

(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  
10. September 2021 (10.09.2021)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
**WO 2021/175813 A1**

(51) Internationale Patentklassifikation:  
*G01F 23/284* (2006.01) *H01Q 1/22* (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2021/055117

(22) Internationales Anmeldedatum:  
02. März 2021 (02.03.2021)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:  
10 2020 106 020.3  
05. März 2020 (05.03.2020) DE

(71) Anmelder: **ENDRESS+HAUSER SE+CO. KG** [DE/DE];  
Hauptstr. 1, 79689 Maulburg (DE).

(72) Erfinder: **MAYER, Winfried**; Flurweg 2, 89290 Buch  
(DE). **MÖLLER, Andreas**; Obere Kanalstraße 8, 79618

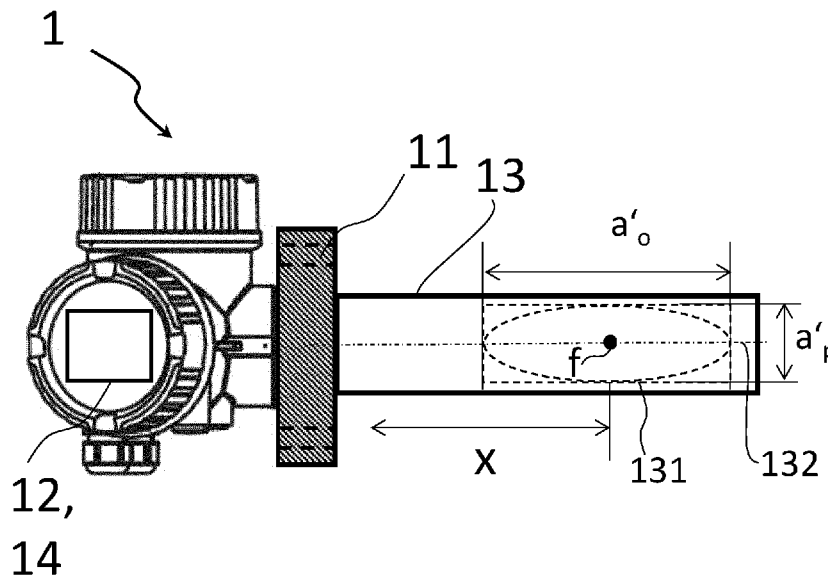
Rheinfelden (DE). **WALSER, Philipp**; Dorfstraße 8a,  
79591 Eimeldingen (DE).

(74) **Anwalt: ANDRES, Angelika**; Endress+Hauser Group Ser-  
vices (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, 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,  
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,

(54) Title: FILL LEVEL MEASUREMENT DEVICE

(54) Bezeichnung: FÜLLSTANDSMESSGERÄT



**Fig. 3**

(57) **Abstract:** The invention relates to a radar-based fill level measurement device (1) for measuring a fill level (L) in a container (3), wherein the fill level measurement device (1) takes the measurements from a lateral container wall (31). The fill level measuring device (1) comprises an antenna arrangement (13), by means of which the radar signal (SHF) can be emitted perpendicularly towards the filled contents (2) and, after being reflected by the surface of the filled contents, can be received as a corresponding received signal (EHF). The antenna arrangement (13) is characterised by an asymmetrical aperture (131), by means of which the radar signal (SHF) is emitted with a main radiation lobe that has an oblate form tapering towards the container wall (31). Thus, the antenna arrangement (13) can be advantageously designed to extend only a short distance in the container (3), but still without the radar signal (SHF) being



**WO 2021/175813 A1**

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)

inadvertently reflected by the container wall (31). This close lateral positioning causes no interference from the installation of the fill level measurement device (1) inside the container (3). Nevertheless, the asymmetry ensures that the main radiation lobe is broad enough to allow the radar signal (EHF) to be reflected towards the fill level measurement device (1), even when the filled contents have a rough surface.

