

## (12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum

Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum

28. Juli 2022 (28.07.2022)

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer

WO 2022/157054 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:

*G01R 27/26 (2006.01) H03K 17/96 (2006.01)*  
*G01D 5/24 (2006.01)*

NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW.

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2022/050579

(22) Internationales Anmeldedatum:

13. Januar 2022 (13.01.2022)

(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

(25) Einreichungssprache:

Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache:

Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:

10 2021 101 132.9  
20. Januar 2021 (20.01.2021) DE

## Veröffentlicht:

- mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)

(71) Anmelder: VALEO SCHALTER UND SENSOREN GMBH [DE/DE]; Laiernstr. 12, 74321 Bietigheim-Bissingen (DE).

(72) Erfinder: SCHMITT, Martin; c/o Valeo Klimasysteme GmbH, Werner-von-Siemens-Str. 6, 96476 Bad Rodach (DE). MUSAT, Ciprian; c/o Valeo Comfort and Driving Assistance, 76 rue Auguste Perret, 94046 Creteil (FR).

(74) Anwalt: RALF, Thorge; Laiernstr. 12, 74321 Bietigheim-Bissingen (DE).

(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, IT, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI,

(54) Title: INTERFERENCE-INSENSITIVE DETERMINATION OF A CAPACITANCE

(54) Bezeichnung: STÖRUNGSUNEMPFLINDLICHE BESTIMMUNG EINER KAPAZITÄT

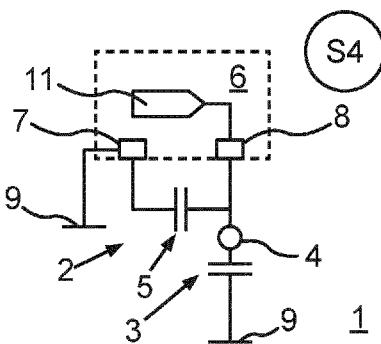


Fig. 1e

(57) Abstract: According to a method for determining the capacitance of a capacitive element (3), during each measurement cycle of a plurality of successive measurement cycles, the capacitive element (3) is charged, and then a charge quantity is transferred to a further capacitive element (5). After the plurality of measurement cycles, a measurement value relating to the total charge quantity transferred is determined, and the capacitance of the capacitive element (3) is determined as a function of the measurement value. A first duration is defined for a first subset of the plurality of measurement cycles, and a different second duration is defined for a second subset of the plurality of measurement cycles.

(57) Zusammenfassung: Gemäß einem Verfahren zur Bestimmung einer Kapazität eines kapazitiven Elements (3) wird während jedes Messzyklus einer Vielzahl aufeinanderfolgender Messzyklen das kapazitive Element (3) geladen und anschließend eine Ladungsmenge auf ein weiteres kapazitives Element (5) übertragen. Nach der Vielzahl von Messzyklen wird ein Messwert betreffend eine übertragene Gesamtladungsmenge bestimmt und die Kapazität des kapazitiven Elements (3) wird abhängig von dem Messwert bestimmt. Dabei wird für eine erste Untermenge der Vielzahl von Messzyklen eine erste Zeitdauer festgelegt und für eine zweite Untermenge der Vielzahl von Messzyklen eine davon abweichende zweite Zeitdauer.

## Störungsunempfindliche Bestimmung einer Kapazität

5

Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zur Bestimmung einer Kapazität eines kapazitiven Elements, wobei während jedes Messzyklus einer Vielzahl aufeinanderfolgenden Messzyklen das kapazitive Element geladen wird und anschließend eine Ladungsmenge von dem kapazitiven Element auf ein weiteres kapazitives Element übertragen wird und nach der Vielzahl von Messzyklen ein Messwert betreffend eine während der Vielzahl von Messzyklen insgesamt auf das weitere kapazitive Element übertragene Gesamtladungsmenge bestimmt wird und die Kapazität des kapazitiven Elements abhängig von dem Messwert bestimmt wird. Die Erfindung betrifft ferner eine entsprechende Messanordnung zur Bestimmung einer Kapazität, ein Benutzereingabegerät mit einem kapazitiven Element und ein Computerprogrammprodukt.

Im Dokument US 6,466,036 B1 wird ein Pulsschaltkreis zur Messung der Kapazität eines Sensorplättchens angegeben, der dazu in der Lage ist, wiederholt auf dem Sensorplättchen akkumulierte Ladung auf einen Kondensator zu übertragen und nach einer Vielzahl von Wiederholungen die übertragene Ladungsmenge auszulesen beziehungsweise eine entsprechende Spannung auszulesen, um die Kapazität des Sensorplättchens zu bestimmen.

Solche Schaltkreise können beispielsweise zur kapazitiven Erkennung von Benutzereingaben verwendet werden, wobei die Annäherung oder Berührung des Sensorplättchens durch den Benutzer die Kapazität der Sensorplatte ändert und dadurch die Berührung oder Annäherung detektiert werden kann. Insbesondere kann eine solche Berührungserkennung für Anwendungen im Innenraum von Kraftfahrzeugen eingesetzt werden, beispielsweise bei der Erkennung der Betätigung von berührungsempfindlichen Bedienfeldern oder Bedienelementen.

Da die individuellen Ladungsübertragungen von dem Sensorplättchen auf den weiteren Kondensator wiederholt mit einer vorab festgelegten Frequenz erfolgen, können die entsprechenden Schaltkreise und Messverfahren durch externe Störeinflüsse mit ähnlichen Frequenzen beeinflusst werden. Dadurch können Genauigkeit und

Zuverlässigkeit der Bestimmung der Kapazität und dementsprechend die Zuverlässigkeit der Erkennung der Berührung reduziert werden.

Bestimmten Frequenzbereichen kann mit analogen Tiefpassfiltern beziehungsweise 5 digitalen Filtern begegnet werden. Bei typischen Abtastfrequenzen in der Größenordnung von 10 µs und einer entsprechenden Shannon- oder Nyquist-Frequenz in der Größenordnung von 50 kHz bleiben beispielsweise Störungen oberhalb der Shannon-Frequenz und unterhalb einer Grenze für die Tiefpassfilterung in der Größenordnung von einem oder mehreren MHz unberücksichtigt.

10

Vor diesem Hintergrund ist eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein verbessertes Konzept zum Bestimmen einer Kapazität eines kapazitiven Elements anzugeben, durch das der Einfluss von externen Störungen, insbesondere in Form von elektromagnetischen Wellen, reduziert werden kann.

15

Diese Aufgabe wird gelöst durch den jeweiligen Gegenstand der unabhängigen Ansprüche. Vorteilhafte Weiterbildungen und bevorzugte Ausführungsformen sind Gegenstand der abhängigen Ansprüche.

20

Das verbesserte Konzept beruht auf der Idee, die Abtastfrequenz beziehungsweise eine entsprechende Zeitdauer einer Vielzahl aufeinanderfolgender Messzyklen zu verändern.

25

Gemäß dem verbesserten Konzept wird ein Verfahren zur Bestimmung einer Kapazität eines kapazitiven Elements angegeben. Dabei wird das kapazitive Element während jedes Messzyklus einer Vielzahl aufeinanderfolgender Messzyklen geladen, insbesondere partiell geladen, und anschließend wird innerhalb desselben Messzyklus eine

30

Ladungsmenge von dem kapazitiven Element auf ein weiteres kapazitives Element übertragen. Nach der Vielzahl von Messzyklen, also insbesondere nach Ende aller Messzyklen der Vielzahl von Messzyklen, wird, insbesondere mittels einer Recheneinheit, ein Messwert betreffend eine während der Vielzahl von Messzyklen insgesamt auf das weitere kapazitive Element übertragene Gesamtladungsmenge bestimmt. Die Kapazität des kapazitiven Elements wird, insbesondere mittels der Recheneinheit, abhängig von dem Messwert bestimmt. Die Vielzahl von Messzyklen enthält dabei eine erste

35

Untermenge von Messzyklen sowie eine zweite Untermenge von Messzyklen. Für die erste Untermenge wird mittels der Recheneinheit eine erste Zeitdauer festgelegt und für die zweite Untermenge wird mittels der Recheneinheit eine zweite Zeitdauer festgelegt, die sich von der ersten Zeitdauer unterscheidet.

Die Zeitdauer eines Messzyklus entspricht dabei der Zeit, die von Anfang bis zum Ende des gesamten jeweiligen Messzyklus verstreicht. Die Zeitdauer eines Messzyklus kann also als inverse Abtastfrequenz verstanden werden. Die erste und die zweite Zeitdauer 5 werden also insbesondere mittels der Recheneinheit festgelegt, bevor oder wenn der jeweilige Messzyklus beginnt.

Mit anderen Worten besitzt jeder Messzyklus der ersten Untermenge die erste Zeitdauer, und jeder Messzyklus der zweiten Untermenge besitzt die zweite Zeitdauer.

