtung vorliegt, weil sich das Objekt nicht in der Nähe der Messelektrode befindet bzw. kein Objekt in der Nähe der Messelektrode vorhanden ist. In diesem Fall kann die Kalibrierung der kapazitiven Sensoreinrichtung initiiert bzw. durchgeführt werden.

[0066] Experimente haben gezeigt, dass keine nennenswerte Abhängigkeit der Differenz D von der Größe des Objektes besteht. Sollte diese Abhängigkeit dennoch bestehen, ist es dennoch möglich, zu entscheiden, ob sich ein Objekt in der Nähe der Messelektrode befindet, sodass eine Kalibrierung der kapazitiven Sensoreinrichtung in diesem Fall unterbleiben kann bzw. unterbunden werden kann.

[0067] Wie in [Fig. 3](#) gezeigt, wird bei einer Differenz D, welche betragsmäßig kleiner ist als der Schwellenwert X keine Kalibrierung des kapazitiven Sensorsystems durchgeführt. Diese Information, d. h. wenn die Differenz betragsmäßig kleiner ist als der vorbestimmte Schwellenwert X, kann jedoch herangezogen werden, um eine vorläufige bzw. provisorische Kalibrierung der Sensoreinrichtung durchzuführen.

Dies ist insbesondere dann vorteilhaft, wenn sich beim Einschalten eines Handgerätes mit einer erfindungsgemäßen kapazitiven Sensoreinrichtung bereits ein Objekt in der Nähe einer Messelektrode befindet, und dennoch mit Einschalten des Handgerätes eine Kalibrierung der kapazitiven Sensoreinrichtung durchgeführt werden soll, um zu vermeiden, dass bis zu einem günstigen Zeitpunkt, zu dem die Kalibrierung wie zuvor beschrieben durchgeführt werden kann, unkalibrierte Sensor-Rohsignale weiterverarbeitet werden. Damit wird gewährleistet, dass während des gesamten Betriebes, etwa eines Handgerätes, die erfindungsgemäße kapazitive Sensoreinrichtung kalibriert ist.

[0068] Die zuvor beschriebenen Schritte des erfindungsgemäßen Verfahrens können zu vorbestimmten Zeitpunkten bzw. zyklisch ausgeführt werden, sodass die Kalibrierung der kapazitiven Sensoreinrichtung gegebenenfalls an sich ändernde Umgebungsbedingungen angepasst werden kann.

[0069] Für eine vorläufige bzw. provisorische Kalibrierung der Sensor-Rohdaten wird aus der Differenz D der Abstand A zum Objekt abgeschätzt und die dem Abstand entsprechenden kalibrierten Sensor-Rohdaten berechnet und für die Kalibrierung, d. h. für die vorläufige Kalibrierung, herangezogen, wobei die kalibrierten Sensor-Rohdaten von den aktuellen Sensor-Rohdaten abgezogen werden.

[0070] [Fig. 4a](#) und [Fig. 4b](#) zeigen jeweils eine Elektrodenkonfiguration, wobei die Elektroden auf einer Leiterplatte PCB angeordnet sind.

[0071] Das Maß, in dem sich die Sensor-Rohdaten der Messelektrode M beim Umschalten der Kalibrierelektrode K von dem ersten Betriebmodus in den zweiten Betriebsmodus ändern, wird im Wesentlichen durch die Kapazität von der Kalibrierelektrode K zur Messelektrode M bestimmt. In vielen Fällen sind die Elektroden M, K als Kupferflächen auf der Leiterplatte PCB ausgeführt. Die Abmessungen der Leiterplatte PCB können je nach verwendetem Leiterplattenmaterial bei Temperaturänderungen stark variieren. Infolgedessen kann auch die Kapazität von der Kalibrierelektrode K zur Messelektrode M je nach Elektrodenausführung einer ziemlich starken Temperaturabhängigkeit unterliegen.