**(57) Zusammenfassung:** Die Erfindung betrifft ein Radar-basiertes Füllstandsmessgerät (1) zur Messung eines Füllstandes (L) in einem Behälter (3), wobei das Füllstandsmessgerät (1) von einer seitlichen Behälterwand (31) aus misst. Dazu umfasst das Füllstandsmessgerät (1) eine Antennen-Anordnung (13), mittels der das Radar-Signal (SHF) senkrecht gen Füllgut (2) aussendbar und nach Reflektion an der Füllgut-Oberfläche als entsprechendes Empfangssignal (EHF) empfangbar ist. Dabei zeichnet sich die Antennen-Anordnung (13) durch eine asymmetrische Apertur (131) aus, mittels der das Radar-Signal (SHF) mit einer zur Behälterwand (31) hin abgeflachten Hauptabstrahlkeule ausgesendet wird. Hierdurch kann die Antennen- Anordnung (13) vorteilhafter Weise so ausgelegt werden, dass sie nur unweit in den Behälter (3) hineinragt und das Radar-Signal (SHF) trotzdem nicht ungewollt an der Behälterwand (31) reflektiert wird. Somit bildet das Füllstandsmessgerät (1) durch die enge seitliche Anbringung keinen störenden Einbau innerhalb des Behälters (3). Dennoch wird durch die Asymmetrie sichergestellt, dass die Hauptabstrahlkeule breit genug ist, damit das Radar-Signal (EHF) auch bei rauer Füllgut-Oberfläche gen Füllstandsmessgerät (1) reflektiert wird.

## Füllstandsmessgerät

Die Erfindung betrifft ein Füllstandsmessgerät, das bei seitlicher Befestigung am Behälter eingesetzt wird.

5

In der Automatisierungstechnik, insbesondere zur Prozessautomatisierung werden vielfach Feldgeräte eingesetzt, die zur Erfassung diverser Messgrößen dienen. Bei der zu bestimmenden Messgröße 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. Ein zentraler Vorteil Radar-basierter Messverfahren besteht in der Fähigkeit, den Füllstand quasi kontinuierlich messen zu können. Im Kontext dieser Patentanmeldung bezieht sich der Begriff „Radar“ auf Radar-Signale 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 Puls-Laufzeit-Prinzip (auch unter dem Begriff „Pulsradar“ bekannt) sowie das FMCW-Prinzip („*Frequency Modulated Continuous Wave*“). Ein Füllstandsmessgerät, welches nach dem Puls-Laufzeit-Verfahren arbeitet, ist beispielsweise in der Offenlegungsschrift DE 10 2012 104 858 A1 beschrieben. Bezüglich eines typischen Aufbaus von FMCW-basierten Füllstandsmessgeräten sei exemplarisch auf die Offenlegungsschrift DE 10 2013 108 490 A1 verwiesen.

20

25

30

Näher beschrieben werden die Messprinzipien von FMCW und Pulsradar außerdem in „*Radar Level Detection, Peter Devine, 2000*“.

Da Radar-basierte Füllstandsmessgeräte den Füllstand indirekt bestimmen, indem sie von oben den Abstand zur Füllgut-Oberfläche messen, sind Füllstandsmessgeräte nach dem Stand der Technik so konzipiert, dass sie an der Oberseite des Behälters angebracht werden. Hierzu sind die jeweiligen Behälter an der Oberseite mit einem entsprechenden Anschluss wie einem Flanschanschluss auszustatten. Oftmals sind solche Anschlüsse jedoch separat nachzurüsten, wohingegen seitliche Anschlüsse am Behälter oftmals per se vorhanden sind, beispielsweise als ungenutzte Zu- bzw. Abflüsse, oder als Anschlüsse für Druck- oder Temperaturmessung. Eine seitliche Anbringung an einer Behälterwand kann weiterhin die Gefahr bergen, dass die Behälterwand von der Hauptabstrahlkeule des ausgesendeten Radar-Signals erfasst wird, wodurch Störreflexionen erzeugt werden können, die zu einer falschen Füllstands-Messung führen.

Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, ein Füllstandsmessgerät bereitzustellen, mittels dem der Füllstand zuverlässig über einen seitlichen Anschluss des Behälters bestimmt werden kann.