10

Die Messzyklen der ersten Zeitdauer folgen insbesondere nicht alle aufeinander. Dementsprechend folgen auch die Messzyklen der zweiten Untermenge nicht alle aufeinander. Beispielsweise kann nach jedem Messzyklus der ersten Untermenge zuerst ein Messzyklus der zweiten Untermenge folgen bevor wieder ein weiterer Messzyklus der 15 ersten Untermenge folgt und so weiter. Die Vielzahl von Messzyklen kann außer der ersten und der zweiten Untermenge auch eine oder mehrere weitere Untermengen mit jeweils wiederum verschiedenen weiteren Zeitdauern beinhalten. Im Verlauf der Vielzahl von Messzyklen können sich dabei Messzyklen mit unterschiedlichen Zeitdauern, also Messzyklen aus unterschiedlichen Untermengen, abwechseln, so dass sich die jeweilige 20 Zeitdauer zweier aufeinanderfolgender Messzyklen der Vielzahl von Messzyklen stets voneinander unterscheidet.

25

Zum Bestimmen des Messwerts kann beispielsweise eine an dem weiteren kapazitiven Element anliegende Spannung beziehungsweise die über dem weiteren kapazitiven Element abfallende Spannung gemessen werden. Der Messwert entspricht also insbesondere einem Spannungswert oder hängt von einem entsprechenden Spannungswert des weiteren kapazitiven Elements ab. Die Spannungsmessung zur Bestimmung des Messwerts erfolgt dabei insbesondere erst, wenn die Vielzahl von Messzyklen beendet ist.

30

Die während eines Messzyklus von dem kapazitiven Element auf das weitere kapazitive Element übertragene Ladungsmenge entspricht nicht notwendigerweise genau der Ladungsmenge, die beim Laden des kapazitiven Elements während desselben Messzyklus auf das kapazitive Element geladen wurde. Beispielsweise kann beim Laden 35 des kapazitiven Elements ein Ladungsausgleich zwischen dem kapazitiven Element und dem weiteren kapazitiven Element unterbunden werden und zum Übertragen der

Ladungsmenge kann der Ladungsausgleich zwischen dem kapazitiven Element und dem weiteren kapazitiven Element zugelassen werden.

Während die Ladung sich im Verlauf der Vielzahl von aufeinanderfolgenden Messzyklen

- 5 auf dem weiteren kapazitiven Element zur Gesamtladungsmenge akkumuliert, kann das kapazitive Element beispielsweise nach jedem einzelnen Messzyklus oder innerhalb jedes einzelnen Messzyklus entladen, also zurückgesetzt, werden.

Ein Messzyklus kann also mehrere aufeinanderfolgende Abschnitte beinhalten, die

- 10 unterschiedlichen Zuständen des kapazitiven Elements und des weiteren kapazitiven Elements beziehungsweise eines Schaltkreises mit dem kapazitiven Element und dem weiteren kapazitiven Element entsprechen. Das kapazitive Element kann beispielsweise als Kondensator ausgestaltet sein oder eine einzelne Sensorfläche beinhalten, wobei die Kapazität des kapazitiven Elements dann beispielsweise durch die Eigenkapazität der  
15 Sensorfläche, beispielsweise gegenüber einem Massepotential, gegeben sein kann.

Das weitere kapazitive Element kann ebenfalls als Kondensator ausgestaltet sein. Die

Dimensionierung des weiteren kapazitiven Elements ist dabei insbesondere derart gewählt, dass eine Kapazität des weiteren kapazitiven Elements um ein Vielfaches größer  
20 ist eine maximale Kapazität des kapazitiven Elements, beispielsweise um einen Faktor in der Größenordnung 10 bis 1000 größer, insbesondere in der Größenordnung 100 bis 1000 größer.

Indem die Bestimmung der Kapazität des kapazitiven Elements also indirekt über die auf

- 25 das weitere kapazitive Element übertragene Gesamtladungsmenge erfolgt, kann die Genauigkeit bei der Kapazitätsbestimmung signifikant erhöht werden, da nicht die sehr viel geringeren Spannungen, die an dem kapazitiven Element selbst anliegen, gemessen und ausgewertet werden müssen.

30 Dadurch, dass die jeweiligen Messzyklen der ersten und der zweiten Untermenge

voneinander verschiedene Zeitdauern aufweisen, sich die Abtastfrequenz während der Vielzahl von Messzyklen also verändert, wird der Einfluss durch externe Störungen, die elektromagnetischen Wellen mit einer näherungsweise monofrequenten spektralen Charakteristik entsprechen, reduziert. Insbesondere kann eine solche externe Störung  
35 zwar einzelne Messzyklen der Vielzahl von Messzyklen beeinflussen, in der Regel wird sie jedoch nicht alle Messzyklen beeinflussen, da diese entsprechend verstimmte Zeitdauern oder Abtastfrequenzen aufweisen. Beeinflusst die externe Störung

beispielsweise die erste Untermenge von Messzyklen, weil eine dominante Frequenz der externen Störung der näherungsweise dem Inversen der ersten Zeitdauer entspricht, so beeinflusst sie nicht die Messzyklen der zweiten Untermenge und umgekehrt.

5 Gemäß zumindest einer Ausführungsform des Verfahrens nach dem verbesserten Konzept enthält jeder der Messzyklen einen Ladeabschnitt, wobei das Laden des kapazitiven Elements während des Ladeabschnitts erfolgt, insbesondere ausschließlich während des Ladeabschnitts. Jeder der Messzyklen weist außerdem einen Übertragungsabschnitt auf, wobei das Übertragen der Ladungsmenge von dem 10 kapazitiven Element auf das weitere kapazitive Element während des Übertragungsabschnitts erfolgt, insbesondere ausschließlich während des Übertragungsabschnitts.

Der Übertragungsabschnitt liegt dabei nach dem Ladeabschnitt desselben Messzyklus, 15 folgt aber nicht notwendigerweise unmittelbar auf diesen. Insbesondere beinhaltet jeder Messzyklus der Vielzahl von Messzyklen eine Vielzahl aufeinanderfolgender Abschnitte, die den Ladeabschnitt und den Übertragungsabschnitt enthalten. Der Unterschied der ersten Zeitdauer von der zweiten Zeitdauer beispielsweise in einem einzigen der Abschnitte realisiert werden oder auf mehrere Abschnitte verteilt sein.

20 Gemäß zumindest einer Ausführungsform wird zum Festlegen der ersten Zeitdauer eine erste Ladedauer für den jeweiligen Ladeabschnitt der Messzyklen der ersten Untermenge festgelegt, und zum Festlegen der zweiten Zeitdauer wird eine zweite Zeitdauer für den jeweiligen Ladeabschnitt der Messzyklen der zweiten Untermenge festgelegt, wobei die 25 zweite Ladedauer von der ersten Ladedauer unterscheidet.

Insbesondere ist die erste Ladedauer für alle Ladeabschnitte der Messzyklen der Untermenge dieselbe und analog ist die zweite Ladedauer für alle Ladeabschnitte der Messzyklen der zweiten Untermenge dieselbe.

30 Gemäß zumindest einer Ausführungsform wird zum Festlegen der ersten Zeitdauer eine erste Übertragungsdauer für den jeweiligen Übertragungsabschnitt der Messzyklen der ersten Untermenge festgelegt, und zum Festlegen der zweiten Zeitdauer wird eine zweite Übertragungsdauer für den jeweiligen Übertragungsabschnitt der Messzyklen der zweiten 35 Untermenge festgelegt, wobei sich die zweite Übertragungsdauer von der ersten Übertragungsdauer unterscheidet.

Insbesondere können zum Festlegen der ersten und der zweiten Zeitspanne lediglich die entsprechenden ersten und zweiten Übertragungsabschnitte unterschiedlich voneinander festgelegt werden, wohingegen die Ladedauer für alle Ladeabschnitte der Messzyklen der Vielzahl von Messzyklen, also insbesondere der ersten und der zweiten Untermenge, 5 gleich ist.

Im Prinzip können beliebige Abschnitte des Messzyklus in ihrer Zeitspanne verändert werden. Je nach Ausführungsform des entsprechenden Schaltkreises kann es vorteilhaft sein, die Übertragungsabschnitte der Übertragungsabschnitte zu verändern, um Leckströme 10 in die Auswertelektronik zu vermeiden.

Gemäß zumindest einer Ausführungsform weist jeder der Messzyklen einen Zwischenabschnitt zwischen dem Ladeabschnitt und dem ersten Übertragungsabschnitt auf, wobei das kapazitive Element während des Zwischenabschnitts weder geladen oder 15 entladen wird.

Gemäß zumindest einer Ausführungsform weist jeder der Messzyklen einen weiteren Zwischenabschnitt vor dem Ladeabschnitt oder nach dem Übertragungsabschnitt auf, wobei das kapazitive Element während des weiteren Zwischenabschnitts weder geladen 20 noch entladen wird.

Beispielsweise kann jeder Messzyklus den Ladeabschnitt, den Zwischenabschnitt, den Übertragungsabschnitt und den weiteren Zwischenabschnitt in dieser Reihenfolge beinhalten oder daraus bestehen. Alternativ kann jeder der Messzyklen den weiteren 25 Zwischenabschnitt, den Ladeabschnitt, den Zwischenabschnitt und den Übertragungsabschnitt in dieser Reihenfolge beinhalten oder daraus bestehen.