[0072] Um die Temperaturabhängigkeit der Kapazität der Kalibrierelektrode zur Messelektrode zu minimieren bzw. weitestgehend zu eliminieren, sodass eine möglichst gleichbleibende Schätzung des Abstandes zwischen einem Objekt und der Messelektrode M unabhängig von der Umgebungstemperatur gewährleistet ist, kann ein Teil der Leiterplatte PCB zwischen der Messelektrode M und der Kalibrierelektrode K ausgefräst werden, sodass zwischen der Messelektrode M und der Kalibrierelektrode K eine Öff-

nung entsteht und sich im Wesentlichen kein Leiterplattenmaterial zwischen den Elektroden befindet.

[0073] [Fig. 4a](#) zeigt die in [Fig. 1a](#) gezeigte Elektrodenanordnung, wobei zwischen den beiden Elektroden M und K eine Aussparung CO vorgesehen ist, welche im Wesentlichen länglich ausgestaltet ist.

[0074] [Fig. 4b](#) zeigt die in [Fig. 1d](#) gezeigten Elektrodenanordnung auf einer Leiterplatte PCB, wobei zwischen den beiden Elektroden M, K ebenfalls eine im Wesentlichen längliche Aussparung CO vorgesehen ist.

[0075] Die erfindungsgemäße kapazitive Sensoreinrichtung bzw. das erfindungsgemäße Verfahren zur Kalibrierung der kapazitiven Sensoreinrichtung stellt eine verbesserte Entscheidungsgrundlage bereit, um zu bestimmen, ob eine Kalibrierung des kapazitiven Sensorsystems durchgeführt werden kann. Ferner kann eine provisorische bzw. vorläufige (ungefähre) Kalibrierung des kapazitiven Sensorsystems durchgeführt werden, etwa wenn die Bedingungen für eine Kalibrierung nicht geeignet sind, was beispielsweise dann der Fall ist, wenn sich ein Objekt nahe bzw. sehr nahe an der Messelektrode M befindet. Insgesamt wird es dadurch möglich, die kapazitive Sensoreinrichtung bereits unmittelbar nach der Aktivierung der Sensoreinrichtung zu kalibrieren, unabhängig davon, ob sich ein Objekt in der Nähe der Messelektrode befindet oder nicht. Die kapazitive Sensoreinrichtung kann so während der gesamten Dauer des Betriebes kalibriert sein bzw. kalibriert werden. Zeiträume, in denen die Sensor-Rohdaten unkalibriert einer weiteren Verarbeitung zugeführt werden, werden so effektiv vermieden, sodass eine gleichbleibende und korrekte Detektion einer Annäherung bzw. einer Berührung während der gesamten Betriebsdauer der kapazitiven Sensoreinrichtung gewährleistet werden kann.

Bezugszeichenliste:

A	Abstand eines Objektes zu einer Messelektrode
CO	Aussparung (Cut-Out) der Leiterplatte
D	Differenz der Sensor-Rohdaten zwischen im ersten Betriebsmodus und zweiten Betriebsmodus
B1, B2	Betriebsmodi der Kalibrierelektroden bzw. der Sensoreinrichtung
K, K1, K2	Kalibrierelektroden

M, M1–M4	Messelektroden
PCB	Leiterplatte
U_{GEN}	Generatorspannung, welche einer Generatorelektrode beaufschlagt wird
U_{KAL} , U_{KAL1} , U_{KAL2}	Kalibrierspannungen, welche den Kalibrierelektroden beaufschlagt werden
X	Schwellenwert