Die Erfindung löst diese Aufgabe durch ein Radar-basiertes Füllstandsmessgerät zur Messung eines Füllstandes eines Füllgutes in einem Behälter. Hierzu umfasst das Füllstandsmessgerät folgende Komponenten:

- Ein Befestigungsmittel, wie beispielsweise einem Flanschanschluss, mittels dem das Füllstandsmessgerät an einer seitlichen Behälterwand befestigbar ist,
- eine Signalerzeugungs-Einheit, die ausgelegt ist, ein Radar-Signal zu erzeugen,
- eine Antennen-Anordnung, mittels der das Radar-Signal im befestigten Zustand in etwa senkrecht gen Füllgut aussendbar und nach Reflektion an der Oberfläche des Füllgutes als entsprechendes Empfangssignal empfangbar ist, mit
  - o einer derart asymmetrischen Apertur, mittels der das Radar-Signal mit einer zur Behälterwand hin abgeflachten Hauptabstrahlkeule ausgesendet wird, und
- eine Auswertungs-Einheit, die ausgelegt ist, um anhand des Empfangssignals den Füllstand zu bestimmen.

Die technische Realisierung der asymmetrischen Apertur ist im Rahmen der Erfindung nicht auf eine spezielle Ausführungsvariante beschränkt. Die asymmetrische Apertur kann daher beispielsweise in Form einer quasioptischen Linse, einer insbesondere planaren Gruppen-Antenne, oder  
5 als entsprechend asymmetrischer, quasioptischer Spiegel realisiert werden. Dabei handelt es sich im Kontext der vorliegenden Patentanmeldung bei dem Begriff „Hauptabstrahlkeule“ um den Bereich, der von denjenigen Raumwinkeln, bei denen sich ausgehend von der Hauptabstrahlrichtung (also dem Vektor der Maximal-Leistung des ausgesendeten Radar-Signals) die  
10 Leistung auf 50 % bzw. um -3 dB verringert hat, eingeschlossen ist.

Das erfindungsgemäß asymmetrische Aussenden des Radar-Signals wirkt sich in mehrfacher Hinsicht positiv aus: Einerseits kann die Antennen-Anordnung so ausgelegt werden, dass sie nur unweit den Behälter hineinragt  
15 und das Radar-Signal trotzdem nicht ungewollt an der Behälter-Wand reflektiert wird. Diesbezüglich kann die asymmetrische Apertur beispielsweise so ausgelegt werden, bzw. die Frequenz des Radar-Signals kann so an die Apertur angepasst werden, dass die Hauptabstrahlkeule des Radar-Signals die Behälterwand theoretisch erst in einer Distanz zum Füllstandsmessgerät  
20 von mindestens 25 m tangiert. Hierdurch ist das Füllstandsmessgerät zumindest an bis zu 25 m hohen Behältern sicher einsetzbar. Dazu ist die Signalerzeugungs-Einheit so auszulegen, dass das elektrische Hochfrequenz-Signal mit einer entsprechend abgestimmten Frequenz erzeugt, bzw. die Apertur ist entsprechend auszulegen. Darüber hinaus bildet das  
25 Füllstandsmessgerät durch die enge seitliche Anbringung keinen störenden Einbau innerhalb des Behälters. Dennoch wird durch die Asymmetrie sichergestellt, dass die Hauptabstrahlkeule breit genug ist, damit das reflektierte Radar-Signal durch das Füllstandsmessgerät auch bei rauer Füllgut-Oberfläche empfangen werden kann.

30 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 Analogschaltung zur Erzeugung bzw. Verarbeitung entsprechender analoger  
35 Signale handeln. Es kann sich jedoch auch um eine Digitalschaltung wie

5 einem FPGA oder einen 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 Dielektrizitätswert-Messgerätes im Sinne der Erfindung potenziell auch auf einen gemeinsamen physikalischen Speicher zurückgreifen bzw. mittels derselben physikalischen Digitalschaltung betrieben werden.

10 Die Formulierung „*Derart asymmetrische Dimensionierung der Apertur, so dass das Radar-Signal mit einer zur Behälterwand hin abgeflachten Hauptabstrahlkeule ausgesendet wird*“ definiert sich im Zusammenhang mit der Erfindung beispielweise derart, dass im befestigten Zustand ein horizontaler Querschnitt der Hauptabstrahlkeule eine in Bezug zur

15 Behälterwand maximal parallele Ausbreitung aufweist, die größer als die in Bezug zur Behälterwand maximale orthogonale Ausbreitung des horizontalen Querschnittes ist. In diesem Fall ist es vorteilhaft, die Apertur so zu dimensionieren, dass die zur Behälterwand parallele Ausbreitung zumindest doppelt so groß ist, wie die zur Behälterwand orthogonale Ausbreitung des

