



(10) **DE 10 2022 210 003 A1** 2024.03.28

(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2022 210 003.4**

(22) Anmeldetag: **22.09.2022**

(43) Offenlegungstag: **28.03.2024**

(51) Int Cl.: **G01S 15/88** (2006.01)

**G01S 7/52** (2006.01)

**G01S 15/931** (2020.01)

(71) Anmelder:  
**Robert Bosch Gesellschaft mit beschränkter  
Haftung, 70469 Stuttgart, DE**

(72) Erfinder:  
**Lich, Thomas, 73733 Esslingen, DE; D'Addetta,  
Gian Antonio, 70563 Stuttgart, DE; Freienstein,  
Heiko, 71263 Weil der Stadt, DE**

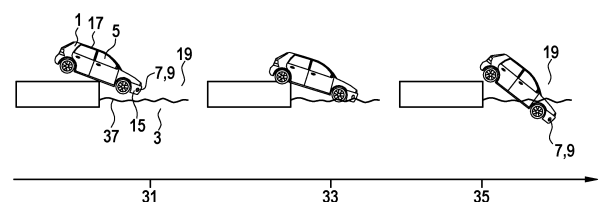
**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen.**

(54) Bezeichnung: **Verfahren zur Detektion eines Unfalls und Fahrzeug umfassend eine Detektionseinheit zur Durchführung des Verfahrens**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Detektion eines Unfalls, bei dem ein Fahrzeug (1) zumindest teilweise in Wasser (3) eintaucht, wobei das Fahrzeug (1) Fahrzeugkomponenten (5) und mindestens einen Ultraschallsensor (7) mit einer akustisch anregbaren Sensoroberfläche (9) aufweist, umfassend die folgenden Schritte:

- Anregen der akustisch anregbaren Sensoroberfläche (9) durch das Wasser (3) beim Eintauchen des Fahrzeugs (1) in das Wasser (3), wobei ein elektrisches Signal (11) erzeugt wird und/oder
- Durchführen einer Impedanzmessung mittels des mindestens einen Ultraschallsensors (7), wobei ein aktueller Impedanzwert (13) ermittelt wird,
- Auswerten des elektrischen Signals (11) und/oder des aktuellen Impedanzwerts (13), wobei das elektrische Signal (11) und/oder der aktuelle Impedanzwert (13) mit einem jeweiligen Schwellenwert verglichen wird,
- Aktivieren von Fahrzeugkomponenten (5), wenn das elektrische Signal (11) und/oder der aktuelle Impedanzwert (13) größer als der jeweilige Schwellenwert ist.

Ferner betrifft die Erfindung ein Fahrzeug.



**Beschreibung**

## Technisches Gebiet

**[0001]** Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Detektion eines Unfalls, bei dem ein Fahrzeug zumindest teilweise in Wasser eintaucht, wobei das Fahrzeug Fahrzeugkomponenten und mindestens einen Ultraschallsensor mit einer akustisch anregbaren Sensoroberfläche aufweist. Des Weiteren betrifft die Erfindung ein Fahrzeug umfassend eine Detektionseinheit.

## Stand der Technik

**[0002]** Moderne Fahrzeuge sind mit einer Vielzahl von Fahrassistenzsystemen ausgestattet, welche den Fahrer des Fahrzeugs bei der Ausführung verschiedener Manöver unterstützen. Des Weiteren sind Fahrassistenzsysteme bekannt, welche den Fahrer vor Gefahren in der Umgebung warnen beziehungsweise bei einem Unfall Schutzmechanismen auslösen. Für ihre Funktion benötigen die Fahrassistenzsysteme präzise Daten über die Umgebung des Fahrzeugs.

**[0003]** Häufig werden ultraschallbasierte Objektklassifizierungsmethoden eingesetzt. Ultraschallsensoren senden dabei Ultraschallsignale aus und empfangen von Objekten in der Umgebung reflektierte Ultraschallechos. Aus der Laufzeit der Ultraschallsignale bis zum Empfang des entsprechenden Ultraschallechos sowie der bekannten Schallgeschwindigkeit lässt sich jeweils der Abstand zwischen einem reflektierenden Objekt und dem jeweiligen Sensor ermitteln.

**[0004]** Darüber hinaus können Ultraschallsensoren auch für sicherheitsrelevante Aspekte eingesetzt werden, wie zur Detektion einer Überflutung des Fahrzeugs. Eine solche Anwendung ist zum Beispiel in der DE 10 2019 211 188 A1 beschrieben. Gemäß dem Stand der Technik können Ultraschallsensoren dazu verwendet werden zu detektieren, dass sich eine Wasseroberfläche auf den Sensor zu bewegt.

**[0005]** Bei Unfällen in Verbindung mit Gewässern, bei denen das Fahrzeug ins Wasser eintaucht, besteht die Gefahr, dass die Insassen des Fahrzeugs ertrinken, insbesondere, wenn eine Befreiung aus dem Fahrzeug nicht gelingt. Ein Eintauchen des Fahrzeugs kann durch einen Unfall eintreten, wobei das Fahrzeug von der Fahrbahn abkommt und in ein Gewässer wie einen See oder einen Fluss eintaucht. Eine weitere Ursache von Unfällen mit Gefahr des Ertrinkens kann Starkregen sein.

**[0006]** Die Überlebenschancen im Falle eines Unfalls im Wasser steigen, wenn eine Fluchtmöglichkeit aus dem Fahrzeug geschaffen wird. Aufgrund

der großen benötigten Kräfte durch den Verdrängungsmechanismus ist ein Öffnen, insbesondere von Türen eines Fahrzeugs, das sich im Wasser befindet, erschwert.

