

(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
22. Dezember 2022 (22.12.2022)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2022/263100 A1

- (51) Internationale Patentklassifikation:
G01F 23/284 (2006.01) *G01S 7/41* (2006.01)
G01F 23/80 (2022.01) *G06N 3/02* (2006.01)
- (21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2022/063604
- (22) Internationales Anmeldedatum:
19. Mai 2022 (19.05.2022)
- (25) Einreichungssprache: Deutsch
- (26) Veröffentlichungssprache: Deutsch
- (30) Angaben zur Priorität:
10 2021 115 871.0
18. Juni 2021 (18.06.2021) DE
- (71) Anmelder: ENDRESS+HAUSER SE+CO. KG [DE/DE];
Hauptstr. 1, 79689 Maulburg (DE).
- (72) Erfinder: MALINOVSKIY, Alexey; Webereistr. 40,
79689 Maulburg (DE). REIMELT, Ralf; Breisgauer Strasse
55, 79110 Freiburg (DE).
- (74) Anwalt: KOSLOWSKI, Christine; Endress+Hauser
Group Services (Deutschland) AG+Co. KG, Colmarer Str.
6, 79576 Weil am Rhein (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, IQ, IR, IS, IT, JM, 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, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA,
RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, ST, SV,

(54) Title: DETECTING A BOUNDARY LAYER USING A MACHINE LEARNING ALGORITHM

(54) Bezeichnung: GRENZSCHICHT-DETEKTION MIT EINEM MASCHINELLEN LERN-ALGORITHMUS

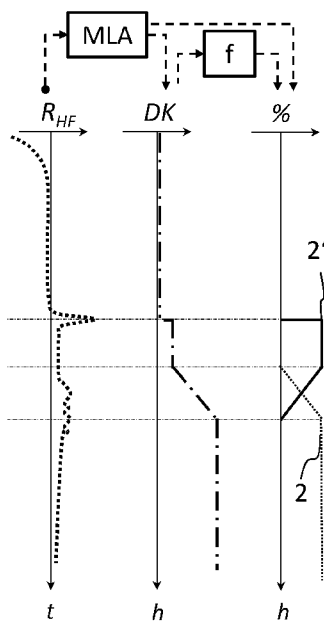


Fig. 2

(57) Abstract: The invention relates to a measuring system for measuring a boundary layer of a filler (2, 2') in a container (3). The measuring system comprises the following system components: a radar-based measuring device (1) comprising an antenna or a measuring sensor (11), by means of which high-frequency signals (S_{HF}) can be transmitted towards the filler (2, 2') and can be received as received signals (R_{HF}) after being reflected on the filler surface; a signal generating unit which generates the high-frequency signal (S_{HF}) to be transmitted; and a receiving unit which is designed to record the received signal (R_{HF}). According to the invention, the measuring system additionally comprises an analysis unit (4) in which a machine learning algorithm (MLA), such as an artificial neural network, is designed to detect the boundary layer using the received signal (R_{HF}). By implementing a machine learning algorithm (MLA) according to the invention, the invention solves the problem of the boundary layer or the additive filler layer (2') often not generating a uniquely assignable signal maximum in the received signal (R_{HF}), as is required in known clearance measuring methods according to the prior art in order to detect a clearance.

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Mess-System zur Grenzschicht-Detektion an einem Füllgut (2, 2') in einem Behälter (3), das folgende System-Komponenten umfasst: Ein Radar-basiertes Messgerät (1), mit einer Antenne oder einer Mess-Sonde (11), mittels welcher Hochfrequenz-Signale (S_{HF}) gen Füllgut (2, 2') gesendet und nach Reflektion an der Füllgut-Oberfläche als Empfangs-Signale (R_{HF}) empfangen werden können, mit einer Signal-erzeugungs-Einheit, die das auszusendende Hochfrequenz-Signal (S_{HF}) erzeugt, und mit einer Empfangs-Einheit, die ausgelegt ist, das Empfangs-Signal (R_{HF}) aufzuzeichnen. Erfindungsgemäß umfasst das Mess-System außerdem eine Auswerte-Einheit (4), in welcher ein maschineller Lern-Algorithmus (MLA), wie ein künstliches neuronales Netzwerk derart ausgebildet ist, um anhand des Empfangs-Signals (R_{HF}) die Grenzschicht zu detektieren. Durch die erfindungsgemäße Implementierung eines maschinellen Lern-Algorithmus (MLA) wird das Problem umgangen, dass die Grenzschicht bzw. die additive Füllgutschicht (2') im Empfangs-Signal (R_{HF}) oftmals kein eindeutig zuordbares Signal-Maximum generiert, welches bekannte Abstandsmessverfahren gemäß des Stand der Technik zu dessen Detektion benötigen.



WO 2022/263100 A1

SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC,
VN, WS, ZA, ZM, ZW.

- (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).

Veröffentlicht:

- mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)

**GRENZSCHICHT-DETEKTION MIT EINEM MASCHINELLEN
LERN-ALGORITHMUS**

Die Erfindung betrifft Radar-basierte Grenzschicht-Detektion auf Basis maschineller Lern-
Algorithmen.

5

In der Automatisierungstechnik, insbesondere zur Prozessautomatisierung werden
vielfach Feldgeräte eingesetzt, mittels denen diverse Prozessgrößen erfassbar sind. Bei
der zu bestimmenden Prozessgröße kann es sich beispielsweise um einen Füllstand,
einen Durchfluss, einen Druck, die Temperatur, den pH-Wert, das Redoxpotential, eine
Leitfähigkeit oder den Dielektrizitätswert eines Mediums in einer Prozessanlage handeln.
Zur Erfassung der entsprechenden Messwerte umfassen die Feldgeräte jeweils geeignete
Sensoren bzw. basieren auf geeigneten Messprinzipien. Eine Vielzahl verschiedener
Feldgeräte-Typen wird von der Firmen-Gruppe Endress + Hauser hergestellt und
vertrieben.