20 Querschnittes. Auch ein Verhältnis von bis zu 4:1 zwischen der parallelen Ausbreitung und der orthogonalen Ausbreitung des Querschnittes ist denkbar. Dabei ist es im Rahmen der Erfindung nicht fest vorgegeben, welche Querschnittsform der horizontale Querschnitt der Hauptabstrahlkeule aufweist. Um das gewünschte Verhältnis zwischen der parallelen Ausbreitung und der

25 orthogonalen Ausbreitung zu erreichen, kann die Apertur beispielsweise derart ausgelegt sein, dass im befestigten Zustand der horizontale Querschnitt der Hauptabstrahlkeule des ausgesendeten Radar-Signals eine in etwa elliptische oder rechteckige Form aufweist. Denkbar ist weiterhin ein in etwa

30 Durch die asymmetrische Apertur kann die Antennen-Anordnung vergleichsweise schmal ausgelegt werden, ohne dass die Hauptabstrahlkeule insgesamt zu schmal wird und somit das Risiko besteht, dass das reflektierte Radar-Signal nicht empfangen wird. Dazu kann die Antennen-Anordnung insbesondere stabförmig ausgebildet werden und die Apertur kann derart

35

konzipiert werden, dass die zur Behälterwand maximale orthogonale Ausbreitung des Querschnittes der Hauptabstrahlkeule parallel zur Stab-Achse verläuft. Hierdurch kann das erfindungsgemäße Füllstandsmessgerät zudem auch an entsprechend schmalen, seitlichen Behälter-Anschlüssen angeordnet werden.

Je nach technischer Auslegung der asymmetrischen Apertur, beispielsweise im Falle einer Gruppen-Antenne, kann diese als Teil der Signalerzeugungseinheit so ausgelegt sein, dass das Radar-Signal in einem Brennpunkt der Apertur erzeugt wird. Vorteilhaft hieran ist, dass das Radar-Signal nicht separat entlang der Antennen-Anordnung geführt werden muss, wodurch Signalverluste vermieden werden. Sofern die Signalerzeugungseinheit andernfalls in einem Gehäusebereich angeordnet ist, der sich im befestigten Zustand außerhalb der Behälterwand befindet, oder sofern die Signalerzeugungseinheit innerhalb der Antennen-Anordnung abseits der Apertur angeordnet ist, kann das Radar-Signal beispielsweise mittels eines Hohlleiters oder eines dielektrischen Wellenleiters gen Apertur geführt werden.

Zum Schutz der Apertur gegenüber Kontamination durch das Füllgut kann das erfindungsgemäße Füllstandsmessgerät dahingehend erweitert werden, dass die Antennen-Anordnung ein für die Radar-Signale transparentes Radom umfasst, welches zumindest die Apertur oder die gesamte Antennen-Anordnung abdeckt.

Analog zum erfindungsgemäßen Füllstandsmessgerät wird die Aufgabe, die der Erfindung zugrunde liegt, außerdem durch ein entsprechendes Mess-Verfahren gelöst. Dabei umfasst das Verfahren folgende Verfahrensschritte:

- Erzeugen eines elektrischen Hochfrequenz-Signals,
- In etwa senkrecht Aussenden des elektrischen Hochfrequenz-Signals als Radar-Signal gen Füllgut, wobei das Radar-Signal mit einer zur Behälterwand hin abgeflachten Hauptabstrahlkeule ausgesendet wird, und
- Empfang eines entsprechenden Empfangssignals nach Reflektion des Radar-Signals an der Füllgut-Oberfläche, und
- Bestimmung des Füllstandes anhand zumindest des Empfangssignals.

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

Fig. 1: Eine schematische Anordnung eines radar-basierten  
5 Füllstandsmessgerätes nach dem Stand der Technik an der Oberseite eines Behälters,

Fig. 2: eine schematische Anordnung eines erfindungsgemäßen radar-  
basierten Füllstandsmessgerätes an der seitlichen Behälterwand, und  
10

Fig. 3: eine Detailansicht des erfindungsgemäßen Füllstandsmessgerätes.