**[0007]** Bei einem gewässerbezogenen Unfall trifft das Fahrzeug in Abhängigkeit von der Geschwindigkeit und der Fallhöhe und dem damit verbundenen Aufschlagwinkel häufig hart auf die Wasseroberfläche auf. Gegebenenfalls schwimmt das Fahrzeug zunächst. Je nach Unfallhergang und möglicherweise aufgetretenem Überschlag kann das Dach des Fahrzeugs dabei nach unten gerichtet sein. Sobald Wasser in das Fahrzeug eindringt, beginnt dieses zu sinken. Abhängig von der Position des Motors kann ein Kippen des Fahrzeugs auftreten. Eine weitere Bewegung des Fahrzeugs kann durch Strömung, zum Beispiel in fließenden Gewässern, vorliegen.

**[0008]** Bekannte Schutzsysteme, die etwa zum automatisierten Öffnen von Fahrzeugöffnungen im Notfall vorgesehen sind, sind zum Beispiel an Airbag-Steuergeräte oder Radar-Steuergeräte gebunden.

## Offenbarung der Erfindung

**[0009]** Es wird ein Verfahren zur Detektion eines Unfalls, bei dem ein Fahrzeug zumindest teilweise in Wasser eintaucht, vorgeschlagen, wobei das Fahrzeug Fahrzeugkomponenten und mindestens einen Ultraschallsensor mit einer akustisch anregbaren Sensoroberfläche aufweist, umfassend die folgenden Schritte:

- a. Anregen der akustisch anregbaren Sensoroberfläche durch das Wasser beim Eintauchen des Fahrzeugs in das Wasser, wobei ein elektrisches Signal erzeugt wird und/oder
- b. Durchführen einer Impedanzmessung mittels des mindestens einen Ultraschallsensors, wobei ein aktueller Impedanzwert ermittelt wird,
- c. Auswerten des elektrischen Signals und/oder des aktuellen Impedanzwerts, wobei das elektrische Signal und/oder der aktuelle Impedanzwert mit einem jeweiligen Schwellenwert verglichen wird,
- d. Aktivieren von Fahrzeugkomponenten, wenn das elektrische Signal und/oder der aktuelle Impedanzwert größer als der jeweilige Schwellenwert ist.

**[0010]** Ferner wird ein Fahrzeug vorgeschlagen, umfassend eine Detektionseinheit zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens, wobei die Detektionseinheit den mindestens einen Ultraschallsensor, eine Speichereinheit zur Speicherung der jeweiligen Schwellenwerte und eine Recheneinheit

zum Vergleichen des elektrischen Signals und/oder des ermittelten Impedanzwerts mit dem jeweiligen Schwellenwert aufweist.

**[0011]** Im Rahmen der vorliegenden Erfindung werden insbesondere bestehende Sensoren beziehungsweise bestehende Sensorinformationen verwendet, um einen Wasserunfall zu detektieren, wobei der Kontakt des Fahrzeugs mit dem Wasser ausgenutzt wird.

**[0012]** Bevorzugt wird der mindestens eine Ultraschallsensor zusätzlich für Funktionen eines Fahrassistentensystems, insbesondere einer Einparkhilfe eingesetzt, wobei der mindestens eine Ultraschallsensor bevorzugt dazu verwendet wird, einen Abstand zwischen einem Objekt und dem Fahrzeug zu bestimmen. Die Verwendung des mindestens einen Ultraschallsensors für die Funktionen des Fahrassistentensystems geht insbesondere der Verwendung des mindestens einen Ultraschallsensors zur Detektion des Unfalls voraus.

**[0013]** Der mindestens eine Ultraschallsensor ist bevorzugt an der frontalen, hinteren und/oder seitlichen Fahrzeughülle, insbesondere an einem Stoßfänger, und/oder auf einem Dach des Fahrzeugs angeordnet. An der Fahrzeughülle ist der mindestens eine Ultraschallsensor bevorzugt in Blech oder Kunststoff eingelassen. Ist der mindestens eine Ultraschallsensor auf dem Dach des Fahrzeugs angeordnet, so kann dieser Ultraschallsensor zusätzlich zur Ermittlung von Durchfahrtshöhen, zum Beispiel bei Parkvorgängen und/oder bei Verwendung von Dachgepäck- oder Fahrradträgern, verwendet werden.

**[0014]** Der mindestens eine Ultraschallsensor kann vorne, hinten und/oder seitlich am Fahrzeug angeordnet sein. Weiter bevorzugt umfasst das Fahrzeug bis zu sechs Ultraschallsensoren, die insbesondere im erfindungsgemäßen Verfahren eingesetzt werden.

**[0015]** Der mindestens eine Ultraschallsensor besitzt bevorzugt einen horizontalen Öffnungswinkel in einem Bereich von 100° bis 150°, zum Beispiel 120°. Eine Reichweite des mindestens einen Ultraschallsensors liegt bevorzugt in einem Bereich von 1 m bis 5 m, weiter bevorzugt von 2 m bis 4 m.