10

15

Zur Füllstandsmessung von Füllgütern in Behältern haben sich Radar-basierte
Messverfahren etabliert, da sie robust und wartungsarm sind. Dabei besteht ein zentraler
Vorteil Radar-basierter Messverfahren in der Fähigkeit, den Füllstand quasi kontinuierlich
und berührungslos messen zu können. Im Kontext dieser Patentanmeldung beziehen sich
die Begriffe „Radar“ bzw. „Hochfrequenz“ auf elektromagnetische Wellen mit Frequenzen
zwischen 0.03 GHz und 300 GHz. Übliche Frequenzbänder, bei denen
Füllstandsmessung durchgeführt wird, liegen bei 2 GHz, 26 GHz, 79 GHz, oder 120 GHz.
Die beiden gängigen Messprinzipien bilden hierbei das Pulslaufzeit-Prinzip (auch unter
dem Begriff „Pulsradar“ bekannt) sowie das FMCW-Prinzip („*Frequency Modulated
Continuous Wave*“). Auf Basis des Pulslaufzeit-Verfahrens sowie auf Basis des FMCW-
Verfahrens können Füllstandsmessgeräte mit vergleichsweise geringem
schaltungstechnischem Aufwand und einer hohen Füllstands-Auflösung im Sub-
Millimeterbereich realisiert werden. Näher beschrieben werden Radar-basierte
Messprinzipien beispielsweise in „*Radar Level Detection, Peter Devine, 2000*“.

20

25

30

Neben frei abstrahlender Radar-Messung, bei der die Hochfrequenz-Signale über eine
Antenne ausgesendet bzw. empfangen werden, existiert zudem die Variante des
geführten Radars. Hierbei dient anstelle der Antenne eine elektrisch leitfähige Mess-
Sonde (bspw. ein Koaxial-Wellenleiter oder ein Metallstab), die zur Führung der
Hochfrequenz-Signale in den Behälter hinuntergelassen ist. Analog zu frei abstrahlendem
Radar wird das Hochfrequenz-Signal in der Mess-Sonde auf Höhe der Füllgutoberfläche
reflektiert und entlang der Mess-Sonde zum Füllstandsmessgerät zurückgeleitet. Bekannt
ist diese Variante der Radar-basierten Füllstandsmessung auch unter dem Begriff
„*TDR*“ („*Time Domain Reflectometry*“). Vorteilhaft an dieser Variante ist, dass aufgrund
der geführten Signalabstrahlung weniger Leistung zum Betrieb des

35

40

Füllstandsmessgerätes erforderlich ist. Beschrieben ist ein TDR-basiertes Füllstandsmessgerät beispielsweise in der US-Patentschrift 10,07,743 B2.

5 Unabhängig vom Messprinzip (Pulslaufzeit, FMCW, TDR) wird der Füllstandswert bestimmt, indem aus dem reflektierten Empfangssignal das von der Füllgut-Oberfläche resultierende Signal-Maximum und dessen korrespondierender Abstands-Wert ermittelt wird. Allgemein beschrieben werden die verschiedenen Radar-basierten Messprinzipien beispielsweise in „*Radar Level Detection, Peter Devine, 2000*“.

10 Je nach Art des Füllgutes, dessen Füllstand zu bestimmen ist, ist dieses gegebenenfalls mit Verunreinigungen, Aditiven oder Fremdstoffen durchsetzt, welche oberhalb oder unterhalb des Füllgutes eventuell eine additive Füllgutschicht, wie beispielsweise einen Schaum, ein Sediment oder eine ölige bzw. wässrige Phase ausbilden. In diesem Fall bildet sich zwischen dem eigentlichen Füllgut und der additiven Füllgutschicht auch eine
15 mehr oder weniger stark ausgeprägte Grenzschicht, häufig auch als „*Trennschicht*“ verstanden, aus. Dementsprechend kann die Füllstandsmessung durch etwaige, zusätzliche Füllgutschichten gestört oder verfälscht werden, da das entsprechende Signal-Maximum der Füllgut-Oberfläche nicht mit Sicherheit identifiziert werden kann. Aus diesem Grund ist es von Interesse, neben dem Füllstand des Füllgutes
20 zudem das Vorhandensein oder sogar die Dicke einer additiven Füllgutschicht sicher detektieren zu können. Ein TDR-basiertes Füllstandsmessgerät, welches eine etwaige additive Füllgutschicht durch Vergleich der Amplitude mit einem theoretischen Soll-Wert ermittelt, wird in der europäischen Patentanmeldung 2 722 655 A1 beschrieben. Mittels Identifikation des entsprechenden Signal-Maximums ist eine Detektion jedoch auch in
25 diesem Fall zumindest unsicher, da die additive Füllgutschicht bzw. dessen Oberfläche das entsprechende Signal gegebenenfalls nur sehr schwach reflektiert.

Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, eine etwaige Grenzschicht zuverlässig ermitteln zu können.

30 Die Erfindung löst diese Aufgabe durch ein entsprechendes Mess-System zur Grenzschicht-Detektion an einem Füllgut, das sich in einem Behälter befindet. Hierzu umfasst das Mess-System folgende Komponenten:

- Ein Radar-basiertes Messgerät, mit
35
 - o einer Übertragungs-Einheit wie bspw. einer Antenne oder einer Mess-Sonde, mittels welcher Hochfrequenz-Signale gen Füllgut gesendet und nach Reflektion an der Füllgut-Oberfläche als Empfangs-Signale empfangen werden können,
 - o einer Signalerzeugungs-Einheit, die ausgelegt ist, das auszusendende
40 Hochfrequenz-Signal zu erzeugen, und mit

- einer Empfangs-Einheit, die ausgelegt ist, das Empfangs-Signal aufzuzeichnen, und
- eine Auswerte-Einheit, in welcher erfindungsgemäß ein maschineller Lern-Algorithmus ausgebildet ist, um anhand des Empfangs-Signals die Grenzschicht zu detektieren.

Unter dem Begriff „Einheit“ wird im Rahmen der Erfindung prinzipiell jede elektronische Schaltung verstanden, die für den angedachten Einsatzzweck geeignet ausgelegt ist. Es kann sich also je nach Anforderung um eine Anlogschaltung zur Erzeugung bzw. Verarbeitung entsprechender analoger Signale handeln. Es kann sich jedoch auch um eine Digitalschaltung wie einen Microcontroller oder ein Speichermedium in Zusammenwirken mit einem Programm handeln. Dabei ist das Programm ausgelegt, die entsprechenden Verfahrensschritte durchzuführen bzw. die notwendigen Rechenoperationen der jeweiligen Einheit anzuwenden. In diesem Kontext können verschiedene elektronische Einheiten des Mess-Systems im Sinne der Erfindung potenziell auch auf einen gemeinsamen physikalischen Speicher zurückgreifen bzw. physikalisch mittels derselben Digitalschaltung betrieben werden.