Zum grundsätzlichen Verständnis der Erfindung ist in Fig. 1 ein frei  
abstrahlendes, Radar-basiertes Füllstandsmessgerät 1' gezeigt, das nach  
15 dem Stand der Technik an der Oberseite eines Behälter 3 angeordnet ist.  
Dabei befindet sich in dem Behälter 3 ein Füllgut 2, dessen Füllstand L durch  
das Füllstandsmessgerät 1' zu bestimmen ist.

In der Regel ist das Füllstandsmessgerät 1' über ein Bussystem, wie etwa  
20 „Ethernet“, „PROFIBUS“, „HART“ oder „Wireless HART“ mit einer  
übergeordneten Einheit 4, beispielsweise einem Prozessleitsystem oder einer  
dezentralen Datenbank verbunden. Hierüber können zum einen Informationen  
über den Betriebszustand des Füllstandsmessgerätes 1' kommuniziert  
werden. Über das Bussystem können jedoch auch Informationen über den  
25 Füllstand L übermittelt werden, um gegebenenfalls am Behälter 3 vorhandene  
Zu- oder Abflüsse zu steuern.

Zur Bestimmung des Füllstandes L ist das Füllstandsmessgerät 1' oberhalb  
des Behälters 3 an einem hierfür vorgesehenen Flanschanschluss  
30 angebracht. Unabhängig vom implementierten Messprinzip ist eine  
entsprechende Signalerzeugungseinheit 12 des Füllstandsmessgerätes 1' so  
konzipiert, dass z. B. gemäß dem FMCW-Prinzip oder dem Pulslaufzeit-  
Prinzip ein entsprechendes Radar-Signal  $S_{HF}$  vertikal in Richtung des  
Füllgutes 2 ausgesendet wird. An der Oberfläche des Füllgutes 2 wird das  
35 Radar-Signal  $S_{HF}$  reflektiert und nach einer korrespondierenden Signallaufzeit

vom Füllstandsmessgerät 1' entsprechend als Empfangssignal  $E_{HF}$  empfangen. Hierbei hängt die Signallaufzeit des Radar-Signals  $S_{HF}$ ,  $E_{HF}$  vom Abstand  $d = h - L$  des Füllstandsmessgerätes 1' zur Füllgut-Oberfläche ab. Eine entsprechende Auswertungs-Einheit 14 des Füllstandsmessgerätes  
5 1' kann anhand des Empfangs-Signals  $E_{HF}$  die Signallaufzeit und darauf basierend den Füllstand  $L$  bestimmen.

Auch das erfindungsgemäße Füllstandsmessgerät 1 arbeitet nach dem in Zusammenhang mit Fig. 1 beschriebenen Radar-Prinzip. Gemäß der  
10 Erfindung kann der Füllstand  $L$  jedoch von einer Seitenwand 31 des Behälters 3 aus bestimmt werden. Wie in Fig. 2 dargestellt ist, ist das erfindungsgemäße Füllstandsmessgerät 1 daher an einem seitlichen Flanschanschluss 11 des Behälters 3 befestigt, wobei eine stabförmige Antennen-Anordnung 13 des Füllstandsmessgerätes 1 hierzu in das Behälter-Innere hineinragt, während  
15 ein Gehäusebereich mit etwaigen Schnittstellen und Elektronik-Komponenten außerhalb des Behälters 3 verbleibt.

Ausgehend von der Antennen-Anordnung 11, die orthogonal von der Behälterwand 31 nach Innen absteht und somit horizontal ausgerichtet ist,  
20 verläuft die Achse der Hauptabstrahlkeule des Radar-Signals  $S_{HF}$  senkrecht gen Füllgut 2. Wie aus dem Vergleich der Frontalansicht und der Seitenansicht des Füllstandsmessgerätes 1 in Fig. 2 hervorgeht, ist die Hauptabstrahlkeule dabei asymmetrisch: Die zur Behälterwand 31 maximal parallele Ausbreitung  $a_p$  des horizontalen Querschnittes der  
25 Hauptabstrahlkeule ist ca. 3 mal so groß wie die zur Behälterwand 31 maximale orthogonale Ausbreitung  $a_o$  des Strahl-Querschnittes, so dass die Hauptabstrahlkeule des Radar-Signals  $S_{HF}$  zur Behälterwand 31 hin entsprechend abgeflacht ist.