Wie oben erläutert, kann durch entsprechende Beschaltung des kapazitiven Elements und des weiteren kapazitiven Elements ein Ladungsausgleich zwischen dem kapazitiven 30 Element und dem weiteren kapazitiven Element während des Ladeabschnitts unterbunden werden und während des Übertragungsabschnitts zugelassen werden. Durch die Zwischenabschnitte kann vermieden werden, dass beim Umschalten von dem Ladeabschnitt zu dem Übertragungsabschnitt oder umgekehrt Leckströme von dem weiteren kapazitiven Element ausgehend die Messung verfälschen.

35 Gemäß zumindest einer Ausführungsform wird zum Festlegen der ersten Zeitspanne eine erste Zwischendauer für den jeweiligen Zwischenabschnitt der Messzyklen der ersten

Untermenge festgelegt, und zum Festlegen der zweiten Zeitdauer wird eine zweite Zwischendauer für den jeweiligen Zwischenabschnitt der Messzyklen der zweiten Untermenge festgelegt, wobei sich die zweite Zwischendauer von der ersten Zwischendauer unterscheidet.

5

Gemäß zumindest einer Ausführungsform wird zum Festlegen der ersten Zeitdauer eine erste weitere Zwischendauer für den jeweiligen weiteren Zwischenabschnitt der Messzyklen der ersten Untermenge festgelegt, und zum Festlegen der zweiten Zeitdauer wird eine zweite weitere Zwischendauer für den jeweiligen weiteren Zwischenabschnitt der Messzyklen der zweiten Untermenge festgelegt, wobei sich die zweite weitere Zwischendauer von der ersten weiteren Zwischendauer unterscheidet.

10

Gemäß zumindest einer Ausführungsform wird mittels der Recheneinheit für jeden Messzyklus der Vielzahl von Messzyklen ein Zählerstand eines Zählers gesetzt und eine Zeitdauer für den jeweiligen Messzyklus abhängig von dem jeweiligen gesetzten Zählerstand festgelegt.

15

Die auf diese Weise festgelegten Zeitdauern für die Messzyklen der Vielzahl von Messzyklen beinhalten insbesondere die erste Zeitdauer für die erste Untermenge von Messzyklen sowie die zweite Zeitdauer für die zweite Untermenge von Messzyklen.

Insbesondere erfolgt eine eindeutige Zuordnung des jeweiligen gesetzten Zählerstandes zu einer entsprechenden Zeitdauer. Mit anderen Worten kann der Zähler eine vorgegebene endliche Menge von Zählerständen annehmen, wobei jeder der Zählerstände genau einer Zeitdauer entspricht. Die erste Zeitdauer entspricht also beispielsweise einem ersten Zählerstand, und die zweite Zeitdauer entspricht einem zweiten Zählerstand, der von dem ersten Zählerstand verschieden ist.

Der Zähler kann dabei insbesondere als Hardware oder als Software implementiert sein.

20

Der Zähler kann beispielsweise als binärer Zähler ausgestaltet sein, so dass der Zähler eine Anzahl von  $n$  Bits kodieren kann, wobei  $n \geq 1$  ist, vorzugsweise  $n \geq 2$ , beispielsweise gleich  $n = 3$ ,  $n = 4$  oder  $n = 5$ . Dementsprechend ist die Anzahl der Zählerstände und somit die Anzahl der kodierbaren Zeiträume für die Messzyklen gleich  $2^n$ .

35

Die Anzahl der Messzyklen der Vielzahl von Messzyklen kann prinzipiell größer oder kleiner als  $2^n$  sein, ist vorzugsweise jedoch größer als  $2^n$ . Für  $n = 3$ ,  $n = 4$ ,  $n = 5$  oder  $n = 6$  ergäbe sich entsprechend  $2^n = 8$ ,  $2^n = 16$ ,  $2^n = 32$  beziehungsweise  $2^n = 64$ . Die Anzahl

der Messzyklen der Vielzahl von Messzyklen ist vorzugsweise größer oder gleich 100, beispielsweise größer oder gleich 200, größer oder gleich 300, größer oder gleich 400 oder größer oder gleich 500. Beispielsweise liegt die Anzahl der Messzyklen der Vielzahl von Messzyklen im Bereich zwischen 100 und 1000.

5

In Ausführungsformen, in denen die Anzahl der Messzyklen größer ist als  $2^n$ , durchläuft der Zähler also insbesondere mehrfach alle seine möglichen Zählerstände.

Dementsprechend haben in solchen Ausführungsformen mindestens zwei Messzyklen

der Vielzahl von Messzyklen dieselbe Zeitdauer. Dies ist jedoch nicht notwendigerweise

10 der Fall. Falls aus anwendungsspezifischer Sicht größere Zähler in Frage kommen, also insbesondere größere Werte für  $n$ , kann  $2^n$  auch größer oder gleich der Anzahl von Messzyklen sein, beispielsweise für eine Anzahl von Messzyklen gleich 300 und  $n \geq 9$ .

Durch die Verwendung des Zählers in der beschriebenen Weise kann eine besonders

15 einfache Variation der Zeitdauern der Messzyklen erreicht werden.

Beispielsweise kann der Zählerstand ausgehend von einem initialen Zählerstand für jeden der Messzyklen der Vielzahl von Messzyklen um ein vorgegebenes Inkrement, beispielsweise um 1, erhöht werden, solange der Zählerstand kleiner oder gleich einem 20 vorgegebenen maximalen Zählerstand ist. Der Zählerstand kann auf den initialen Zählerstand zurückgesetzt werden, wenn der Zählerstand den maximalen Zählerstand erreicht hat.

Der initiale Zählerstand kann beispielsweise gleich 0 sein und der maximale Zählerstand

25 gleich  $2^{n-1}$ , wobei das Inkrement gleich 1 ist. Dabei kann der Zählerstand beispielsweise zu Beginn, während oder kurz vor jedem der Messzyklen entsprechend verändert werden.

Gemäß zumindest einer Ausführungsform gilt der Zusammenhang  $N \leq M$ , wobei  $M$  die Anzahl der Messzyklen der Vielzahl von Messzyklen bezeichnet,  $(N-1)*I$  eine ganze Zahl

30 ist, die eine Differenz zwischen dem maximalen Zählerstand und dem initialen Zählerstand bezeichnet und  $I$  das Inkrement bezeichnet.

Gemäß zumindest einer Ausführungsform wird mittels der Recheneinheit für jeden

Messzyklus der Vielzahl von Messzyklen die jeweilige Zeitdauer als Summe einer

35 vorgegebenen, für alle Messzyklen der Vielzahl von Messzyklen konstanten

Mindestzeitdauer und einer von dem jeweiligen gesetzten Zählerstand abhängigen zusätzlichen Zeitdauer festgelegt.

Die zusätzliche Zeitdauer ist dabei insbesondere direkt proportional zu dem Zählerstand. Der maximale Zählerstand entspricht dabei also insbesondere einer maximalen zusätzlichen Zeitdauer.

5

Die maximale zusätzliche Zeitdauer kann dabei insbesondere kleiner sein als die Mindestzeitdauer. Beispielsweise ist die maximale zusätzliche Zeitdauer kleiner oder gleich 10% der Mindestzeitdauer, beispielsweise kleiner oder gleich 5 % der Mindestzeitdauer oder kleiner oder gleich 1 % der Mindestzeitdauer. Die Mindestzeitdauer kann beispielsweise zwischen 0,5 % und 5 % oder zwischen 0,5 % und 2 % der Mindestzeitdauer liegen. Es hat sich gezeigt, dass solche Variationen der Zeitdauer gut geeignet sind, um Einflüsse externer Störungen ausreichend zu reduzieren.

Gemäß zumindest einer Ausführungsform liegt die Mindestzeitdauer in einem Bereich von 0,5  $\mu$ s und 30  $\mu$ s, insbesondere in einem Bereich zwischen 1  $\mu$ s und 20  $\mu$ s.

Gemäß zumindest einer Ausführungsform ist die jeweilige zusätzliche Zeitdauer kleiner oder gleich einem Zehntel der Mindestzeitdauer, insbesondere kleiner oder gleich einem Fünfzigstel der Mindestzeitdauer, beispielsweise kleiner oder gleich einem Hundertstel der Mindestzeitdauer.

Gemäß dem verbesserten Konzept wird auch ein Verfahren zur Detektion einer Benutzereingabe angegeben, wobei die Benutzereingabe die Berührung eines kapazitiven Elements durch einen Benutzer beinhaltet. Das Verfahren zur Detektion der Benutzereingabe nach dem verbesserten Konzept beinhaltet die Durchführung eines Verfahrens zur Bestimmung einer Kapazität des kapazitiven Elements gemäß dem verbesserten Konzept. Die so bestimmte Kapazität des kapazitiven Elements wird mittels der Recheneinheit mit einem vorgegebenen Schwellwert verglichen, und die Benutzereingabe oder die Berührung wird mittels der Recheneinheit abhängig von einem Ergebnis des Vergleichs detektiert.