Durch die erfindungsgemäße Implementierung eines maschinellen Lern-Algorithmus wird das Problem umgangen, dass die Grenzschicht bzw. die additive Füllgutschicht im Empfangs-Signal oftmals kein eindeutig zuordbares Signal-Maximum generiert, welches klassische Abstandsmessverfahren gemäß des Stand der Technik, wie dem TDR-, dem Pulslaufzeit- oder dem FMCW-Verfahren, zu dessen Detektion benötigen. Vielmehr können Empfangs-Signale, die unter komplexen Messbedingungen wie beispielsweise bei Mehrfachreflektionen aufgezeichnet werden, mittels maschineller Lern-Algorithmen wesentlich besser interpretiert werden.

Neben der erfindungsgemäßen Detektion der Grenzschicht ist es auch denkbar, dass die Auswerte-Einheit oder die Empfangs-Einheit des Messgerätes auch ausgelegt ist, um anhand des Empfangs-Signals auf Basis klassischer Abstandsmessverfahren zusätzlich den Füllstand des Füllgutes im Behälter zu bestimmen.

Im Rahmen der Erfindung kann die Auswerte-Einheit insbesondere ausgelegt werden, um anhand des Empfangs-Signals mittels des maschinellen Lern-Algorithmus

- eine vertikale Dicke und/oder eine vertikale Lage der Grenzschicht in Bezug zur Höhe über Behälter-Sole,
- insbesondere in Abhängigkeit der Höhe über der Behälter-Sole einen Massen- bzw. einen Volumen-Anteil des Füllgutes in der Grenzschicht,
- und/oder einen Dielektrizitätswert in Bezug zur Höhe über der Sole des Behälters

zu bestimmen. In diesem Fall kann der Massen- bzw. Volumen-Anteil des Füllgutes in der Grenzschicht beispielsweise detektiert werden, indem die Auswerte-Einheit mittels des maschinellen Lern-Algorithmus entlang der Mess-Sonde eine Verteilung des Dämpfungskoeffizienten, der Leitfähigkeit und/oder der Dielektrizitätskonstante im Behälter ermittelt.

Als „*maschineller Lern-Algorithmus*“ definiert sich im Rahmen der Erfindung prinzipiell jeder universelle, mathematische Funktions-Approximator, welcher zumindest eine seiner Eingangsgrößen auf mindestens eine seiner Ausgangsgrößen abbildet. Interne Parameter der entsprechenden, abbildenden Funktionen werden während einer Einlern-Phase anhand von bekannten Trainingsdaten angepasst. Dabei wird als algorithmischer Ansatz insbesondere ein überwachtes Lernen implementiert. In diesem Zusammenhang ist es im Rahmen der Erfindung nicht fest vorgeschrieben, in welcher konkreten Form der maschinelle Lern-Algorithmus implementiert ist. Zum Beispiel kann der maschinelle Lern-Algorithmus in Form von „*Decision Trees*“, „*Support Vector Machine*“, „*Naive Bayes*“, oder „*k Nearest Neighbour*“ implementiert werden. Besonders wirksam kann die Grenzschicht jedoch detektiert werden, wenn der maschinelle Lern-Algorithmus auf Basis eines nicht-symbolischen Ansatzes, wie beispielsweise als künstliches neuronales Netzwerk, insbesondere in Form einer tiefen Lernmethode (besser bekannt als „*Deep Learning*“) ausgelegt ist. Näher beschrieben sind maschinelle Lern-Algorithmen beispielsweise in „*Introduction to Artificial Intelligence*“ (Wolfgang Ertel, 2017).

Außerdem ist es im Rahmen der Erfindung nicht wesentlich, wie bzw. wo die Auswerte-Einheit realisiert ist. So kann die Auswerte-Einheit beispielsweise als integraler Bestandteil des Messgerätes, oder als ein Bestandteil eines übergeordneten Netzwerkes, wie einer Cloud bzw. einem Server, oder als Bestandteil eines anlagenspezifischen Prozessleitsystems ausgelegt werden.

Vorteilhaft ist es, wenn das Messgerät auf Basis des TDR-Verfahrens ausgelegt ist, so dass die Übertragungs-Einheit als Mess-Sonde realisiert ist, die sich in den Behälter erstreckt. Korrespondierend hierzu erzeugt die Signalerzeugungseinheit das auszusendende Hochfrequenz-Signal in diesem Fall gemäß des TDR-Verfahrens entsprechend pulswise. Vorteilhaft am TDR-Verfahren in Bezug zur erfindungsgemäßen Idee ist, dass das Empfangs-Signal im Vergleich zu frei abstrahlendem Radar eine insgesamt höhere Signal-Amplitude aufweist, wodurch der maschinelle Lern-Algorithmus die Grenzschicht prinzipiell leichter identifizieren kann.

Korrespondierend zum erfindungsgemäßen Mess-System wird die Aufgabe, die der Erfindung zugrunde liegt, außerdem durch ein entsprechendes Mess-Verfahren zur Detektion einer Grenzschicht eines Füllgutes in einem Behälter mittels des Mess-Systems

nach einer der vorhergehend beschriebenen Ausführungsvarianten gelöst. Dabei umfasst das Verfahren folgende Verfahrensschritte:

- Aussenden eines Hochfrequenz-Signals über die Übertragungs-Einheit in den Behälter,
- 5 - Aufzeichnen des Empfangs-Signals nach dortiger Reflektion des Hochfrequenz-Signals, und
- derartige Auswertung des Empfangs-Signals mittels des maschinellen Lern-Algorithmus, so dass die Grenzschicht detektiert wird.

10 Dabei kann der maschinelle Lern-Algorithmus in der Einlern-Phase, die vor dem eigentlichen Messbetrieb erforderlich ist, beispielsweise mittels experimentell gewonnener und/oder per Simulation generierter Empfangs-Signale, wie zum Beispiel mittels „CST Microwave Studio“ eingelernt werden.

15 Anhand der nachfolgenden Figuren wird die Erfindung näher erläutert. Es zeigt:

Fig. 1: Ein TDR-basiertes Messgerät zur erfindungsgemäßen Grenzschichtdetektion in einem Behälter, und

Fig. 2: ein Verfahren zur erfindungsgemäßen Ermittlung der Grenzschicht.

20 Zum Verständnis erfindungsgemäßer Grenzschicht-Detektion ist in Fig. 1 ein TDR-basiertes Messgerät 1 gezeigt, mittels dem der Füllstand L eines in einem Behälter 3 befindlichen Füllgutes 2, 2' bestimmt werden kann.