Die asymmetrische Hauptabstrahlkeule wird durch eine entsprechende Apertur 131 bewirkt, die innerhalb der Antennen-Anordnung 13 angeordnet ist. Näher dargestellt ist dies in Fig. 3: Die stabförmige Antennen-Anordnung 13 des dortigen erfindungsgemäßen Füllstandsmessgerätes 1 zeigt schematisch zwei Ausführungsvarianten der Apertur 131, eine elliptische und eine  
30 rechteckige. Dabei zeichnet sich die Apertur 131 in beiden Fällen durch eine  
35

definierte Apertur-Länge  $a'_o$ , die parallel zur Stabachse 132 verläuft, und eine Apertur-Breite  $a'_p$ , die orthogonal zur Stabachse 132 verläuft, aus. Somit

entspricht das Verhältnis zwischen der zur Stabachse 132 parallelen Apertur-Länge  $a'_o$  und der zur Stabachse orthogonalen Apertur-Breite  $a'_p$  dem  
5 Verhältnis zwischen der zur Behälterwand 31 maximalen parallelen Ausbreitung  $a_p$  und der zur Behälterwand 31 maximalen orthogonalen Ausbreitung  $a'_o$  des horizontalen Querschnitts der Hauptabstrahlkeule gemäß

$$\frac{a_o}{a_p} = \frac{a'_o}{a'_p}$$

10 Im gezeigten Ausführungsbeispiel entspricht dieses Verhältnis ca. 3 zu 1. Realisiert werden kann die Apertur 131 bspw. in Form einer entsprechend ausgelegten quasioptischen Linse, einer insbesondere planaren Gruppen-Antenne, oder als entsprechend asymmetrischer quasioptischer Spiegel. Durch die stabförmige Auslegung der Antennen-Einheit 13 ist es möglich, die  
15 Antennen-Anordnung 13 bei vorgegeben quasioptischen Eigenschaften der Apertur 131 mit minimalen Abmessungen zu realisieren, so dass das Füllstandsmessgerät 1 auch an möglichst kleinen, seitlichen Behälteröffnungen montierbar ist. In diesem Zusammenhang ist es im Gegensatz zu der gezeigten Ausführungsvariante außerdem möglich, die  
20 Antennen-Anordnung 13 beispielsweise mittels eines entsprechenden Kugelgelenkes in Bezug zur Behälterwand 31 derart beweglich auszulegen, dass die Hauptabstrahlkeule des Radar-Signals  $S_{HF}$  in einem gewissen Winkelbereich verschwenkbar ist. Hierdurch wird sichergestellt, dass das Radar-Signal  $S_{HF}$  auch bei leicht geneigter Behälterwand 31 senkrecht gen  
25 Füllgut 2 ausgesendet wird.

Die Signal-Erzeugungseinheit 12 zur Erzeugung des Radar-Signals  $S_{HF}$  sowie die Auswertungseinheit 14, die anhand des Empfangs-Signals  $E_{HF}$  den Füllstand  $L$  bestimmt, sind bei der in Fig. 3 dargestellten Ausführungs-Variante  
30 in dem Gehäusebereich des Füllstandsmessgerätes 1 angeordnet, das sich nach Befestigung des Füllstandsmessgerätes 1 außerhalb des Behälters 3 befindet. Dementsprechend sind diese elektronischen Komponenten 12, 14 über einen dielektrischen Wellenleiter oder einen Hohlleiter mit der Apertur 131 zu verbinden. Vorteilhaft hieran ist, dass das Füllstandsmessgerät 1

leichter etwaige Explosionsschutz-Vorgaben einhalten kann. Eine direkte Anbringung der Signalerzeugungseinheit 12 im Brennpunkt  $f$  der Apertur 131 bietet im Gegensatz dazu den Vorteil verringerter Signalverluste.