Patentansprüche

1. Kapazitive Sensoreinrichtung zur Annäherungs- und/oder Berührungsdetektion umfassend eine Auswerteeinrichtung, zumindest eine Generatorelektrode, zumindest eine Messelektrode (M) und zumindest eine Kalibrierelektrode (K), wobei die zumindest eine Kalibrierelektrode (K) in einem vorbestimmten Abstand benachbart zur zumindest einen Messelektrode (M) angeordnet ist, wobei die zumindest eine Messelektrode (M) und zumindest eine Kalibrierelektrode (K) der Generatorelektrode zugeordnet sind, wobei die zumindest eine Generatorelektrode mit einer Generatorspannung (U_{GEN}) und die zumindest eine Kalibrierelektrode (K) mit einer Kalibrierspannung (U_{KAL}) beaufschlagbar sind, und wobei die kapazitive Sensoreinrichtung zum Ermitteln eines Kalibrierzeitpunktes dazu konfiguriert ist,
 - die Kalibrierelektrode mit einer ersten Kalibrierspannung (U_{KAL1}) zu beaufschlagen, welche zwischen einem Massepotential (U_{GND}) und der Generatorspannung (U_{GEN}) liegt und ein erstes Messsignal von der Messelektrode abzugreifen, und
 - die Kalibrierelektrode mit einer zweiten Kalibrierspannung (U_{KAL2}) zu beaufschlagen, welche von der ersten Kalibrierspannung (U_{KAL1}) verschieden ist und ein zweites Messsignal von der Messelektrode abzugreifen, und
 - eine Differenz zwischen dem ersten und dem zweiten Messsignal zu bilden.

2. Kapazitive Sensoreinrichtung nach Anspruch 1, wobei die Sensoreinrichtung konfiguriert ist eine Kalibrierung der kapazitiven Sensoreinrichtung durchzuführen, falls die Differenz betragsmäßig größer ist als ein vorbestimmter Schwellenwert (X).

3. Kapazitive Sensoreinrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Form der Kalibrierelektrode (K) im Wesentlichen an die Form der Messelektrode (M) angepasst ist.

4. Kapazitive Sensoreinrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Messelektrode (M) und die Kalibrierelektrode (K) auf einer Leiterplatte (PCB) angeordnet sind und wobei die Leiterplatte (PCB) im Bereich zwischen der Messelektrode

(M) und der Kalibrierelektrode (K) eine Aussparung (CO) aufweist.

5. Kapazitive Sensoreinrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei eine Kalibrierelektrode (K) einer Anzahl von Messelektroden (M) zugeordnet ist.

6. Kapazitive Sensoreinrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Generatorelektrode an der Unterseite der Leiterplatte angeordnet ist, und die zumindest eine Messelektrode (M) und die zumindest eine Kalibrierelektrode (K) an der Oberseite der Leiterplatte angeordnet sind.

7. Kapazitive Sensoreinrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die zweite Kalibrierspannung (U_{KAL2}) kleiner als die Generatorspannung (U_{GEN}) ist.

8. Kapazitive Sensoreinrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Generatorspannung (U_{GEN}) ein elektrisches Wechselfeld erzeugt.

9. Kapazitive Sensoreinrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Sensoreinrichtung konfiguriert ist, das Ermitteln des Kalibrierzeitpunktes zyklisch durchzuführen.

10. Verfahren zum Ermitteln eines Kalibrierzeitpunktes einer kapazitiven Sensoreinrichtung, wobei die Sensoreinrichtung zumindest eine Generatorelektrode, zumindest eine Messelektrode (M) und zumindest eine Kalibrierelektrode (K) umfasst, wobei die zumindest eine Messelektrode (M) und die zumindest eine Kalibrierelektrode (K) in einem vorbestimmten Abstand benachbart zueinander angeordnet sind und der zumindest einen Generatorelektrode zugeordnet sind, und wobei die zumindest eine Generatorelektrode mit einer Generatorspannung (U_{GEN}) beaufschlagt wird, wobei das Verfahren die folgenden Schritte aufweist:

- Beaufschlagen der Kalibrierelektrode (K) mit einer ersten Kalibrierspannung (U_{KAL1}) und messen eines ersten Sensorsignals an der Messelektrode (M),
- Beaufschlagen der Kalibrierelektrode (K) mit einer zweiten Kalibrierspannung (U_{KAL2}) und messen eines zweiten Sensorsignals an der Messelektrode (M),
- Bilden einer Differenz (D) zwischen dem ersten Sensorsignal und dem zweiten Sensorsignal, und
- Kalibrieren der kapazitiven Sensoreinrichtung, wenn die Differenz (D) betragsmäßig größer ist als ein vorbestimmter Schwellenwert (X).