25 Gemäß des TDR-Verfahrens umfasst das Messgerät 1 als Übertragungs-Einheit 11 für Hochfrequenz-Signale S_{HF} , R_{HF} gen Füllgut 2, 2' bzw. nach Reflektion im Behälter 3 eine Mess-Sonde 11. Entgegen der in Fig. 1 gezeigten Ausführungsvariante umfasst das Messgerät 1 im Falle von frei abstrahlendem Radar als Übertragungs-Einheit 11 zumindest eine Antenne. Zur Bestimmung des Füllstandes L erstreckt sich die Mess-Sonde 11 im Behälter-Inneren vom Messgerät 1 an der Oberseite des Behälters 3 bis
30 quasi zur Sole des Behälters 3. Dabei ist die Einbauhöhe h des Messgerätes 1 oberhalb der Behältersole bekannt und im Füllstandsmessgerät 1 oder in einer externen Auswert-Einheit 4, wie einem dezentralen Server oder einem zentralen Prozessleitsystem, hinterlegt.

35 Über die Mess-Sonde 11 wird das auszusendende Hochfrequenz-Signal S_{HF} entsprechend des TDR-Verfahrens pulsformig oder mit einer Frequenzrampe in Richtung des Füllgutes 2, 2' geleitet. Durch den Sprung des Dielektrizitätswertes DK an der Oberfläche des Füllgutes 2, 2' wird das ausgesendete Hochfrequenz-Signal S_{HF} im
40 Anschluss auf Höhe der Füllgut-Oberfläche in der Mess-Sonde 11 reflektiert und nach

einer korrespondierenden Signallaufzeit t im Messgerät 1 entsprechend als Empfangs-Signal R_{HF} empfangen. Hierbei hängt die Signallaufzeit t des Signals S_{HF} , R_{HF} gemäß

$$t = \frac{2d}{c}$$

5

vom Abstand d

$$d = h - L$$

10 der Behälter-Oberseite zur Füllgut-Oberfläche ab. Dabei ist c die Ausbreitungsgeschwindigkeit des Hochfrequenz-Signals S_{HF} , R_{HF} entlang der Mess-Sonde 11, die im Bereich der Lichtgeschwindigkeit c liegt.

15 Zur Erzeugung des Hochfrequenz-Signals S_{HF} umfasst das Füllstandsmessgerät 1 eine entsprechend ausgelegte Signalerzeugungs-Einheit: Im Falle des TDR-Verfahrens kann diese beispielsweise auf einem Kondensator basieren, der zur Erzeugung des ca. 100 ps bis 1 ns dauernden Pulses entsprechend entladen wird. Im Falle von frei abstrahlendem Radar gemäß des Pulslaufzeit- oder FMCW-Verfahrens kann die Signalerzeugungs-Einheit beispielsweise einen Frequenz-geregelten Hochfrequenz-Schwingkreis oder einen Schwingquarz umfassen. Damit die Signalerzeugungs-Einheit das Hochfrequenz-Signal S_{HF} gemäß dem jeweiligen Verfahren in der erforderlichen Taktrate pulsformig oder rampenförmig erzeugt, wird der Kondensator bzw. der Schwingquarz entsprechend getaktet bzw. moduliert angesteuert.

25 Zwischen der Signalerzeugungs-Einheit des Messgerätes 1 und der Mess-Sonde 11 ist eine Sende-/Empfangs-Weiche zwischengeschaltet, um das Empfangs-Signal R_{HF} nach Reflektion im Behälter 3 einer Empfangs-Einheit zuzuführen, in welcher das Empfangs-Signal R_{HF} digitalisiert bzw. aufgezeichnet wird. Dabei ist die Auslegung der Sende-/Empfangs-Weiche prinzipiell nicht fest vorgegeben. Im Falle des TDR-Verfahrens, wie es bei der in Fig. 1 gezeigten Ausführungsvariante der Fall ist, kann die Sende-/Empfangs-Weiche beispielsweise als rein elektrischer Knoten ausgelegt sein. Insbesondere im Fall von frei abstrahlendem Radar kann die Sende-/Empfangs-Weiche beispielsweise als Duplexer realisiert werden.

35 Zur Ermittlung des Füllstandes L kann das Empfangs-Signal R_{HF} in der Empfangs-Einheit beispielsweise aufgezeichnet werden, indem das Empfangs-Signal R_{HF} gemäß des Pulslaufzeit-Prinzips unterabgetastet wird, so dass das Empfangs-Signal R_{HF} zeitlich um einen definierten Faktor gedehnt wird. Dabei hängt der Zeitdehnungsfaktor von der Abtastrate ab. Hierzu muss die entsprechende Abtastrate zur Erzielung einer hinreichenden Zeitdehnung so gewählt sein, dass sie sich von der Taktrate der

ausgehenden Signal-Pulse S_{HF} lediglich im Promillebereich unterscheidet. Durch die Zeitdehnung wird die Bestimmung des Füllstandes L anhand des Empfangssignals R_{HF} aus schaltungstechnischer Sicht vereinfacht. Im Gegensatz zu der in Fig. 1 gezeigten Ausführungsvariante wird das Empfangs-Signal R_{HF} im Falle von frei abstrahlendem Radar zusätzlich zur Zeitdehnung gleichgerichtet, so dass das aufgezeichnete Empfangs-Signal R_{HF} in Bezug zu einem festen Referenzpotential lediglich eine Polarität – plus oder minus – aufweist.

Die Ermittlung des Füllstandes L mittels des ggf. zeitgedehnten Empfangs-Signals R_{HF} wird anhand der linken Kurve in Fig. 2 näher veranschaulicht: Die dortige Kurve illustriert den zeitlichen Amplituden-Verlauf des ggf. zeitgedehnten Empfangs-Signals R_{HF} . Dabei verhält sich der Abstand d zwischen Behälter-Oberseite und der Füllgut-Oberfläche proportional zur Signallaufzeit-Achse t der in Fig. 2 dargestellten Kurven. Im Idealfall, also ohne jegliche äußere Störeinflüsse, umfasst das Empfangs-Signal R_{HF} zumindest ein Signal-Maximum, welches an der Oberfläche des Füllgutes 2, 2' hervorgerufen wird. Dabei wird der Füllstand L anhand der zum Signal-Maximum korrespondierenden Laufzeit t und der zuvor erwähnten Formeln bestimmt.

Wie in Fig. 1 dargestellt wird, ist oberhalb des Füllgutes 2 eine additive Füllgutschicht 2', wie bspw. eine wässrige Phase eines ansonsten ölbasierten Füllgutes 2 ausgebildet. Dabei ist die additive Füllgutschicht 2' vom Füllgut 2 vertikal durch eine Grenzschicht getrennt, in der beide Komponenten, also Öl und Wasser als Emulsion in jeweils einem definierten Massen- bzw. Volumen-Anteil % vorliegen.