**[0016]** Ein Unfall, bei dem ein Fahrzeug zumindest teilweise in Wasser eintaucht, umfasst häufig mindestens eine, insbesondere alle, der folgenden Phasen:

- Abkommensphase, wobei das Fahrzeug insbesondere eine Fahrbahn verlässt, also zum Beispiel von einer Straße abkommt,

- Flugphase, wobei das Fahrzeug insbesondere keinen Kontakt zum Boden aufweist, solange bis es auf eine Wasseroberfläche auftrifft,

- Kollisionsphase, wobei das Fahrzeug insbesondere auf die Wasseroberfläche auftrifft,

- Tauchphase, wobei das Fahrzeug insbesondere untergeht und sich das Fahrzeug gegebenenfalls mit Wasser füllt,

- Sinkphase, wobei sich das Fahrzeug teilweise oder vollständig unter Wasser befindet.

**[0017]** Zur Detektion des Unfalls können in der Kollisionsphase sowie auch in der Tauchphase und/oder der Sinkphase eindeutig interpretierbare Signale auf Grundlage des physikalischen Messprinzips des mindestens einen Ultraschallsensors genutzt werden.

**[0018]** Die Art der Nutzung des mindestens einen Ultraschallsensors für die Detektion des spezifischen Falls des Wasserkontakts des Fahrzeugs ist in den erfindungsgemäßen Schritten a) und b) definiert. In dem Verfahren kann Schritt a) oder Schritt b) ausgeführt werden. Alternativ können Schritt a) und Schritt b) ausgeführt werden. Bevorzugt wird Schritt b) und gegebenenfalls Schritt a) ausgeführt.

**[0019]** In Verfahrensschritt a) wird insbesondere eine, beispielsweise für Parkhilfen übliche, elektromagnetische Anordnung eines Ultraschallsensors verwendet, die mechanisch angeregt wird, so dass ein schärferes und stärkeres Signal erzeugt wird. Gemäß Verfahrensschritt b) erfolgt die Detektion auf Grundlage des, insbesondere elektrischen, Eingangswiderstands. Der elektrische Eingangswiderstand verändert sich und steigt mit wechselnder Umgebung von Luft zu Wasser durch die Veränderung der physikalischen Randbedingungen, insbesondere um einen Faktor von ca. 1500 des akustischen beziehungsweise mechanischen Widerstands.

**[0020]** Die akustisch anregbare Sensoroberfläche des mindestens einen Ultraschallsensors wird insbesondere durch das Auftreffen des Fahrzeugs auf die Wasseroberfläche angeregt. Der Aufprall erzeugt insbesondere ein elektrisches Signal der schwingenden akustisch anregbaren Sensoroberfläche, welches detektiert werden kann. Hierbei weicht die Nutzung des mindestens einen Ultraschallsensors von der typischen und betriebsbedingten Nutzung bekannter Einparkhilfen ab, wobei in der Regel ein reflektierendes Signal ausgewertet wird. Im erfindungsgemäßen Verfahrensschritt a) wird insbesondere die akustisch anregbare Sensoroberfläche selbst durch den Aufprall auf dem Wasser angeregt. Das dabei entstehende Signal weicht von den üblichen Signalen ab, da ein stärkeres elektronisches Signal durch direkte mechanische Anregung der

akustisch anregbaren Sensoroberfläche durch das Wasser als durch ein reflektiertes Ultraschallecho erzeugt wird. Die akustisch anregbare Sensoroberfläche wird insbesondere in der Kollisionsphase angeregt.

**[0021]** Die akustisch anregbare Sensoroberfläche ist insbesondere eine Membran oder ein Piezoelement. Das Piezoelement weist insbesondere keramische Schichten auf.

**[0022]** Bevorzugt ist der Schwellenwert bezüglich des elektrischen Signals ein elektrisches Referenzsignal, das durch ein von dem mindestens einen Ultraschallsensor ausgesendetes und reflektiertes Signal erzeugt wird. Durch den Vergleich dieser Signale wird der normale Anwendungsfall im Rahmen beispielsweise einer Einparkhilfe von der Unfallsituation mit Wasserkontakt abgegrenzt.

**[0023]** Alternativ oder ergänzend zum Anregen der akustisch anregbaren Sensoroberfläche durch den Aufprall auf der Wasseroberfläche wird mittels des mindestens einen Ultraschallsensors eine Impedanzmessung durchgeführt, wobei eine Abweichung von einem üblichen Ergebnis der Impedanzmessung, welches vor dem Unfall ermittelt wurde, detektiert wird.

**[0024]** Beim und nach dem Eintauchen in das Wasser ist der mindestens eine Ultraschallsensor insbesondere von Wasser ganz oder teilweise umgeben. Der mindestens eine Ultraschallsensor ist insbesondere in der Tauchphase und/oder Sinkphase von Wasser umgeben. Im Gegensatz zu einem Unfall ohne Wasserbezug, beispielsweise gegen eine Barriere, kann der Sensor weiterhin arbeiten, wenn er von Wasser umgeben ist. Das elektrische System des mindestens einen Ultraschallsensors ist dabei insbesondere einer charakteristischen Änderung der akustischen Impedanz ausgesetzt, die elektrisch messbar ist.

**[0025]** Die Impedanzmessung erfolgt insbesondere zusätzlich zu den üblichen Funktionen des mindestens einen Ultraschallsensors, wobei bevorzugt Strom und Spannung gemessen werden. Eine Frequenz des mindestens einen Ultraschallsensors im üblichen Betrieb mit Ausgabe eines Ultraschallsignals und Empfang des reflektierten Signals beträgt zum Beispiel 100 ms oder 200 ms. In den Pausen zwischen den üblichen Ultraschallmessungen kann die Impedanzmessung durchgeführt werden.