11. Verfahren nach Anspruch 10, wobei die erste Kalibrierspannung (U_{KAL1}) verschieden von der zweiten Kalibrierspannung (U_{KAL2}) gewählt wird und beide Kalibrierspannungen (U_{KAL1} , U_{KAL2}) so gewählt wer-

den, dass sie jeweils zwischen einer Massespannung (U_{GND}) und der Generatorspannung (U_{GEN}) liegen.

12. Verfahren nach Anspruch 10 oder 11, wobei die Form der Kalibrierelektrode (K) im Wesentlichen an die Form der Messelektrode (M) angepasst wird.

13. Verfahren nach einem der Ansprüche 10 bis 12, wobei die Messelektrode (M) und die Kalibrierelektrode (K) auf einer Leiterplatte (PCB) angeordnet werden, wobei die Leiterplatte (PCB) im Bereich zwischen der Messelektrode (M) und der Kalibrierelektrode (K) eine Aussparung (CO) aufweist.

14. Verfahren nach einem der Ansprüche 10 bis 13, wobei eine vorläufige Kalibrierung der kapazitiven Sensoreinrichtung durchgeführt wird, wenn die Differenz (D) betragsmäßig kleiner ist als der vorbestimmte Schwellenwert (X), wobei aus dem ersten und dem zweiten Sensorsignal ein Abstand (A) eines Objektes zu der Messelektrode (M) abgeleitet bzw. geschätzt wird und die Sensordaten der kapazitiven Sensoreinrichtung mit dem geschätzten Abstand kalibriert werden.

15. Verfahren nach einem der Ansprüche 10 bis 14, wobei das erste Sensorsignal und das zweite Sensorsignal jeweils Sensor-Rohdaten umfassen.

16. Verfahren nach einem der Ansprüche 10 bis 15, wobei das Verfahren zyklisch wiederholt wird.

17. Handgerät aufweisend eine kapazitive Sensoreinrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 9, wobei die kapazitive Sensoreinrichtung kalibrierbar ist, insbesondere nach einem der Ansprüche 10 bis 16.

Es folgen 3 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

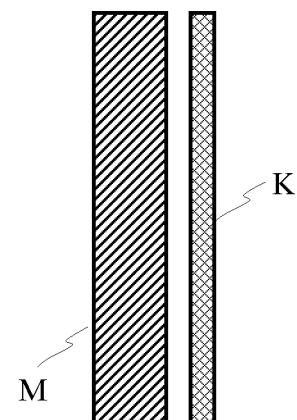
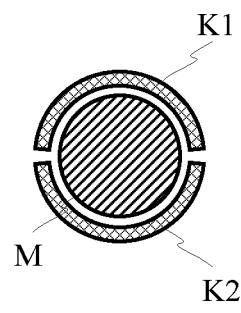
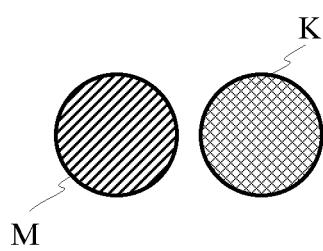