Das Ausführungsbeispiel in Fig. 1 bzw. Fig. 2 verdeutlicht, dass das Signal-Maximum des Empfangs-Signals R_{HF} in diesem Fall nicht durch das eigentliche Füllgut 2, sondern durch die additive Füllgutschicht 2' hervorgerufen wird. Auf Höhe der Grenzschicht bzw. darunter weist das Empfangs-Signals R_{HF} durch Reflektion in der Grenzschicht bzw. an der Oberfläche zum eigentlichen Füllgut 2 zwar auch eine erhöhte Signal-Amplitude auf, jedoch lässt sich hieraus im Zweifelsfall kein dezidiertes Signal-Maximum bestimmen. Daher ist es dem Messgerät 1 unabhängig davon, ob es auf dem Pulslaufzeit- dem FMCW- oder dem TDR-Prinzip basiert, lediglich möglich, den kumulierten Füllstand des Füllgutes 2 und der additiven Füllgutschicht 2' zu ermitteln. Dabei ist es je nach Anwendung bzw. Prozessanlage essenziell, den Füllstand L des reinen Füllgutes 2 zu kennen, wie in Fig. 1 dargestellt ist. In diesem Zusammenhang kann es außerdem notwendig sein, als Parameter das Vorhandensein oder die Dicke der additiven Füllgutschicht 2' zu kennen. Als weiterer Parameter können die Dicke der Grenzschicht bzw. der dort vorherrschende Massen- bzw. Volumen-Anteil % des Füllgutes 2 bzw. des Additivs 2' relevant sein. Dabei soll der Massen- bzw. Volumen-Anteil % möglichst orts aufgelöst, also in Abhängigkeit der Höhe h über der Behälter-Sole bestimmt werden.

Somit bezieht sich der Begriff „*Grenzschicht-Detektion*“ im Rahmen der Erfindung auf die Bestimmung eines oder mehrerer dieser zuvor vorgestellten Parameter.

5 Erfindungsgemäß können solche Parameter, die in Zusammenhang mit der Grenzschicht stehen, durch die Anwendung eines maschinellen Lern-Algorithmus MLA auf das ggf. zeitgedehnte Empfangs-Signal R_{HF} ermittelt werden. Hierbei ist es prinzipiell nicht festgelegt, welcher Lern-Algorithmus MLA angewendet wird. Als besonders zielführend erweisen sich hierbei jedoch künstliche neuronale Netzwerke, insbesondere „Deep Learning“. Durch diese erfindungsgemäße Idee wird das Problem umgangen, dass die
10 Grenzschicht bzw. die additive Füllgutschicht im Empfangs-Signal oftmals kein eindeutig zuordbares Signal-Maximum generiert, welches gemäß des Stand der Technik zu dessen Detektion erforderlich wäre.

Da die Anwendung des maschinellen Lern-Algorithmus MLA ggf. eine hohe
15 Rechenleistung erfordert, ist es vorteilhaft, wenn der maschinelle Lern-Algorithmus MLA nicht im Messgerät 1 selbst implementiert ist, sondern in der externen Auswerte-Einheit 4, da das Messgerät 1 in der Prozessanlage unter Umständen einer begrenzten Leistungsversorgung unterliegt. Dabei kann das Messgerät 1 bzw. dessen Empfangs-Einheit das aufgezeichnete Empfangs-Signal R_{HF} über eine geeignete Schnittstelle, wie
20 etwa „*PROFIBUS*“, „*HART*“, „*Wireless HART*“, „*4-20mA*“, „*Bluetooth*“ oder „*Ethernet*“ an die Auswerte-Einheit 4 übertragen. Somit bildet die Auswerte-Einheit 4 zusammen mit dem Messgerät 1 ein entsprechendes Mess-System zur erfindungsgemäßen Grenzschicht-Detektion im Behälter 3. Sofern auch im Messgerät 1 genügend Rechenleistung zur Verfügung steht, kann der maschinelle Lern-Algorithmus MLA zur
25 Grenzschicht-Detektion auch im Messgerät 4 selbst implementiert werden.

Die Anwendung maschineller Lern-Algorithmen MLA erfordert ein Einlernen des erfindungsgemäßen Mess-Systems unter bekannten Bedingungen. Daher ist das Messgerät 1 vor dem regulären Messbetrieb verschiedenen Einlern-Situationen mit
30 bekannten Parametern, wie

- dem Füllstand L des Füllgutes 2,
- der Dicke der Grenzschicht,
- der Dicke der additiven Füllgutschicht,
- einem bekannten Füllgut Typ bzw. dessen Dielektrizitätswert DK ,
- 35 - dem Dielektrizitätswert DK der additiven Füllgutschicht

auszusetzen. Dabei können die zugrunde liegenden Empfangs-Signale R_{HF} nicht nur experimentell gewonnen werden, sondern auch mittels Simulation, wie beispielsweise per „*CST Microwave Studio*“. Hierdurch wird eine zeitintensive Einlern-Phase in der Prozess-Anlage vermieden.

40

Fig. 2 verdeutlicht eine vorteilhafte Art, wie das erfindungsgemäße Mess-System nach Abschluss der Einlern-Phase anhand des Empfangs-Signals R_{HF} auf Basis des maschinellen Lern-Algorithmus MLA im regulären Messbetrieb die Grenzschicht bzw. zuvor genannte Parameter detektieren kann: Mittels des maschinellen Lern-Algorithmus

5 MLA wird aus dem Signal-Laufzeit t abhängigen Empfangs-Signal R_{HF} zunächst der Dielektrizitätswert DK im Behälter 3 in Abhängigkeit der Signal-Laufzeit t bzw. in Abhängigkeit der Höhe h ermittelt, wie die mittlere Kurve in Fig. 2 darstellt. Darauf basierend kann in der Auswertungs-Einheit 4 mittels einer entsprechend programmierten Logik bzw. Auswertungsfunktion f auf die einzelnen Parameter geschlossen werden:

10

- Der konstante Dielektrizitätswert DK im oberen Laufzeit-Bereich muss der Atmosphäre oberhalb des Füllgutes bzw. oberhalb der additiven Füllgutschicht 2' zugeordnet werden.
- Ändert sich der Dielektrizitätswert DK über einen definierten Bereich der Signallaufzeit t , so muss in diesem Bereich die Grenzschicht vorliegen.
- 15 - Der konstante Dielektrizitätswert DK unterhalb des Bereichs, welcher zur Grenzschicht gehört, muss dem Füllgut 2 zugeordnet werden, wobei der Dielektrizitätswert DK Rückschlüsse auf den Füllgut-Typ zulässt (ein Dielektrizitätswert im Bereich von 80 kann einem zu 100 % wasserhaltigen Medium zugeordnet werden, siehe auch die rechte Kurve in Fig. 2).
- 20 - Der konstante Dielektrizitätswert DK oberhalb des Signallaufzeit-Bereichs, welcher zur Grenzschicht gehört, muss der additiven Füllgutschicht 2' zugeordnet werden, wobei der korrespondierende Dielektrizitätswert DK wiederum auf die Art der additiven Füllgutschicht 2' rückschließen lässt (ein Dielektrizitätswert im Bereich von zwei kann bspw. einem zu 100 % ölhaltigen Medium zugeordnet werden),
- 25 - Anhand der Lage der Grenzschicht kann der Füllstand L ermittelt werden.
- Anhand der Ausdehnung desjenigen Signallaufzeit-Bereichs, welcher der additiven Füllgutschicht 2' zugeordnet ist, kann die Dicke der additiven Füllgutschicht 2' bestimmt werden,
- 30 - Je nachdem, wie sich der Dielektrizitätswert DK innerhalb der Grenzschicht ändert, ändert sich auch der Massen- /Volumen-Anteil % des Füllgutes 2 bzw. der additiven Füllgutes 2' innerhalb der Grenzschicht, wie aus der mittleren und rechten Kurve in Fig. 2 hervorgeht: Da der Dielektrizitätswert DK mit zunehmender Signallaufzeit t bzw. mit abnehmender Höhe h kontinuierlich zunimmt, muss der Anteil % des Füllgutes 2 mit abnehmender Höhe h kontinuierlich (von 0 % auf 100 %) zunehmen. Im Umkehrschluss muss auch der Anteil % des additiven Füllgutes 2' mit zunehmendem Abstand d kontinuierlich (von 100 % auf 0 %) abnehmen.

40

Anstatt den jeweiligen Anteil % indirekt über den Dielektrizitätswert zu ermitteln, ist es im Rahmen der Erfindung auch denkbar, mittels des maschinellen Lern-Algorithmus MLA den Anteil % unmittelbar aus dem Empfangs-Signal R_{HF} zu ermitteln, wie in Fig. 2 ebenfalls illustriert ist.

5

Bei dem anhand von Fig. 1 und Fig. 2 gezeigten Ausführungsbeispiel ist neben dem eigentlichen Füllgut 2 lediglich eine additive Füllgutschicht 2' ausgebildet. Es versteht sich dabei von selbst, die erfindungsgemäße Idee auch bei Vorhandensein mehrerer additiver Füllgutschichten 2' anzuwenden.

10

Bezugszeichenliste

	1	Füllstandsmessgerät
	2	Füllgut
5	2'	Additive Füllgutschicht
	3	Behälter
	4	Auswerte-Einheit
	DK	Dielektrizitätswert
	d	Abstand
10	f	Logik-Funktion
	h	Höhe über Behältersole
	L	Füllstand
	MLA	Maschineller Lern-Algorithmus
	R _{HF}	Empfangs-Signal
15	S _{HF}	Hochfrequenz-Signal
	t	Signallaufzeit
	%	Masse- bzw. Volumen-Anteil des Füllgutes

Patentansprüche

1. Mess-System zur Grenzschicht-Detektion an einem Füllgut (2, 2') in einem Behälter (3), umfassend:
 - 5 - Ein Radar-basiertes Messgerät (1), mit
 - o einer Übertragungs-Einheit (11), mittels welcher Hochfrequenz-Signale (S_{HF}) gen Füllgut (2, 2') sendbar und nach Reflektion an der Füllgut-Oberfläche als Empfangs-Signale (R_{HF}) empfangbar sind,
 - o einer Signalerzeugungs-Einheit, die ausgelegt ist, das auszusendende Hochfrequenz-Signal (S_{HF}) zu erzeugen,
 - 10 o einer Empfangs-Einheit, die ausgelegt ist, das Empfangs-Signal (R_{HF}) aufzuzeichnen, und
 - eine Auswerte-Einheit (4), in welcher ein maschineller Lern-Algorithmus (MLA) derart ausgebildet ist, um anhand des Empfangs-Signals (R_{HF}) die Grenzschicht
15 zu detektieren.

2. Mess-System nach Anspruch 1, wobei die Auswerte-Einheit (4) ausgelegt ist, mittels des maschinellen Lern-Algorithmus (MLA)
 - eine Dicke und/oder eine vertikale Lage der Grenzschicht (2') in Bezug zur Höhe (h) über der Sole des Behälters (3), und/oder
 - 20 - insbesondere in Abhängigkeit der Höhe (h) über der Sole des Behälters (3) einen Massen- bzw. Volumen-Anteil (%) des Füllgutes (2, 2') in der Grenzschicht, und/oder
 - einen Dielektrizitätswert (DK) in Bezug zur Höhe (h) über der Sole des Behälters
25 (3),
zu bestimmen.

3. Mess-System nach Anspruch 2, wobei die Auswerte-Einheit (4) ausgelegt ist, mittels des maschinellen Lern-Algorithmus (MLA) den Massen- bzw. Volumen-Anteil (%) des
30 Füllgutes (2, 2') in der Grenzschicht zu detektieren, indem der maschinelle Lern-Algorithmus (MLA) entlang der Mess-Sonde (11) eine Verteilung des Dämpfungskoeffizienten und/oder der Dielektrizitätskonstante (DK) im Behälter (3) ermittelt.

- 35 4. Mess-System nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei der maschinelle Lern-Algorithmus (MLA) als künstliches neuronales Netzwerk, insbesondere in Form einer tiefen Lernmethode ausgelegt ist.