Gemäß dem verbesserten Konzept wird auch eine Messanordnung zur Bestimmung einer Kapazität eines kapazitiven Elements angegeben. Die Messanordnung weist einen Anschluss auf, um das kapazitive Element mit der Messanordnung zu verbinden und einen Schaltkreis. Der Schaltkreis ist dazu eingerichtet, während jedes Messzyklus einer Vielzahl von aufeinanderfolgenden Messzyklen das kapazitive Element mit einer Spannungsquelle zu verbinden, um das kapazitive Element zu laden und anschließend

eine Ladungsmenge von dem kapazitiven Element auf ein weiteres kapazitives Element der Messanordnung zu übertragen. Die Messanordnung weist eine Recheneinheit auf, die dazu eingerichtet ist, nach der Vielzahl von Messzyklen einen Messwert betreffend eine während der Vielzahl von Messzyklen insgesamt auf das weitere kapazitive Element

- 5 übertragene Gesamtladungsmenge zu bestimmen und die Kapazität des kapazitiven Elements abhängig von den Messwerten zu bestimmen. Die Recheneinheit ist dazu eingerichtet, für eine erste Untermenge der Vielzahl von Messzyklen eine erste Zeitdauer festzulegen und für eine zweite Untermenge der Vielzahl von Messzyklen eine zweite Zeitdauer festzulegen, die sich von der ersten Zeitdauer unterscheidet.

10

Im Allgemeinen ist das kapazitive Element nicht notwendigerweise Bestandteil der Messanordnung. In verschiedenen Ausführungsformen kann die Messanordnung, insbesondere der Schaltkreis, jedoch das kapazitive Element beinhalten. Das weitere kapazitive Element kann beispielsweise ebenfalls Teil des Schaltkreises sein.

15

Ebenso ist im Allgemeinen die Spannungsquelle nicht notwendigerweise Bestandteil der Messanordnung. Die Messanordnung kann in verschiedenen Ausführungsformen aber auch die Spannungsquelle beinhalten.

20

Um das kapazitive Element mit der Spannungsquelle zu verbinden beziehungsweise um die Ladungsmenge von dem kapazitiven Element auf das weitere kapazitive Element zu übertragen, kann der Schaltkreis beispielsweise entsprechende Schaltelemente sowie eine Steuerung zur Steuerung der Schaltelemente aufweisen. Die Steuerung kann in verschiedenen Ausgestaltungsformen auch Teil der Recheneinheit sein.

25

Die Recheneinheit kann insbesondere einen Mikrocontroller beinhalten.

30

Gemäß zumindest einer Ausführungsform beinhaltet die Recheneinheit einen Analog-Digital-Wandler, ADC, der mit dem weiteren kapazitiven Element verbindbar ist, um den Messwert zu bestimmen.

35

Weitere Ausführungsformen der Messanordnung nach dem verbesserten Konzept folgen direkt aus den verschiedenen Ausgestaltungsformen des Verfahrens zur Bestimmung einer Kapazität nach dem verbesserten Konzept sowie des Verfahrens zur Detektion einer Benutzereingabe nach dem verbesserten Konzept und jeweils umgekehrt. Insbesondere kann eine Messanordnung nach dem verbesserten Konzept dazu

eingerichtet sein, ein Verfahren nach dem verbesserten Konzept durchzuführen oder führt ein solches Verfahren durch.

Gemäß dem verbesserten Konzept wird auch ein Benutzereingabegerät, auch als

- 5 Benutzereingabeschnittstelle bezeichnet, angegeben, insbesondere ein Benutzereingabegerät zur Verwendung in einem Kraftfahrzeuginnenraum. Das Benutzereingabegerät weist ein kapazitives Element auf, das zur Berührung durch einen Benutzer angeordnet ist. Das Benutzereingabegerät enthält eine Messanordnung zur Bestimmung einer Kapazität des kapazitiven Elements gemäß dem verbesserten  
10 Konzept.

Gemäß dem verbesserten Konzept wird auch ein Computerprogrammprodukt mit

Befehlen angegeben. Bei Ausführung der Befehle durch eine Recheneinheit einer Messanordnung nach dem verbesserten Konzept veranlassen die Befehle die

- 15 Messanordnung dazu, ein Verfahren nach dem verbesserten Konzept durchzuführen.

Das Computerprogrammprodukt kann beispielsweise als Computerprogramm mit den Befehlen ausgestaltet sein. Das Computerprogrammprodukt kann auch als

computerlesbares Speichermedium mit einem Computerprogramm ausgestaltet sein, das die Befehle beinhaltet.

- Weitere Merkmale der Erfindung ergeben sich aus den Ansprüchen, den Figuren und der Figurenbeschreibung. Die vorstehend in der Beschreibung genannten Merkmale und Merkmalskombinationen sowie die nachfolgend in der Figurenbeschreibung genannten und/oder in den Figuren alleine gezeigten Merkmale und Merkmalskombinationen können nicht nur in der jeweils angegebenen Kombination, sondern auch in anderen Kombinationen von dem verbesserten Konzept umfasst sein. Es sind somit auch solche Ausführungen des verbesserten Konzepts umfasst und offenbart, die in den Figuren nicht explizit gezeigt und/oder erläutert sind, jedoch durch separierte Merkmalskombinationen aus den erläuterten Ausführungen hervorgehen und erzeugbar sind. Es sind somit insbesondere auch Ausführungen und Merkmalskombinationen umfasst und offenbart, die nicht alle Merkmale eines ursprünglich formulierten Anspruchs aufweisen. Es sind darüber hinaus Ausführungen und Merkmalskombinationen umfasst und offenbart, die über die in den Rückbezügen der Ansprüche dargelegten Merkmalskombinationen hinausgehen oder von denen abweichen.

In den Figuren zeigen:

Fig. 1a eine schematische Darstellung einer beispielhaften Ausführungsform einer Messanordnung gemäß dem verbesserten Konzept in einem Initialisierungszustand;

5

Fig. 1b eine schematische Darstellung der Messanordnung aus Fig. 1a in einem Zwischenzustand;

10

Fig. 1c eine schematische Darstellung der Messanordnung aus Fig. 1c und Fig. 1c in einem Ladezustand;

Fig. 1d eine schematische Darstellung der Messanordnung aus Fig. 1a bis 1c in einem Übertragungszustand;

15

Fig. 1e eine schematische Darstellung der Messanordnung aus Fig. 1a bis Fig. 1d in einem Auslesezustand;

20

Fig. 2 ein Ablaufdiagramm einer beispielhaften Ausführungsform eines Verfahrens gemäß dem verbesserten Konzept; und

Fig. 3 eine schematische Darstellung eines Messzyklus in einem Verfahren nach dem verbesserten Konzept.

25

In Fig. 1a bis Fig. 1e ist eine beispielhafte Ausführungsform einer Messanordnung 2 nach dem verbesserten Konzept dargestellt, die beispielsweise Teil eines Benutzereingabegeräts 1, beispielsweise zum Einsatz im Innenraum eines Kraftfahrzeugs (nicht dargestellt). Die Fig. 1a bis Fig. 1e stellen dabei unterschiedliche Zustände der Messanordnung 2 entsprechend unterschiedlicher Abschnitte von Messzyklen in einem Verfahren nach dem verbesserten Konzept dar. Ein zugehöriges Ablaufdiagramm eines Verfahrens zur Detektion einer Benutzereingabe nach dem verbesserten Konzept ist in Fig. 2 dargestellt.

30

Das Benutzereingabegerät 1 weist ein kapazitives Element 3 auf, das zur Berührung durch einen Benutzer angeordnet und eingerichtet ist. Das kapazitive Element 3 kann beispielsweise als berührungsempfindliche Folie oder berührungsempfindliches

35

Sensorplättchen ausgestaltet sein. Der Benutzer kann eine Oberfläche des kapazitiven Elements 3 beispielsweise berühren oder sich ihr mit einem Finger nähern, um eine Benutzereingabe zu tätigen. Durch die Annäherung oder Berührung des kapazitiven Elements 3 durch den Benutzer ändert sich dessen Kapazität. Die Messanordnung 2 ist 5 dazu in der Lage, die Kapazität des kapazitiven Elements 3 zu bestimmen und basierend darauf auf das Vorliegen der Benutzereingabe zu schließen.

Die gemessene Kapazität des kapazitiven Elements 3 kann daher als Eigenkapazität gegenüber einem Massepotential verstanden werden. Daher ist in den Figuren Fig. 1a bis 10 Fig. 1e das kapazitive Element 3 ebenfalls als Kondensator dargestellt, dessen erster Anschluss mit einem Referenzpotentialanschluss 9, insbesondere einem Masseanschluss, verbunden ist.

Die Messanordnung 2 weist einen Anschluss 4 auf, um das kapazitive Element 3, 15 insbesondere den ersten Anschluss des kapazitiven Elements 3, mit der Messanordnung 2 zu verbinden, sowie ein weiteres kapazitives Element 5, das beispielsweise als Kondensator ausgestaltet sein kann.

Ein zweiter Anschluss des kapazitiven Elements 3 ist mit einem ersten Anschluss des 20 weiteren kapazitiven Elements 5 verbunden. Der zweite Anschluss des kapazitiven Elements 3 ist dabei insbesondere direkt mit dem Sensorplättchen oder der berührungsempfindlichen Folie oder dergleichen verbunden oder wird dadurch gebildet. Ein zweiter Anschluss des weiteren kapazitiven Elements 5 ist mit einem ersten Anschluss 7 einer Recheneinheit 6 der Messanordnung 2 verbunden. Ein zweiter 25 Anschluss 8 der Recheneinheit 6 ist mit dem zweiten Anschluss des kapazitiven Elements sowie mit dem ersten Anschluss des weiteren kapazitiven Elements 5 verbunden. Die Recheneinheit 6 kann beispielsweise einen Mikrocontroller oder einen sonstigen integrierten Schaltkreis beinhalten.