**[0026]** Bevorzugt ist der Schwellenwert bezüglich des aktuellen Impedanzwerts ein Referenzimpedanzwert, der gemessen wurde, wenn der mindestens eine Ultraschallsensor von einem gasförmigen Medium, insbesondere Luft umgeben ist. Wechselt die Umgebung des mindestens einen Ultraschallsen-

sors von Luft zu Wasser, so nimmt die akustische Impedanz stark zu. Unter der akustischen Impedanz wird insbesondere der Strahlungswiderstand verstanden. Die akustische Impedanz beschreibt insbesondere das Verhältnis von Druck und Geschwindigkeit von Teilchen auf der akustisch anregbaren Sensoroberfläche. Beim Wechsel des Mediums von einer Luftumgebung zu einer Wasserumgebung wird die akustische Impedanz um ca. drei Größenordnungen erhöht, wodurch auch die elektrische Impedanz zunimmt. Die elektrische Impedanz hängt von der akustischen Impedanz des Ultraschallsensors im Umfeld ab. Bevorzugt wird die aktuelle elektrische Impedanz mit dem jeweiligen Schwellenwert verglichen. Insbesondere wird die Änderung der akustischen Impedanz beim Übergang von Luft zu Wasser durch eine elektrische Messung, die die elektrische Impedanz liefert, detektiert.

**[0027]** Insbesondere wird mittels des mindestens einen Ultraschallsensors wiederholt eine Impedanzmessung durchgeführt, wobei der Referenzimpedanzwert ermittelt wird, solange der mindestens eine Ultraschallsensor von Luft umgeben ist. Ferner kann der Referenzimpedanzwert, insbesondere vorab, an einem weiteren Sensor und/oder Aufbau, zum Beispiel an einer Fahrzeug-Vorserie, ermittelt werden. Insbesondere kann die Speichereinheit den vorab ermittelten Referenzimpedanzwert vorhalten.

**[0028]** Bevorzugt werden die Fahrzeugkomponenten aktiviert, wenn sich der aktuelle Impedanzwert und der Referenzimpedanzwert um einen Faktor von mindestens 2, insbesondere mindestens 10, unterscheiden. Weiterhin kann eine Reihe aufeinanderfolgender Impedanzmessungen zur Auswertung analysiert werden. So kann beispielsweise eine Fehlauslösung durch kurzzeitiges Eintauchen des Fahrzeugs im Gelände, zum Beispiel bei Flussüberquerungen, vermieden werden.

**[0029]** Bevorzugt wird vor dem Aktivieren der Fahrzeugkomponenten in Schritt d) eine Plausibilisierung des Auswertens von Schritt c) durchgeführt. Insbesondere werden zur Plausibilisierung zusätzliche Sensoren, wie Video-, Radar-, LiDAR-, Raddrehzahl-, Beschleunigungs- und/oder Drehratensensoren und/oder Ortsdaten verwendet.

**[0030]** Die Ortsdaten können beispielsweise aus GPS-Systemen und/oder anderen Ortungsdiensten stammen. Die Ortsdaten umfassen bevorzugt Daten zu kartographierten Gewässern. Auch Sensorfusionen können zur Plausibilisierung eingesetzt werden. Bevorzugt wird mehr als ein zusätzlicher Sensor zur Plausibilisierung eingesetzt. So können Beschleunigungs- und/oder Drehratensensoren bereits Informationen in der Flugphase und/oder in der Kollisionsphase liefern. Mit Ortungs- beziehungsweise Ortsdaten und Beschleunigungssensoren kann darü-

ber hinaus ein Abtreiben des Fahrzeugs detektiert werden, um eine schnellere Rettung der Fahrzeuginsassen zu ermöglichen.

**[0031]** Zusätzlich kann zur Plausibilisierung eine Ultraschallmessung nach dem Messprinzip des Ultraschalllaufzeit-Verfahrens genutzt werden, wobei die Zeitspanne zwischen Ultraschallimpuls und dem Echoeingang gemessen wird. Hierzu wird der mindestens eine Ultraschallsensor insbesondere in der Abkommensphase und/oder in der Flugphase eingesetzt.

**[0032]** Bevorzugt werden der mindestens eine Ultraschallsensor und gegebenenfalls die zusätzlichen Sensoren in der Abkommensphase, der Flugphase, der Kollisionsphase, der Tauchphase und/oder der Sinkphase und gegebenenfalls auch davor ausgewertet.

**[0033]** Bevorzugt werden in der Tauchphase und/oder der Sinkphase die Fahrzeugkomponenten aktiviert. Auf diese Weise werden geeignete automatische Hilfsmaßnahmen eingeleitet.