5. Mess-System nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Auswerte-Einheit (4) ausgelegt ist, um anhand des Empfangs-Signals (R_{HF}) den Füllstand (L) des Füllgutes (2) im Behälter (3) zu bestimmen.
- 5 6. Mess-System nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Auswerte-Einheit (4) als integraler Bestandteil des Messgerätes (1) ausgelegt ist.
7. Mess-System nach einem der Ansprüche 1 bis 5, wobei die Auswerte-Einheit (4) als ein Bestandteil eines übergeordneten Netzwerkes ausgelegt ist.
- 10 8. Mess-System nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Übertragungseinheit als Mess-Sonde (11), die sich in den Behälter (3) erstreckt, ausgelegt ist, und wobei die Signalerzeugungseinheit ausgelegt ist, das auszusendende Hochfrequenz-Signal (S_{HF}) gemäß des TDR-Verfahrens zu erzeugen.
- 15 9. Verfahren zur Detektion einer Grenzschicht (2') eines Füllgutes (2) in einem Behälter (3) mittels des Mess-Systems nach einem der vorhergehenden Ansprüche, folgende Verfahrensschritte umfassend:
- 20 - Aussenden eines Hochfrequenz-Signals (S_{HF}) über die Übertragungseinheit (11) in den Behälter (3),
- Aufzeichnen des Empfangs-Signals (R_{HF}) nach Reflektion des Hochfrequenz-Signals (S_{HF}),
- Derartige Auswertung des Empfangs-Signals (R_{HF}) mittels des maschinellen Lern-Algorithmus (MLA), so dass die Grenzschicht detektiert wird.
- 25 10. Verfahren nach Anspruch 9, wobei der maschinelle Lern-Algorithmus (MLA) mittels experimentell gewonnener und/oder per Simulation generierter Empfangs-Signale (R_{HF}) eingelesen wird.

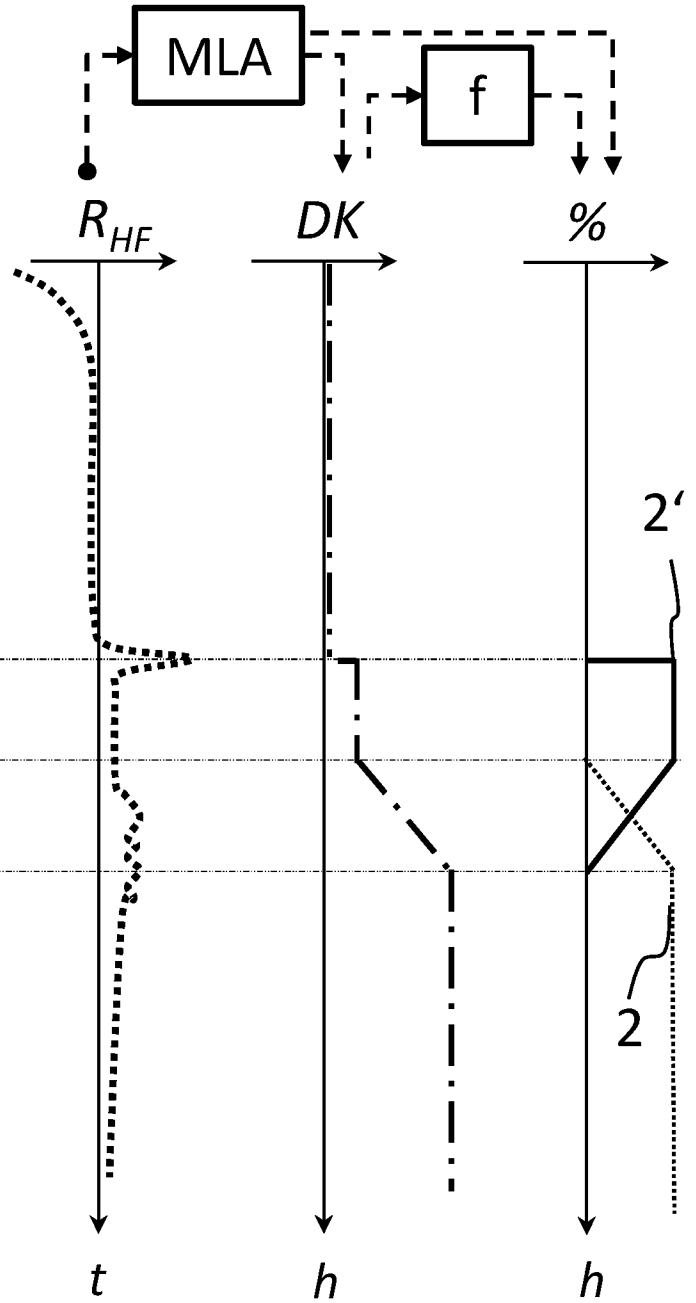
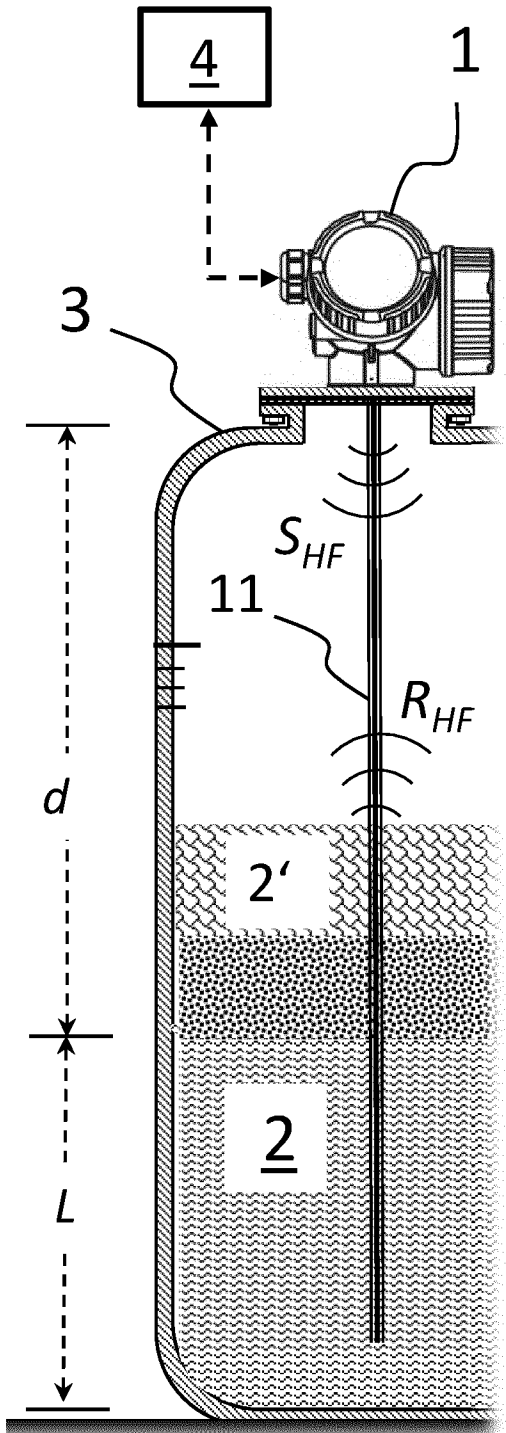