30 Die Messanordnung 2 weist auch einen Schaltkreis auf, der in den Figuren Fig. 1a bis Fig. 1e nicht separat dargestellt ist. Der Schaltkreis beinhaltet eine Steuerung sowie mehrere Schaltelemente, die von der Steuerung angesteuert werden können. Die Steuerung kann auch Teil der Recheneinheit 6 sein. Die Schaltelemente sind angeordnet und dazu eingerichtet, angesteuert durch die Steuerung, die Anschlüsse 7 und 8 der 35 Recheneinheit 6 je nach aktuellem Zustand der Messanordnung 2 mit dem Referenzpotentialanschluss 9 zu verbinden oder von diesem zu trennen. Anhand der Schaltelemente kann die Steuerung des Weiteren eine Spannungsquelle 10, die

beispielsweise Teil der Messanordnung 2 oder des Benutzereingabegeräts 1 sein kann oder extern zu diesen vorgesehen sein kann, mit dem zweiten Anschluss 8 der Recheneinheit 6 verbinden beziehungsweise die Verbindung trennen, je nach Zustand der Messanordnung 2.

5

Die Recheneinheit 6 weist außerdem einen Analog-Digital-Wandler, ADC, 11 auf, der mit dem zweiten Anschluss 8 verbindbar ist. Insbesondere kann der Schaltkreis den ADC 11 je nach Zustand der Messanordnung 2 mit dem zweiten Anschluss 8 verbinden oder davon trennen.

10

Bei der Durchführung eines Verfahrens nach dem verbesserten Konzept werden verschiedene Zustände S0, S1, S2, S3, S4 der Messanordnung 2, wie sie in Fig. 1a bis Fig. 1e dargestellt sind, zum Teil zyklisch beziehungsweise wiederholt durchlaufen, wie es beispielhaft in Fig. 2 dargestellt ist. S0 bezeichnet dabei einen Initialisierungszustand der Messanordnung 2 während eines Initialisierungsabschnitts des Verfahrens und S4 bezeichnet einen Auslesezustand der Messanordnung 2 während eines Ausleseabschnitts des Verfahrens.

15

Die Zustände S1 bis S3 bilden einen Messzyklus, wobei zur Durchführung des Verfahrens eine Vielzahl aufeinanderfolgender Messzyklen durchgeführt wird. Wie sich Fig. 2 entnehmen lässt, wird zur Bestimmung der Kapazität des kapazitiven Elements 3, beziehungsweise zur Detektion der Benutzereingabe, die Messanordnung 2 zunächst in den Initialisierungszustand S0 gebracht, danach wird die Vielzahl von Messzyklen durchgeführt und wiederum danach wird die Messanordnung 2 in den Auslesezustand S4 gebracht. Der in Fig. 2 skizzierte Ablauf kann auch als Messvorgang bezeichnet werden, wobei der Messvorgang im Betrieb der Messanordnung 2 beziehungsweise des Benutzereingabegeräts 1 ebenfalls wiederholt durchgeführt werden kann, um eine dauerhafte Überwachung des kapazitiven Elements 3 hinsichtlich einer Berührung durch den Benutzer zu realisieren.

20

In einer Ausführungsform des Verfahrens, wie es in Fig. 2 dargestellt ist, beinhaltet jeder Messzyklus einen Zwischenabschnitt, einen darauffolgenden Ladeabschnitt, einen darauf folgenden weiteren Zwischenabschnitt und einen darauf folgenden Übertragungsabschnitt. Dementsprechend wird die Messanordnung 2 während eines Messzyklus von einem mit S1 bezeichneten Zwischenzustand in einen mit S2 bezeichneten Ladezustand überführt, an den sich der Zwischenzustand S1 erneut anschließt, gefolgt von einem mit S3 bezeichneten Übertragungszustand. Nach

25

30

35

Beendigung des Messzyklus wird mittels der Recheneinheit 6 überprüft, ob die vorgegebene Anzahl von Messzyklen pro Messvorgang erreicht ist. Ist dies der Fall, so wird die Messanordnung 2 in den Auslesezustand S4 gebracht, anderenfalls folgt der nächste Messzyklus.

5

Im Zustand S0 verbindet die Steuerung mittels des Schaltkreises den ersten Anschluss 7 sowie den zweiten Anschluss 8 jeweils mit dem Referenzpotentialanschluss 9. Damit sind der erste und der zweite Anschluss des kapazitiven Elements 3 sowie des weiteren kapazitiven Elements 5 jeweils mit dem Referenzpotentialanschluss 9 verbunden.

10

Dementsprechend werden während des Initialisierungszustands S0 sowohl das kapazitive Element 3 als auch das weitere kapazitive Element 5 entladen. Im darauffolgenden ersten Zwischenabschnitt wird die Messanordnung 2 in den Zwischenzustand S1, der auch als Schaltzustand oder Umschaltzustand bezeichnet werden kann, gebracht. Hier werden die Anschlüsse 7 und 8 der Recheneinheit 6 von dem Referenzpotentialanschluss 9 getrennt.

15

Die Messanordnung 2 bleibt während des Zwischenabschnitts für eine Zwischendauer, die beispielsweise kleiner als 1 µs ist, beispielsweise zwischen 0,1 µs und 1 µs liegt, in dem Zwischenzustand S1.

20

Danach überführt die Steuerung mittels des Schaltkreises die Messanordnung 2 in den Ladezustand S2. Im Vergleich zum Zwischenzustand S1 wird hier der zweite Anschluss 8 der Recheneinheit 6 mit der Spannungsquelle 10 verbunden, um so das kapazitive Element 3 zu laden. Indem beispielsweise der erste Anschluss 7 intern auf eine hohe Impedanz gesetzt wird, ändert sich dabei die Ladungsmenge auf dem weiteren kapazitiven Element 5 nicht. Der Ladezustand S2 wird für eine vorgegebene Ladedauer beibehalten, die beispielsweise im Bereich von 1 µs bis 10 µs liegen kann. Danach wird die Messanordnung 2 während eines weiteren Zwischenabschnitts wieder in den Zwischenzustand S1 gebracht. Eine weitere Zwischendauer des weiteren Zwischenabschnitts kann beispielsweise gleich der Zwischendauer des Zwischenabschnitts sein.

25

Während eines darauffolgenden Übertragungsabschnitts wird die Messanordnung 2 durch die Steuerung des Schaltkreises in den Übertragungszustand S3, der auch als Transferzustand bezeichnet werden kann, gebracht. Hier wird der zweite Anschluss 8 der Recheneinheit 6 nun auf eine hohe Impedanz gesetzt, und der erste Anschluss 7 wird mit dem Referenzpotentialanschluss 9 verbunden. Dadurch kann ein Ladungsausgleich zwischen dem kapazitiven Element 3 und dem weiteren kapazitiven Element 5 stattfinden. Die Kapazität des weiteren kapazitiven Element 5 ist um ein Vielfaches höher gewählt als

die maximale Kapazität des weiteren kapazitiven Elements 3, so dass effektiv eine durch die beiden Kapazitäten bestimmte Ladungsmenge von dem kapazitiven Element 3 auf das weitere kapazitive Element 5 übertragen wird.

- 5 Eine Übertragungsdauer des Übertragungsabschnitts kann beispielsweise in einem Bereich von 0,5 µs bis 5 µs oder in einem Bereich von 0,5 µs bis 2 µs oder dergleichen liegen. Eine Auslesedauer des Auslesezeitraums kann beispielsweise in einem Bereich von 0,5 bis 5 µs oder einem Bereich von 0,5 µs bis 2 µs liegen.
- 10 Die Zustände S1, S2, S1, S3 werden in dieser Reihenfolge, wie in Fig. 2 angedeutet, zyklisch wiederholt, bis eine vorgegebene Gesamtzahl von Messzyklen durchlaufen wurde, beispielsweise 300 bis 500 Messzyklen. Nach der Gesamtzahl von Messzyklen wurde in den jeweiligen Übertragungsabschnitten insgesamt eine Gesamtladungsmenge von dem kapazitiven Element 3 auf das weitere kapazitive Element 5 übertragen. Diese
- 15 Gesamtladungsmenge wird nun im darauffolgenden Ausleseabschnitt mittels der Recheneinheit 6 ausgelesen. Hierzu wird die Messanordnung 2 mittels der Steuerung und des Schaltkreises in den Auslesezustand S4 gebracht. Dazu bleibt der erste Anschluss 7 der Recheneinheit 6 mit dem Referenzpotentialanschluss 9 verbunden und der zweite Anschluss 8 der Recheneinheit 6 wird mit dem ADC 11 verbunden, um die Spannung
- 20 zwischen Anschluss 4 der Messanordnung 2 und dem Referenzpotentialanschluss 9 zu messen und so einen Messwert zu bestimmen, der die Gesamtladungsmenge wiedergibt.