**[0034]** Das Aktivieren von Fahrzeugkomponenten umfasst bevorzugt das Auslösen eines Alarms und/oder das Entriegeln und gegebenenfalls Öffnen eines Rückhaltesystems, eines Fensters, einer Tür, einer Heckklappe und/oder eines Schiebedachs des Fahrzeugs. Das Rückhaltesystem ist zum Beispiel ein Gurtsystem. Die Fahrzeugkomponenten sind entsprechend bevorzugt ausgewählt aus Alarmgebern, Rückhaltesystemen, insbesondere Gurtsystemen, Fenstern, Türen, Heckklappe, Schiebedach und/oder Schutzmechanismen, die Energiespeicher des Fahrzeugs betreffen. Die Schutzmechanismen, die Energiespeicher des Fahrzeugs betreffen, sind zum Beispiel Abschaltvorrichtungen, insbesondere Ventile in Leitungen und/oder Leistungselektronik, bevorzugt zum Management von hohen Spannungen. Durch die Schutzmechanismen wird die Gefährdung der Insassen, der Umwelt und/oder des Fahrzeugs reduziert. Die Alarmgeber sind zum Beispiel Hupen und/oder Signalhörner. Der Alarm kann ein akustischer und/oder optischer Alarm oder ein eCall oder ein xCall sein. Ein eCall wird insbesondere von einem eCall-System als Alarmgeber gesendet, unter dem ein automatisches Notrufsystem verstanden wird, das Mobilfunk und Satellitenortung nutzt, um nach einem Unfall automatisch oder manuell eine Telefonverbindung zu einer Notfallzentrale herzustellen. Zusätzlich zur Sprachverbindung kann ein im Fahrzeug installiertes eCall-System Informationen zum Unfallort, zur Art der Auslösung und/oder zum Fahrzeug übermitteln. Bei einem xCall wird insbesondere eine Botschaft an einen oder mehrere definierte Empfänger gesendet, zum Beispiel an alle Mobiltelefone und/oder Fahrzeuge mit Mobilfunkanbindung in der Umgebung.

**[0035]** Die Fahrzeuginsassen sollten bei Aktivierung der Fahrzeugkomponenten prüfen, ob andere Fahrzeuginsassen Hilfe benötigen und das Fahrzeug durch die bereitgestellten Öffnungen, insbesondere vor oder während der Tauchphase beziehungsweise der Sinkphase, verlassen. Das Aktivieren der Fahrzeugkomponenten erfolgt bevorzugt vor oder während der Tauchphase und/oder der Sinkphase. Die Auswahl der zu aktivierenden Fahrzeugkomponenten sowie die Art und Abfolge der Maßnahmen wird bevorzugt in einem Programm definiert, das weiter bevorzugt in der Speichereinheit gespeichert ist. Ferner kann über die Fahrzeugsensorik bestimmt werden, welche Teile des Fahrzeugs sich im Wasser befinden, so dass die Aktivierung darauf abgestimmt werden kann.

**[0036]** Das Fahrzeug weist bevorzugt zumindest teilweise wasserdichte Elektronikkomponenten auf, wobei die Funktionsfähigkeit mindestens einer der Fahrzeugkomponenten für mindestens 5 Minuten, weiter bevorzugt mindestens 10 Minuten und beispielsweise bis 20 Minuten nach dem Eintauchen aufrechterhalten wird. Dadurch ist es möglich, zum Beispiel auch elektrische Fensterheber einzusetzen, um das Fenster zu öffnen. Die wasserdichten Elektronikkomponenten weisen bevorzugt eine wasserdichte Gehäusetechnik und/oder eine wasserdichte Verbindungstechnik auf. Gegebenenfalls können versiegelte Leiterplatten vorliegen, die insbesondere durch Eintauchen in Lack hergestellt werden.

**[0037]** Zusätzlich kann detektiert werden, ob sich zum Zeitpunkt des Unfalls Fahrzeuginsassen in dem Fahrzeug befinden. Ist das Fahrzeug frei von Fahrzeuginsassen, kann das Aktivieren der Fahrzeugkomponenten ausschließlich das Auslösen eines Alarms sein, wobei ein Entriegeln und gegebenenfalls Öffnen von Fahrzeugkomponenten verhindert wird, um Unbefugten einen Zugang zum Fahrzeug gegebenenfalls zu erschweren.

**[0038]** Darüber hinaus kann das Auswerten in Schritt c) an andere Fahrzeugsysteme, wie Airbag- und/oder ADAS (Advanced Driver Assistance System)-Systeme gekoppelt sein.

#### Vorteile der Erfindung

**[0039]** Durch das erfindungsgemäß vorgeschlagene Verfahren zur Detektion eines Unfalls, bei dem ein Fahrzeug zumindest teilweise in Wasser eintaucht, beziehungsweise durch das erfindungsgemäße Fahrzeug, ist eine Doppelfunktion bereits vorhandener Ultraschallsensoren möglich, wobei Komfort-Funktionen, wie Einparkhilfen, und Sicherheitsfunktionen kombiniert werden.

**[0040]** Ultraschallsensoren sind sehr verbreitet und robust und können somit zur Verhinderung von

Ertrinkungstod im Fall von Unfällen mit Wasserbezug eingesetzt werden.

**[0041]** Die Detektion des Aufschlags der akustisch anregbaren Sensoroberfläche auf die Wasseroberfläche und die Änderung der akustischen Impedanz sind elektrisch messbar und unterscheiden sich stark von den Referenzwerten der Sensorik unter Bedingungen der normalen Nutzung des Fahrzeugs. Die Impedanzmessung kann wiederholt durchgeführt werden und kann so als Zeitreihe verlässlich interpretiert werden.

**[0042]** Es kann eine robuste Detektion der Gefahrensituation erfolgen und Sicherheitssysteme können angesteuert werden. Durch die Plausibilisierung wird die falsch-positive Feststellung einer Unfallsituation reduziert.

#### Kurze Beschreibung der Zeichnungen

**[0043]** Ausführungsformen der Erfindung werden anhand der Zeichnungen und der nachfolgenden Beschreibung näher erläutert.