### Bezugszeichenliste

	1, 1'	Füllstandsmessgerät
	2	Füllgut
5	3	Behälterwand
	4	Übergeordnete Einheit
	11	Befestigungsmittel
	12	Signalerzeugungseinheit
	13	Antennen-Anordnung
10	14	Auswertungseinheit
	31	Behälterwand
	131	Apertur
	132	Stabachse
	$a_p$	Zur Behälterwand parallele Ausbreitung des Strahl-Querschnittes
15	$a'_p$	Apertur-Breite
	$a_o$	Zur Wand orthogonale Ausbreitung des Strahl-Querschnittes
	$a'_o$	Apertur-Länge
	d	Abstand
	$E_{HF}$	Empfangenes Radar-Signal
20	f	Brennpunkt
	h	Einbauhöhe
	L	Füllstand
	$S_{HF}$	Radar-Signal
	x	Entfernung
25		

## Patentansprüche

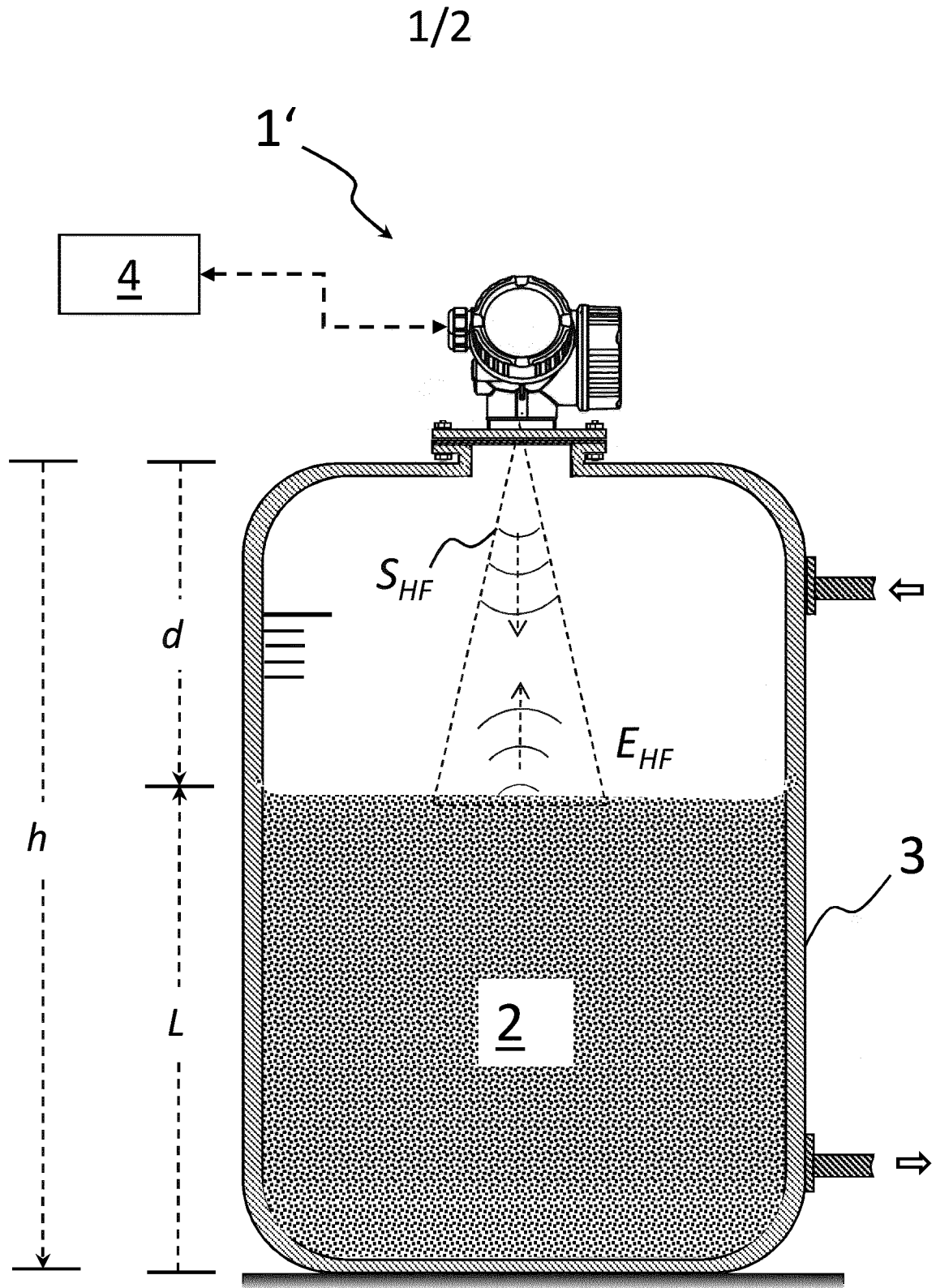
1. Radar-basiertes Füllstandsmessgerät zur Messung eines Füllstandes (L) eines Füllgutes (2) in einem Behälter (3), umfassend:
- 5        - ein Befestigungsmittel (11), mittels dem das Füllstandsmessgerät (1) an einer seitlichen Behälterwand (31) befestigbar ist,
- Eine Signalerzeugungs-Einheit (12), die ausgelegt ist, ein Radar-Signal ( $S_{HF}$ ) zu erzeugen,
- eine Antennen-Anordnung (13), mittels der das Radar-Signal ( $S_{HF}$ ) im
- 10        befestigten Zustand in etwa senkrecht gen Füllgut (2) aussendbar und nach Reflektion an der Oberfläche des Füllgutes (2) als entsprechendes Empfangssignal ( $E_{HF}$ ) empfangbar ist, mit
- o einer derart asymmetrischen Apertur (131), so dass das Radar-Signal ( $S_{HF}$ ) mit einer zur Behälterwand (31) hin abgeflachten
- 15        Hauptabstrahlkeule ausgesendet wird, und
- eine Auswertungs-Einheit (14), die ausgelegt ist, um anhand des Empfangssignals ( $E_{HF}$ ) den Füllstand (L) zu bestimmen.
2. Füllstandsmessgerät nach Anspruch 1, wobei die Apertur (131) derart
- 20        asymmetrisch dimensioniert ist, dass im befestigten Zustand ein horizontaler Querschnitt der Hauptabstrahlkeule eine in Bezug zur Behälterwand (31) maximale parallele Ausbreitung ( $a_p$ ) aufweist, welche größer ist, als die in Bezug zur Behälterwand (31) maximale orthogonale Ausbreitung ( $a_o$ ) des horizontalen Querschnittes.
- 25        3. Füllstandsmessgerät nach Anspruch 2, wobei die Apertur (131) derart dimensioniert ist, dass die zur Behälterwand (31) maximale parallele Ausbreitung ( $a_p$ ) zumindest doppelt so groß ist, wie die zur Behälterwand (31) maximale orthogonale Ausbreitung ( $a_o$ ) des Querschnittes.
- 30        4. Füllstandsmessgerät nach Anspruch 2 oder 3, wobei die Apertur (131) derart ausgelegt ist, dass im befestigten Zustand der horizontale Querschnitt der Hauptabstrahlkeule des ausgesendeten Radar-Signals ( $S_{HF}$ ) eine in etwa elliptische oder rechteckige Form aufweist.