Nach dem Ausleseabschnitt kann die Recheneinheit 6 den so bestimmten Messwert mit einem vorgegebenen Schwellwert vergleichen, um zu erkennen, ob eine Berührung des kapazitiven Elements 3 durch den Benutzer stattgefunden hat oder nicht. Ist der Messwert größer als der vorgegebene Grenzwert oder Schwellwert, so kann beispielsweise von einer Berührung ausgegangen werden.

Gemäß dem verbesserten Konzept sind die Gesamtzeitdauern der einzelnen Messzyklen der Vielzahl von Messzyklen nicht konstant. Dies ist schematisch für eine beispielhafte Ausführungsform in Fig. 3 skizziert. In der Ausführungsform gemäß Fig. 3 sind die Zwischendauern des Zwischenabschnitts und des weiteren Zwischenabschnitts sowie die Ladedauer des Ladeabschnitts jeweils konstant. Die Übertragungsdauer des Übertragungsabschnitts setzt sich zusammen aus einer vorgegebenen konstanten, also insbesondere für alle Messzyklen konstanten, Mindestübertragungsdauer und einer für unterschiedliche Messzyklen unterschiedlichen Zusatzzeitdauer dT. Die Summe der Mindestübertragungsdauer, der Ladedauer und den jeweiligen Zwischendauern der

Zwischenabschnitte entspricht einer Mindestzeitdauer  $T_s$  für die Messzyklen. Mit anderen Worten ist die Zeitdauer eines Messzyklus gegeben durch die Summe aus der Mindestzeitdauer  $T_s$  und der Zusatzzeitdauer  $dT$ . Die Zusatzzeitdauer  $dT$  kann dabei insbesondere zwischen 0 und einer maximalen Zusatzzeitdauer systematisch variiert werden.

5

Es wird darauf hingewiesen, dass zur Variation der Zeitdauer des Messzyklus nicht notwendigerweise die Übertragungsdauer des Übertragungsabschnitts verändert werden muss beziehungsweise nicht notwendigerweise nur die Übertragungsdauer verändert 10 werden muss. In anderen Ausführungsformen können auch die jeweiligen Zeitdauern eines oder mehrerer der weiteren Abschnitte variiert werden.

10

Beispielsweise kann die Recheneinheit 6 für jeden Messzyklus der Vielzahl von Messzyklen einen Zählerstand setzen, so dass sich der Zählerstand von 0 bis zu einem 15 maximalen Zählerstand schrittweise erhöht. Die Zusatzzeitdauer  $dT$  kann dann mittels der Recheneinheit 6 abhängig von dem jeweiligen Zählerstand für den entsprechenden Messzyklus festgelegt werden. Dadurch kann beispielsweise die Zeitdauer ( $T_s + dT$ ) für aufeinanderfolgende Messzyklen erhöht werden, indem die Zusatzzeitdauer  $dT$  entsprechend des jeweiligen Zählerstands erhöht wird.

20

Als Zähler kann beispielsweise ein software-basierter 4-Bit Zähler oder 5-Bit Zähler eingesetzt werden. Auch andere Zählergrößen sind selbstverständlich möglich. Im rein beispielhaften Fall eines 4 Bit-Zählers kann der Zähler also 16 Zählerstände von 0 bis 15 annehmen. Für einen gegebenen Zählerstand  $k$  kann die Zusatzzeitdauer  $dT$  also 25 beispielsweise als  $dT = (k/16 * \Delta T_s)$  festgelegt werden, wobei  $\Delta T_s$  der maximalen Zusatzzeitdauer entspricht. Alternativ kann auch  $dT = ((n+1)/16 * \Delta T_s)$  als Zusatzzeitdauer verwendet werden, so dass die Zusatzzeitdauer  $dT$  von  $\Delta T_s/16$  bis  $\Delta T_s$  läuft.

30

Geht man beispielhaft von einer Anzahl von 300 bis 500 Messzyklen pro Messvorgang aus, so wird bei einem 4 Bit-Zähler der Wertebereich des Zählers während eines Messvorgangs vielfach durchlaufen. Für den darauffolgenden Messvorgang muss der Zähler nicht notwendigerweise zurückgesetzt werden.

35

Durch die schrittweise Variation der Zeitdauer ( $T_s + dT$ ) der Messzyklen eines Messvorgangs, beziehungsweise gegebenenfalls auch mehrerer aufeinanderfolgende Messvorgänge, kann verhindert werden, dass bei einer externen Störung mit einer mehr

oder weniger konstanten Frequenz in der Größenordnung  $1/T_s$  eine signifikante Beeinflussung der Genauigkeit der Kapazitätsmessung resultiert.

Wie beschrieben, insbesondere hinsichtlich der Figuren, erlaubt es das verbesserte

- 5 Konzept also die Kapazität eines kapazitiven Elements mit höherer Zuverlässigkeit und insbesondere reduziertem Einfluss von externen Störungen zu bestimmen. Dabei werden die entsprechenden Messzyklen künstlich erweitert. Die Erweiterung kann prinzipiell in einem beliebigen Zustand der Messanordnung beziehungsweise ein einem beliebigen Abschnitt des Messzyklus vorgenommen werden. Der Übertragungszustand ist
- 10 dahingehend besonders geeignet, um Stromleckagen zu vermeiden. Die Erweiterung könnte aber auch während des Ladezustands oder der Zwischenzustände erfolgen. Die Zeitdauer des Messzyklus kann in verschiedenen Ausführungsbeispielen kontinuierlich um einen Anteil von wenigen Prozent, beispielsweise 1 bis 3 %, erhöht werden. Externe Störungen haben daher nur noch einen Bruchteil des Einflusses, wie es ohne das
- 15 verbesserte Konzept der Fall wäre. Eine fehlerhafte Berührungserkennung kann dadurch vermieden werden.

## Patentansprüche

5

1. Verfahren zur Bestimmung einer Kapazität eines kapazitiven Elements (3), wobei
  - während jedes Messzyklus einer Vielzahl aufeinanderfolgender Messzyklen das kapazitive Element (3) geladen wird und anschließend eine Ladungsmenge von dem kapazitiven Element (3) auf ein weiteres kapazitives Element (5) übertragen wird;
  - nach der Vielzahl von Messzyklen ein Messwert betreffend eine während der Vielzahl von Messzyklen insgesamt auf das weitere kapazitive Element (5) übertragene Gesamtladungsmenge bestimmt wird; und
- 10        - die Kapazität des kapazitiven Elements (3) abhängig von dem Messwert bestimmt wird;  
              dadurch gekennzeichnet, dass mittels einer Recheneinheit (6)
  - für eine erste Untermenge der Vielzahl von Messzyklen eine erste Zeitdauer festgelegt wird; und
  - für eine zweite Untermenge der Vielzahl von Messzyklen eine zweite Zeitdauer festgelegt wird, die sich von der ersten Zeitdauer unterscheidet.
- 15        2. Verfahren nach Anspruch 1,  
              dadurch gekennzeichnet, dass
  - jeder der Messzyklen einen Ladeabschnitt enthält, wobei das Laden des kapazitiven Elements (3) während des Ladeabschnitts erfolgt;
  - jeder der Messzyklen einen Übertragungsabschnitt enthält, wobei das Übertragen der Ladungsmenge von dem kapazitiven Element (3) auf das weitere kapazitive Element (5) während des Übertragungsabschnitts erfolgt.
- 20        3. Verfahren nach Anspruch 2,  
              dadurch gekennzeichnet, dass
  - zum Festlegen der ersten Zeitdauer eine erste Ladedauer für den jeweiligen Ladeabschnitt der Messzyklen der ersten Untermenge festgelegt wird und zum Festlegen der zweiten Zeitdauer eine zweite Ladedauer für den jeweiligen

- Ladeabschnitt der Messzyklen der zweiten Untermenge festgelegt wird, wobei sich die zweite Ladedauer von der ersten Ladedauer unterscheidet; und/oder
- zum Festlegen der ersten Zeitdauer eine erste Übertragungsdauer für den jeweiligen Übertragungsabschnitt der Messzyklen der ersten Untermenge festgelegt
- 5 wird und zum Festlegen der zweiten Zeitdauer eine zweite Übertragungsdauer für den jeweiligen Übertragungsabschnitt der Messzyklen der zweiten Untermenge festgelegt wird, wobei sich die zweite Übertragungsdauer von der ersten Übertragungsdauer unterscheidet.
- 10 4. Verfahren nach einem der Ansprüche 2 oder 3,  
dadurch gekennzeichnet, dass
- jeder der Messzyklen einen Zwischenabschnitt zwischen dem Ladeabschnitt und dem Übertragungsabschnitt enthält, wobei das kapazitive Element (3) während des Zwischenabschnitts weder geladen noch entladen wird; und/oder
- 15 - jeder der Messzyklen einen weiteren Zwischenabschnitt vor dem Ladeabschnitt oder nach dem Übertragungsabschnitt enthält, wobei das kapazitive Element (3) während des weiteren Zwischenabschnitts weder geladen noch entladen wird.
- 20 5. Verfahren nach Anspruch 4,  
dadurch gekennzeichnet, dass
- zum Festlegen der ersten Zeitdauer eine erste Zwischendauer für den jeweiligen Zwischenabschnitt der Messzyklen der ersten Untermenge festgelegt wird und zum Festlegen der zweiten Zeitdauer eine zweite Zwischendauer für den jeweiligen Zwischenabschnitt der Messzyklen der zweiten Untermenge festgelegt wird, wobei sich die zweite Zwischendauer von der ersten Zwischendauer unterscheidet; und/oder
- 25 - zum Festlegen der ersten Zeitdauer eine erste weitere Zwischendauer für den jeweiligen weiteren Zwischenabschnitt der Messzyklen der ersten Untermenge festgelegt wird und zum Festlegen der zweiten Zeitdauer eine zweite weitere Zwischendauer für den jeweiligen weiteren Zwischenabschnitt der Messzyklen der zweiten Untermenge festgelegt wird, wobei sich die zweite weitere Zwischendauer von der ersten weiteren Zwischendauer unterscheidet.
- 30 6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,  
dadurch gekennzeichnet, dass

mittels der Recheneinheit (6) für jeden Messzyklus der Vielzahl von Messzyklen ein Zählerstand eines Zähler gesetzt wird und eine Zeitdauer für den jeweiligen Messzyklus abhängig von dem jeweiligen gesetzten Zählerstand festgelegt wird.