**[0044]** Es zeigen:

**Fig. 1** einen ersten beispielhaften Ablauf eines Unfalls,

**Fig. 2** einen zweiten beispielhaften Ablauf eines Unfalls und

**Fig. 3** eine schematische Darstellung einer Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens.

#### Ausführungsformen der Erfindung

**[0045]** In der nachfolgenden Beschreibung der Ausführungsformen der Erfindung werden gleiche oder ähnliche Elemente mit gleichen Bezugszeichen bezeichnet, wobei auf eine wiederholte Beschreibung dieser Elemente in Einzelfällen verzichtet wird. Die Figuren stellen den Gegenstand der Erfindung nur schematisch dar.

**[0046]** **Fig. 1** zeigt einen ersten beispielhaften Ablauf eines Unfalls, bei dem ein Fahrzeug 1 zumindest teilweise in Wasser 3 eintaucht. Hier nähert sich das Fahrzeug 1 dem Wasser 3 in Vorwärtsfahrt und taucht in dieses vorwärts ein. Das Fahrzeug 1 weist Fahrzeugkomponenten 5, hier ein Fenster, und ein Dach 17 auf sowie einen Stoßfänger 15, an dem ein Ultraschallsensor 7 mit einer akustisch anregbaren Sensoroberfläche 9 angeordnet ist.

**[0047]** **Fig. 1** zeigt eine erste Situation 31, eine zweite Situation 33 und eine dritte Situation 35, die den Ablauf des Unfalls illustrieren. Die erste Situation 31 entspricht der Abkommensphase und der Flugphase, wobei das Fahrzeug 1 von einer Fahrbahn

abkommt und sich dem Wasser 3 nähert. Dabei kann der Ultraschallsensor 7 ein Ultraschallsignal, das von einer Wasseroberfläche 37 reflektiert wird, detektieren.

**[0048]** Die zweite Situation 33 entspricht der Kollisionsphase, in der das Fahrzeug 1 auf die Wasseroberfläche 37 aufprallt. Durch den Aufprall wird die akustisch anregbare Sensoroberfläche 9 des Ultraschallsensors 7 mechanisch vom Wasser 3 angeregt, so dass ein elektrisches Signal 11 erzeugt wird.

**[0049]** Die dritte Situation 35 entspricht der Tauchphase und der Sinkphase, wobei das Fahrzeug 1 auf dem Wasser 3 zunächst schwimmt und dabei teilweise eingetaucht ist und dann untergeht. Der Ultraschallsensor 7 befindet sich unterhalb der Wasseroberfläche 37 im Wasser 3. Der Ultraschallsensor 7 ist nun von Wasser 3 umgeben, so dass bei einer Impedanzmessung ein aktueller Impedanzwert 13 ermittelt wird, der deutlich über einem Referenzimpedanzwert liegt, der gemessen wurde, als der Ultraschallsensor 7 von Luft 19 umgeben war.

**[0050]** **Fig. 2** zeigt einen zweiten beispielhaften Ablauf eines Unfalls, wobei ein Fahrzeug 1 in Wasser 3 eintaucht. In der hier gezeigten Variante taucht das Fahrzeug 1 in Rückwärtsfahrt ein und der Ultraschallsensor 7 ist an einem Stoßfänger 15 hinten am Fahrzeug 1 angeordnet. Die Situationen 31, 33 und 35 entsprechen denen gemäß **Fig. 1**.

**[0051]** **Fig. 3** zeigt schematisch eine Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens. Ultraschallsensoren 7 eines Fahrzeugs 1 liefern ein elektrisches Signal 11 durch mechanische Anregung der akustisch anregbaren Sensoroberfläche 9 mit Wasser 3 und/oder einen aktuellen Impedanzwert 13 durch Impedanzmessung. Zusätzlich kann ein reflektiertes Ultraschallsignal 39 zur Verfügung gestellt werden.

**[0052]** In einem Steuergerät 24 werden Signale von Ultraschallsensoren 7 ausgewertet. In einer Speichereinheit 23 und einer Recheneinheit 25 werden das elektrische Signal 11 und/oder der aktuelle Impedanzwert 13 ausgewertet und dazu mit einem jeweiligen Schwellenwert verglichen. Die ausgewerteten Signale werden einer Plausibilisierung 21 unterzogen, die Daten aus einem Airbag-System 27 und einem ADAS-System 29 berücksichtigen kann.

**[0053]** Überschreitet das elektrische Signal 11 und/oder der aktuelle Impedanzwert 13 einen jeweiligen Schwellenwert, werden Fahrzeugkomponenten 5 aktiviert, sofern die Plausibilisierung 21 diesem nicht entgegensteht. Es können lediglich eine Fahrzeugkomponente 5 oder auch mehrere Fahrzeugkomponenten 5 aktiviert werden, wobei insbesondere ein Alarm ausgelöst wird und Fenster und

Türen des Fahrzeugs 1 zumindest entriegelt und gegebenenfalls geöffnet werden.

**[0054]** Es ist auch möglich, dass zusätzlich zu Roh-Signalen, die ein reflektiertes Ultraschallsignal 39 liefern, Strom- und Spannungswerte übertragen werden, aus denen das elektrische Signal 11, das auch als elektrische Spitze bezeichnet werden kann, und der aktuelle Impedanzwert 13 extrahiert werden können. Die entsprechende Berechnung findet insbesondere in dem Steuergerät 24 statt. Die Speichereinheit 23 und die Recheneinheit 25 können Teil des Steuergeräts 24 oder separat vorgesehen sein.

**[0055]** Die Erfindung ist nicht auf die hier beschriebenen Ausführungsbeispiele und die darin hervorgehobenen Aspekte beschränkt. Vielmehr ist innerhalb des durch die Ansprüche angegebenen Bereichs eine Vielzahl von Abwandlungen möglich, die im Rahmen fachmännischen Handelns liegen.

**ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG**

*Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde automatisiert erzeugt und ist ausschließlich zur besseren Information des Lesers aufgenommen. Die Liste ist nicht Bestandteil der deutschen Patent- bzw. Gebrauchsmusteranmeldung. Das DPMA übernimmt keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.*

**Zitierte Patentliteratur**

- DE 102019211188 A1 [0004]



**Patentansprüche**

1. Verfahren zur Detektion eines Unfalls, bei dem ein Fahrzeug (1) zumindest teilweise in Wasser (3) eintaucht, wobei das Fahrzeug (1) Fahrzeugkomponenten (5) und mindestens einen Ultraschallsensor (7) mit einer akustisch anregbaren Sensoroberfläche (9) aufweist, umfassend die folgenden Schritte:

- a. Anregen der akustisch anregbaren Sensoroberfläche (9) durch das Wasser (3) beim Eintauchen des Fahrzeugs (1) in das Wasser (3), wobei ein elektrisches Signal (11) erzeugt wird und/oder
- b. Durchführen einer Impedanzmessung mittels des mindestens einen Ultraschallsensors (7), wobei ein aktueller Impedanzwert (13) ermittelt wird,
- c. Auswerten des elektrischen Signals (11) und/oder des aktuellen Impedanzwerts (13), wobei das elektrische Signal (11) und/oder der aktuelle Impedanzwert (13) mit einem jeweiligen Schwellenwert verglichen wird,
- d. Aktivieren von Fahrzeugkomponenten (5), wenn das elektrische Signal (11) und/oder der aktuelle Impedanzwert (13) größer als der jeweilige Schwellenwert ist.

2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass der mindestens eine Ultraschallsensor (7) zusätzlich für Funktionen eines Fahrassistenzsystems, insbesondere einer Einparkhilfe, eingesetzt wird.

3. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass der mindestens eine Ultraschallsensor (7) an einem Stoßfänger (15) und/oder auf einem Dach (17) des Fahrzeugs (1) angeordnet ist.

4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Aktivieren von Fahrzeugkomponenten (5) das Auslösen eines Alarms und/oder das Entriegeln und gegebenenfalls Öffnen eines Rückhaltesystems, einer Tür, eines Fensters, einer Heckklappe und/oder eines Schiebedachs umfasst.

5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Fahrzeug (1) zumindest teilweise wasserdichte Elektronikkomponenten aufweist, wobei die Funktionsfähigkeit mindestens einer der Fahrzeugkomponenten (5) für mindestens 5 Minuten nach dem Eintauchen aufrechterhalten wird.

6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Schwellenwert bezüglich des aktuellen Impedanzwerts (13) ein Referenzimpedanzwert ist, der gemessen wird, wenn der mindestens eine Ultra-

schallsensor (7) von einem gasförmigen Medium, insbesondere Luft (19), umgeben ist.

7. Verfahren nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Fahrzeugkomponenten (5) aktiviert werden, wenn sich der aktuelle Impedanzwert (13) und der Referenzimpedanzwert um einen Faktor von mindestens 2, insbesondere mindestens 10, unterscheiden.

8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Schwellenwert bezüglich des elektrischen Signals (11) ein elektrisches Referenzsignal ist, das durch ein von dem mindestens einen Ultraschallsensor (7) ausgesendetes und reflektiertes Signal erzeugt wird.

9. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass vor dem Aktivieren in Schritt d) eine Plausibilisierung (21) des Auswertens durchgeführt wird, wobei zusätzliche Sensoren, wie Video-, Radar-, Lidar-, Raddrehzahl-, Beschleunigungs- und/oder Drehratensensoren und/oder Ortsdaten verwendet werden.

10. Fahrzeug (1) umfassend eine Detektionseinheit zur Durchführung des Verfahrens nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Detektionseinheit den mindestens einen Ultraschallsensor (7), eine Speichereinheit (23) zur Speicherung der jeweiligen Schwellenwerte und eine Recheneinheit (25) zum Vergleichen des elektrischen Signals (11) und/oder des ermittelten Impedanzwerts (13) mit dem jeweiligen Schwellenwert aufweist.