Fig. 1a

Fig. 1b

Fig. 1c

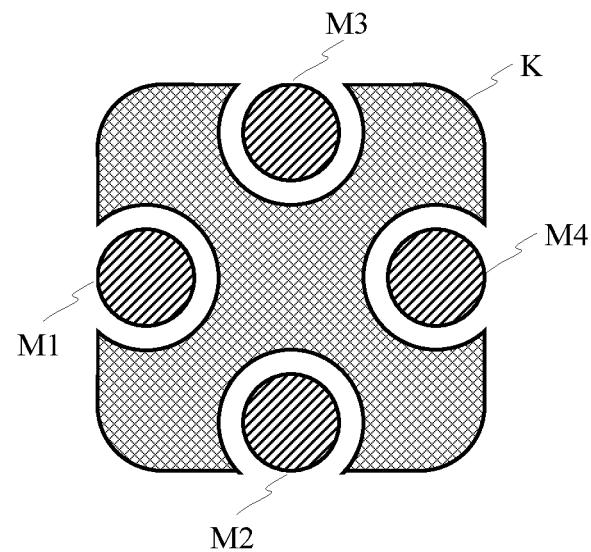
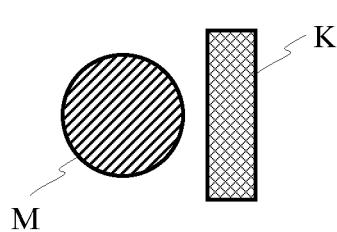