- 5      7. Verfahren nach Anspruch 6,  
          dadurch gekennzeichnet, dass
  - der Zählerstand ausgehend von einem initialen Zählerstand für jeden der Messzyklen um ein vorgegebenes Inkrement erhöht wird, solange der Zählerstand kleiner oder gleich einem vorgegebenen maximalen Zählerstand ist; und
  - 10     - der Zählerstand auf den initialen Zählerstand zurückgesetzt wird, wenn der Zählerstand den maximalen Zählerstand erreicht hat.
- 15     8. Verfahren nach Anspruch 7,  
          dadurch gekennzeichnet, dass  
          der Zusammenhang  $N \leq M$  gilt, wobei M eine Anzahl der Messzyklen der Vielzahl von Messzyklen bezeichnet,  $(N-1)*l$  eine ganze Zahl ist, die eine Differenz zwischen dem maximalen Zählerstand und dem initialen Zählerstand bezeichnet, und l das Inkrement bezeichnet.
- 20     9. Verfahren nach einem der Ansprüche 6 bis 8,  
          dadurch gekennzeichnet, dass  
          mittels der Recheneinheit (6) für jeden Messzyklus der Vielzahl von Messzyklen die jeweilige Zeitdauer als Summe einer vorgegebenen für alle Messzyklen konstanten Mindestzeitdauer und einer von dem jeweiligen gesetzten Zählerstand abhängigen zusätzlichen Zeitdauer festgelegt wird.
- 25     10. Verfahren nach Anspruch 9,  
          dadurch gekennzeichnet, dass die Mindestzeitdauer in einem Bereich zwischen 0,5 µs und 30 µs, insbesondere in einem Bereich zwischen 1 µs und 20 µs, liegt.
- 30     11. Verfahren nach einem der Ansprüche 9 oder 10,  
          dadurch gekennzeichnet, dass  
          die jeweilige zusätzliche Zeitdauer kleiner oder gleich einem Zehntel der Mindestzeitdauer ist, insbesondere kleiner oder gleich einem Fünfzigstel der

Mindestzeitdauer, beispielsweise kleiner oder gleich einem Hundertstel der Mindestzeitdauer.

12. Verfahren zur Detektion einer Benutzereingabe, die eine Berührung eines kapazitiven Elements (3) durch einen Benutzer beinhaltet,  
5 dadurch gekennzeichnet, dass
  - ein Verfahren zur Bestimmung einer Kapazität des kapazitiven Elements (3) nach einem der vorhergehenden Ansprüche durchgeführt wird;
  - die bestimmte Kapazität des kapazitiven Elements (3) mittels der Recheneinheit (6)  
10 mit einem vorgegebenen Schwellwert verglichen wird; und
  - die Benutzereingabe oder die Berührung mittels der Recheneinheit (6) abhängig von einem Ergebnis des Vergleichs detektiert wird.
13. Messanordnung zur Bestimmung einer Kapazität eines kapazitiven Elements (3),  
15 die Messanordnung (2) aufweisend
  - einen Anschluss (4), um das kapazitive Element (3) mit der Messanordnung (2) zu verbinden;
  - einen Schaltkreis, der dazu eingerichtet ist, während jedes Messzyklus einer Vielzahl aufeinanderfolgender Messzyklen
    - das kapazitive Element (3) mit einer Spannungsquelle (10) zu verbinden, um das kapazitive Element (3) zu laden; und
    - anschließend eine Ladungsmenge von dem kapazitiven Element (3) auf ein weiteres kapazitives Element (5) der Messanordnung (2) zu übertragen; und
    - eine Recheneinheit (6), die dazu eingerichtet ist, nach der Vielzahl von Messzyklen  
20 einen Messwert betreffend eine während der Vielzahl von Messzyklen insgesamt auf das weitere kapazitive Element (4) übertragene Gesamtladungsmenge zu bestimmen und die Kapazität des kapazitiven Elements (3) abhängig von dem Messwert zu bestimmen;  
dadurch gekennzeichnet, dass die Recheneinheit (6) dazu eingerichtet ist,  
25
  - für eine erste Untermenge der Vielzahl von Messzyklen eine erste Zeitdauer festzulegen; und
  - für eine zweite Untermenge der Vielzahl von Messzyklen eine zweite Zeitdauer  
30
14. Benutzereingabegerät aufweisend ein kapazitives Element (3), das zur Berührung durch einen Benutzer angeordnet ist,  
35

dadurch gekennzeichnet, dass  
das Benutzereingabegerät (1) eine Messanordnung (2) zur Bestimmung einer  
Kapazität des kapazitiven Elements (3) gemäß Anspruch 13 enthält.

- 5    15. Computerprogrammprodukt mit Befehlen, die bei Ausführung durch eine Recheneinheit (6) einer Messanordnung (2) nach Anspruch 13 die Messanordnung (2) dazu veranlassen, ein Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 12 auszuführen.