Es folgen 2 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

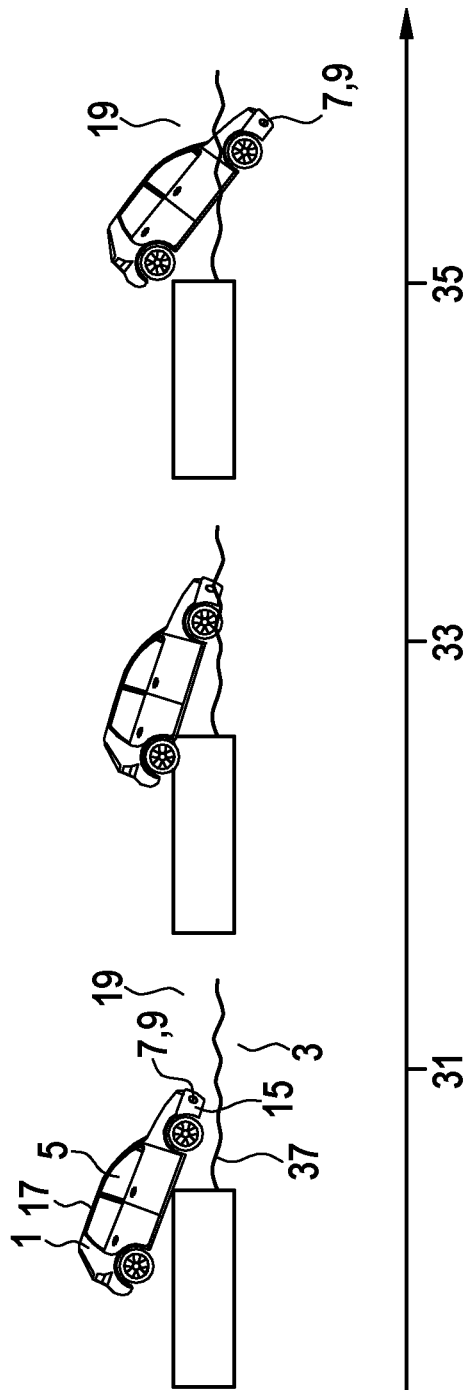


Fig. 1

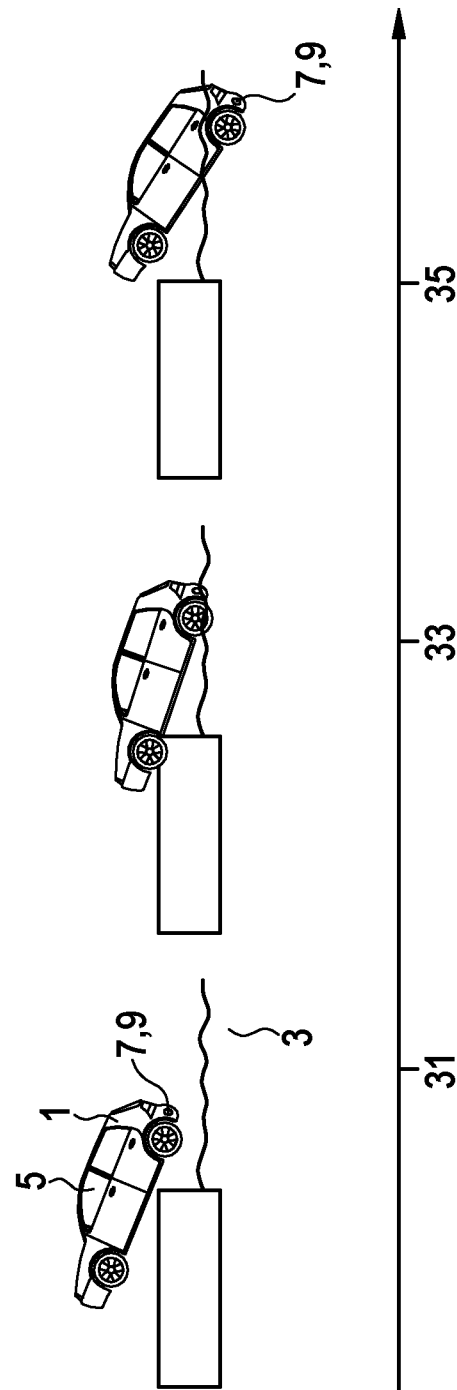
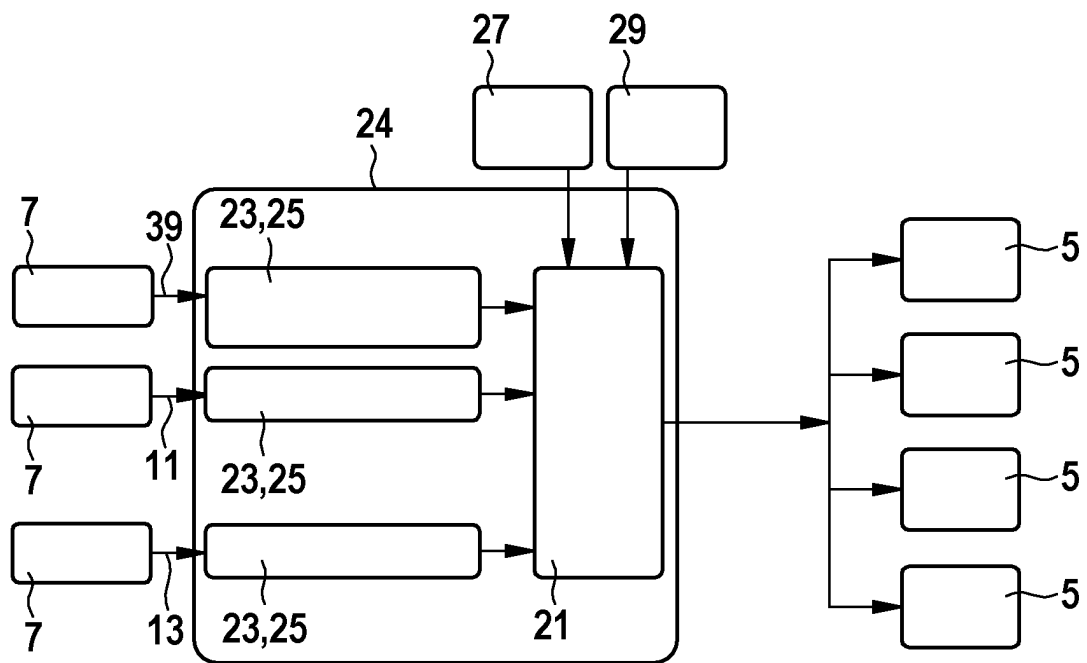


Fig. 2



**Fig. 3**