Fig. 1

Fig. 2

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/EP2022/063604

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER		
G01F 23/284 (2006.01)i; G01F 23/80 (2022.01)i; G01S 7/41 (2006.01)i; G06N 3/02 (2006.01)n		
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) G01F; G06N; G01S		
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	BORG DENIS ET AL. "Machine-learning classification of environmental conditions inside a tank by analyzing radar curves in industrial level measurements" <i>FLOW MEASUREMENT AND INSTRUMENTATION, BUTTERWORTH-HEINEMANN, OXFORD, GB</i> , Vol. 79, 05 April 2021 (2021-04-05), [retrieved on 2021-04-05] DOI: 10.1016/J.FLOWMEASINST.2021.101940 ISSN: 0955-5986, XP086614358 pages 1-5; figures 1, 5, 6	1-5,7,9,10
X	BORG DENIS ET AL. "Neural networks as a diagnosing tool for industrial level measurement through non-contacting radar type and support to the decision for its better application" <i>IFAC-PAPERSONLINE, DE</i> , Vol. 49, No. 30, 16 December 2016 (2016-12-16), pages 349-354 DOI: 10.1016/j.ifacol.2016.11.160 ISSN: 2405-8963, XP055955616 pages 349-353; figures 1, 2	1-5,7,9,10
X	US 2012299768 A1 (GRIESSBAUM KARL [DE] ET AL) 29 November 2012 (2012-11-29) paragraphs [0014], [0019], [0043] - [0048], [0082] - [0100], [0136] - [0192]; figures 7, 8, 11	1-3,5,6,8-10
<input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" type="checkbox"/> 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 31 August 2022		Date of mailing of the international search report 08 September 2022
Name and mailing address of the ISA/EP European Patent Office p.b. 5818, Patentlaan 2, 2280 HV Rijswijk Netherlands Telephone No. (+31-70)340-2040 Facsimile No. (+31-70)340-3016		Authorized officer Myrillas, K Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/EP2022/063604

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	DE 102009055262 A1 (ENDRESS & HAUSER GMBH & CO KG) 30 June 2011 (2011-06-30) paragraphs [0002], [0006], [0012], [0034] - [0043], [0053], [0057] - [0059]; figures 1, 2, 4	1,4,5,8-10
X	DE 4223346 A1 (VEGA GRIESHABER GMBH & CO [DE]) 20 January 1994 (1994-01-20) column 1, line 3 - column 6, line 54; figure 1	1-5,7,9,10

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/EP2022/063604

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
US	2012299768	A1	29 November 2012	CN	102798439	A	28 November 2012
				EP	2527801	A1	28 November 2012
				US	2012299768	A1	29 November 2012
<hr/>							
DE	102009055262	A1	30 June 2011	CN	102812337	A	05 December 2012
				DE	102009055262	A1	30 June 2011
				EP	2516973	A2	31 October 2012
				US	2012265486	A1	18 October 2012
				WO	2011076478	A2	30 June 2011
<hr/>							
DE	4223346	A1	20 January 1994	NONE			
<hr/>							

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES		
INV. G01F23/284 G01F23/80 G01S7/41		
ADD. G06N3/02		
Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC		
B. RECHERCHIERTE GEBIETE		
Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)		
G01F G06N G01S		
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	<p>BORG DENIS ET AL: "Machine-learning classification of environmental conditions inside a tank by analyzing radar curves in industrial level measurements",</p> <p>FLOW MEASUREMENT AND INSTRUMENTATION,</p> <p>BUTTERWORTH-HEINEMANN, OXFORD, GB,</p> <p>Bd. 79, 5. April 2021 (2021-04-05),</p> <p>XP086614358,</p> <p>ISSN: 0955-5986, DOI:</p> <p>10.1016/J.FLOWMEASINST.2021.101940</p> <p>[gefunden am 2021-04-05]</p> <p>Seiten 1-5; Abbildungen 1, 5, 6</p> <p style="text-align: center;">-----</p> <p style="text-align: center;">-/--</p>	<p>1-5, 7, 9,</p> <p>10</p>
<input checked="" type="checkbox"/> Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen <input checked="" type="checkbox"/> Siehe Anhang Patentfamilie		
<p>* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :</p> <p>"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist</p> <p>"E" frühere Anmeldung oder Patent, die bzw. das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist</p> <p>"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)</p> <p>"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht</p> <p>"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist</p>		<p>"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</p> <p>"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden</p> <p>"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 naheliegend ist</p> <p>"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist</p>
Datum des Abschlusses der internationalen Recherche		Absendedatum des internationalen Recherchenberichts
31. August 2022		08/09/2022
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 Myrillas, K

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	<p>BORG DENIS ET AL: "Neural networks as a diagnosing tool for industrial level measurement through non-contacting radar type and support to the decision for its better application", IFAC-PAPERSONLINE, Bd. 49, Nr. 30, 16. Dezember 2016 (2016-12-16), Seiten 349-354, XP055955616, DE ISSN: 2405-8963, DOI: 10.1016/j.ifacol.2016.11.160 Seiten 349-353; Abbildungen 1, 2</p> <p>-----</p>	1-5, 7, 9, 10
X	<p>US 2012/299768 A1 (GRIESSBAUM KARL [DE] ET AL) 29. November 2012 (2012-11-29) Absätze [0014], [0019], [0043] - [0048], [0082] - [0100], [0136] - [0192]; Abbildungen 7, 8, 11</p> <p>-----</p>	1-3, 5, 6, 8-10
X	<p>DE 10 2009 055262 A1 (ENDRESS & HAUSER GMBH & CO KG) 30. Juni 2011 (2011-06-30) Absätze [0002], [0006], [0012], [0034] - [0043], [0053], [0057] - [0059]; Abbildungen 1, 2, 4</p> <p>-----</p>	1, 4, 5, 8-10
X	<p>DE 42 23 346 A1 (VEGA GRIESHABER GMBH & CO [DE]) 20. Januar 1994 (1994-01-20) Spalte 1, Zeile 3 - Spalte 6, Zeile 54; Abbildung 1</p> <p>-----</p>	1-5, 7, 9, 10

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2022/063604

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 2012299768 A1	29-11-2012	CN 102798439 A	28-11-2012
		EP 2527801 A1	28-11-2012
		US 2012299768 A1	29-11-2012

DE 102009055262 A1	30-06-2011	CN 102812337 A	05-12-2012
		DE 102009055262 A1	30-06-2011
		EP 2516973 A2	31-10-2012
		US 2012265486 A1	18-10-2012
		WO 2011076478 A2	30-06-2011

DE 4223346 A1	20-01-1994	KEINE	