1/2

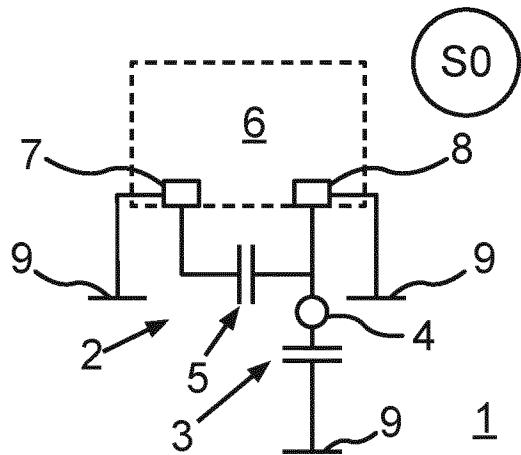


Fig.1a

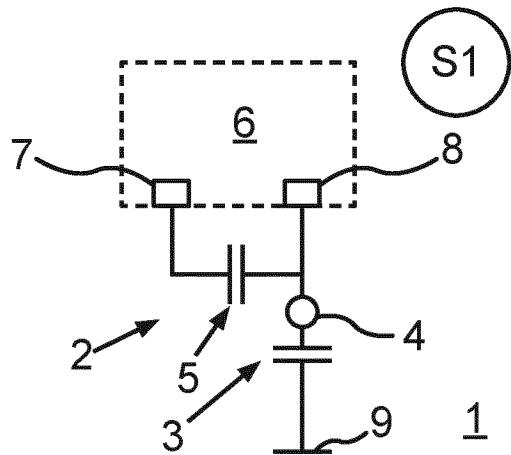


Fig.1b

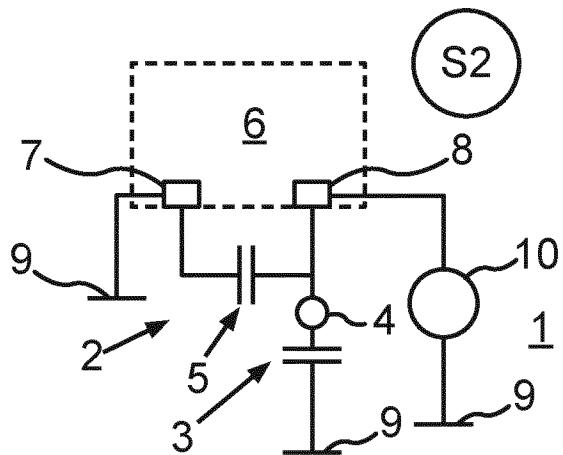


Fig.1c

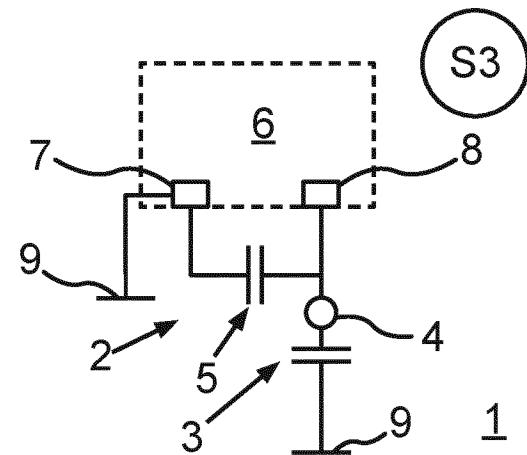


Fig.1d

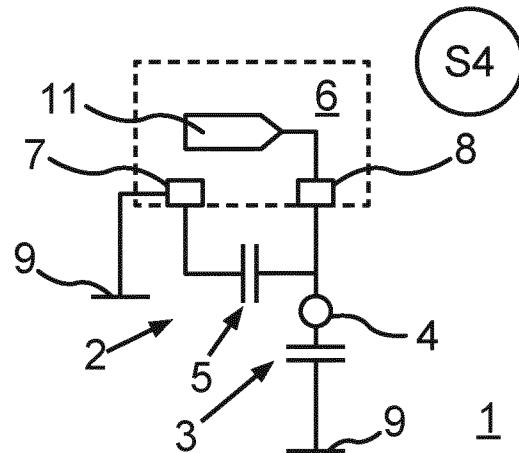


Fig.1e

2/2

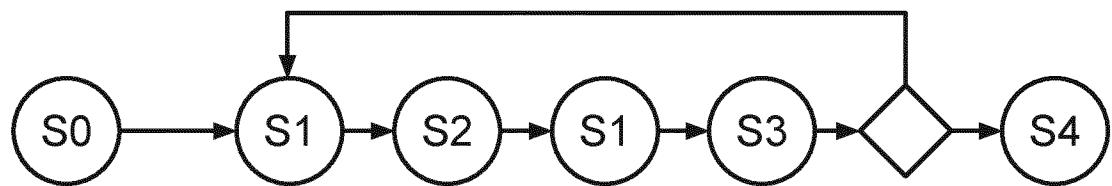


Fig.2

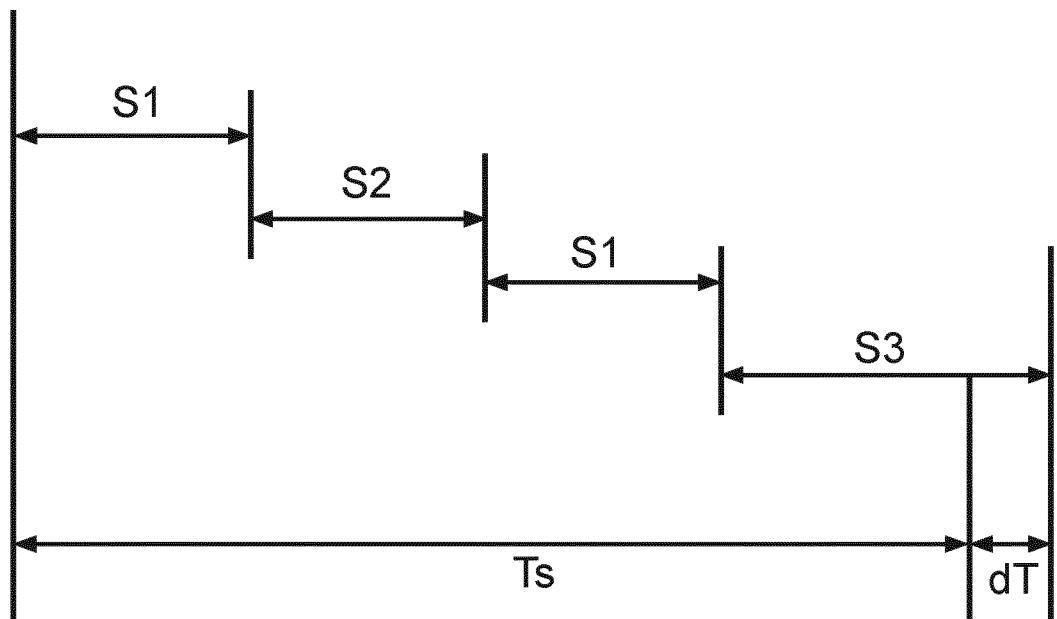


Fig.3

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

**PCT/EP2022/050579**

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

**G01R 27/26**(2006.01)i; **G01D 5/24**(2006.01)i; **H03K 17/96**(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

G01R; G01D; H03K

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X A	EP 3474452 A1 (HUF HUELSBECK & FUERST GMBH & CO KG [DE]) 24 April 2019 (2019-04-24) abstract; figures 1a-3 paragraphs [0010] - [0013], [0016] - [0017], [0023] - [0045], [0053] - [0058]	1-4,6-8,12-15 5,9-11
A	US 6466036 B1 (PHILIPP HARALD [GB]) 15 October 2002 (2002-10-15) cited in the application column 1, line 42 - column 2, line 4; figures 1, 15 column 4, line 7 - column 5, line 13	1-15
A	US 2010283485 A1 (VAELISUO PETRI [FI] ET AL) 11 November 2010 (2010-11-11) paragraphs [0054] - [0098]; figures 1-4	1-15

Further documents are listed in the continuation of Box C.

See patent family annex.

\* Special categories of cited documents:

“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date

“L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

“X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

“Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

“&” document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search <b>06 April 2022</b>	Date of mailing of the international search report <b>20 April 2022</b>
---	--

Name and mailing address of the ISA/EP <b>European Patent Office p.b. 5818, Patentlaan 2, 2280 HV Rijswijk Netherlands</b>	Authorized officer <b>Maric, Viktor</b>
Telephone No. (+31-70)340-2040 Facsimile No. (+31-70)340-3016	Telephone No.

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

## Information on patent family members

International application No.

**PCT/EP2022/050579**

Patent document cited in search report		Publication date (day/month/year)		Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)	
EP	3474452	A1	24 April 2019	CN	109683022	A	26 April 2019	
				DE	102017124309	A1	18 April 2019	
				EP	3474452	A1	24 April 2019	
				JP	2019074512	A	16 May 2019	
				US	2019113554	A1	18 April 2019	
US	6466036	B1	15 October 2002	NONE				
US	2010283485	A1	11 November 2010	AU	2008274151	A1	15 January 2009	
				CA	2693626	A1	15 January 2009	
				CN	101796422	A	04 August 2010	
				EG	26198	A	15 April 2013	
				EP	2167983	A1	31 March 2010	
				JP	2010533288	A	21 October 2010	
				KR	20100054130	A	24 May 2010	
				RU	2010104679	A	20 August 2011	
				US	2010283485	A1	11 November 2010	
				WO	2009007500	A1	15 January 2009	

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen  
PCT/EP2022/050579

**A. KLASIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES**  
**INV. G01R27/26 G01D5/24 H03K17/96**  
**ADD.**

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC

**B. RECHERCHIERTE GEBIETE**

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole )

**G01R G01D H03K**

Recherchierte, aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

**EPO-Internal, WPI Data**

**C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN**

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	<b>EP 3 474 452 A1 (HUF HUELSBECK &amp; FUERST GMBH &amp; CO KG [DE])</b> <b>24. April 2019 (2019-04-24)</b>	<b>1-4, 6-8, 12-15</b>
A	<b>Zusammenfassung; Abbildungen 1a-3</b> <b>Absätze [0010] - [0013], [0016] - [0017],</b> <b>[0023] - [0045], [0053] - [0058]</b> -----	<b>5, 9-11</b>
A	<b>US 6 466 036 B1 (PHILIPP HARALD [GB])</b> <b>15. Oktober 2002 (2002-10-15)</b> <b>in der Anmeldung erwähnt</b> <b>Spalte 1, Zeile 42 - Spalte 2, Zeile 4;</b> <b>Abbildungen 1, 15</b> <b>Spalte 4, Zeile 7 - Spalte 5, Zeile 13</b> -----	<b>1-15</b>
A	<b>US 2010/283485 A1 (VAELISUO PETRI [FI] ET AL)</b> <b>11. November 2010 (2010-11-11)</b> <b>Absätze [0054] - [0098]; Abbildungen 1-4</b> -----	<b>1-15</b>



Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen



Siehe Anhang Patentfamilie

- \* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :  
 "A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist  
 "E" frühere Anmeldung oder Patent, die bzw. das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist  
 "L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)  
 "O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht  
 "P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist
- "T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist
- "X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung;; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden
- "Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung;; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann nahelegend ist
- "&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche	Absendedatum des internationalen Recherchenberichts
---	---

**6. April 2022**

**20/04/2022**

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde  
 Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2  
 NL - 2280 HV Rijswijk  
 Tel. (+31-70) 340-2040,  
 Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

**Maric, Viktor**

**INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT**

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

**PCT/EP2022/050579**

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
EP 3474452 A1	24-04-2019	CN 109683022 A DE 102017124309 A1 EP 3474452 A1 JP 2019074512 A US 2019113554 A1	26-04-2019 18-04-2019 24-04-2019 16-05-2019 18-04-2019
US 6466036 B1	15-10-2002	KEINE	
US 2010283485 A1	11-11-2010	AU 2008274151 A1 CA 2693626 A1 CN 101796422 A EG 26198 A EP 2167983 A1 JP 2010533288 A KR 20100054130 A RU 2010104679 A US 2010283485 A1 WO 2009007500 A1	15-01-2009 15-01-2009 04-08-2010 15-04-2013 31-03-2010 21-10-2010 24-05-2010 20-08-2011 11-11-2010 15-01-2009