Fig. 1d

Fig. 1e

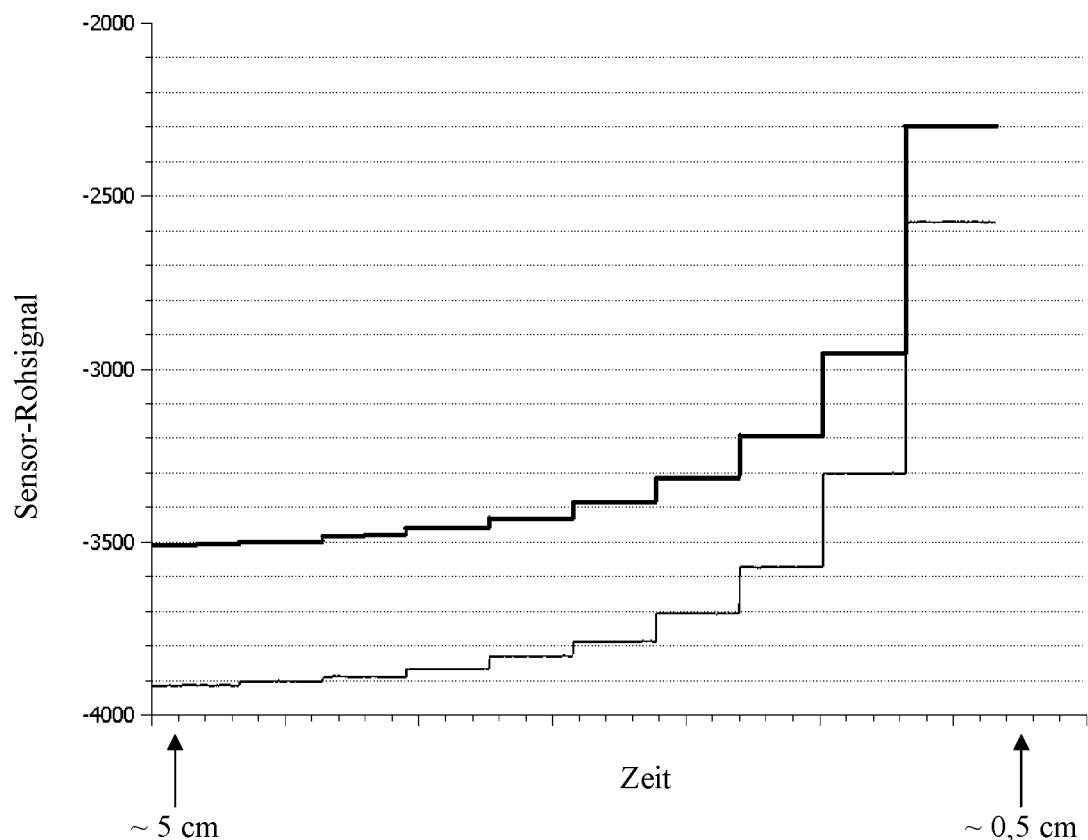


Fig. 2

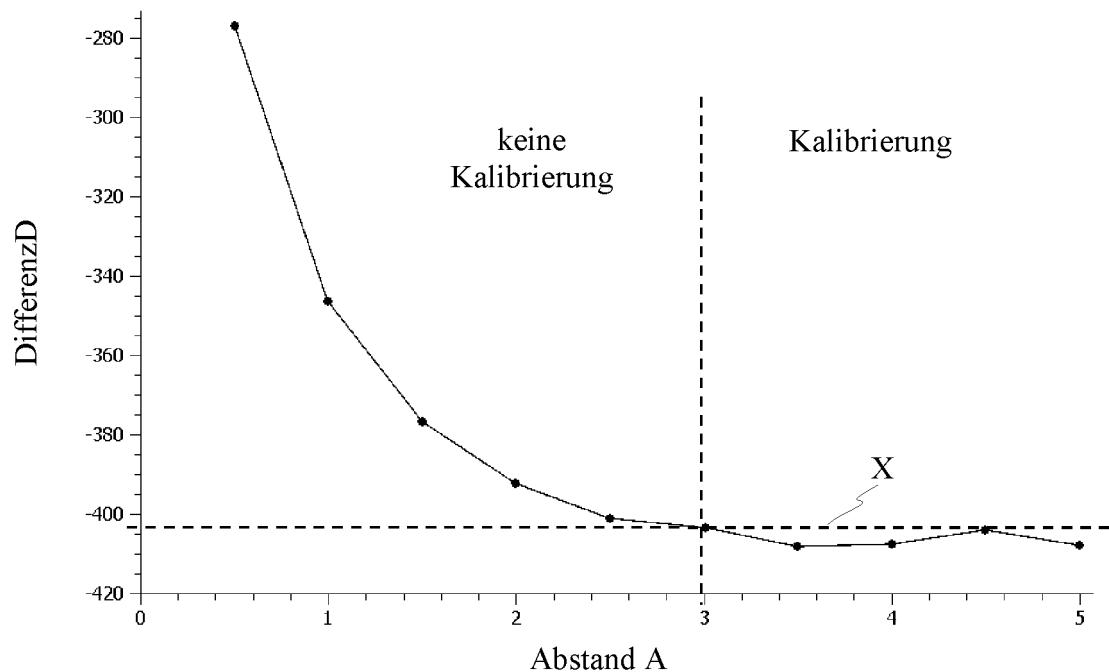


Fig. 3

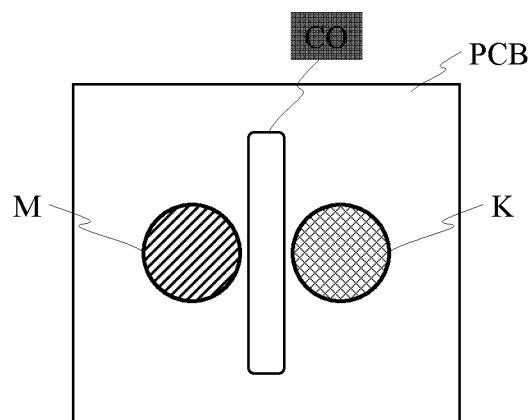


Fig. 4a

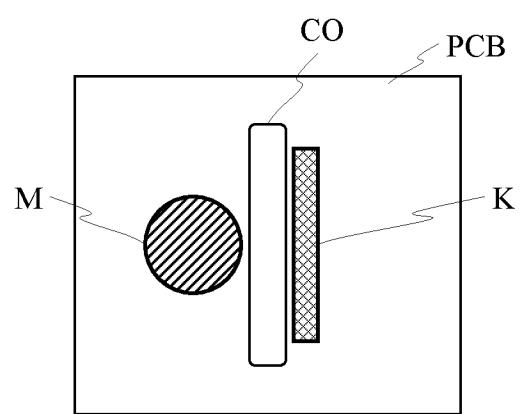


Fig. 4b