5. Füllstandsmessgerät nach einem der Ansprüche 2 bis 4, wobei die Antennen-Anordnung (13) stabförmig ausgelegt ist, und wobei die Apertur (131) derart konzipiert ist, dass die in Bezug zur Behälterwand (31) maximale orthogonale Ausbreitung ( $a_0$ ) des Querschnittes der Hauptabstrahlkeule parallel zur Stab-Achse (132) verläuft.
6. Füllstandsmessgerät nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Antennen-Anordnung (13) ein für die Radar-Signale ( $S_{HF}$ ,  $E_{HF}$ ) transparentes Radom umfasst, welches zumindest die Apertur (131) abdeckt.
7. Füllstandsmessgerät nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die asymmetrische Apertur (131) in Form einer quasioptischen Linse, einer insbesondere planaren Gruppen-Antenne, oder als entsprechend asymmetrischer quasioptischer Spiegel realisiert ist.
8. Füllstandsmessgerät nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Signalerzeugungs-Einheit (12) ausgelegt ist, das Radar-Signal ( $S_{HF}$ ) mit einer derart abgestimmten Frequenz zu erzeugen, und wobei die Apertur (131) derart ausgelegt ist, dass die Hauptabstrahlkeule des Radar-Signals ( $S_{HF}$ ) die Behälterwand (3) in einer Distanz zum Füllstandsmessgerät (1) von mindestens 25 m tangiert.
9. Füllstandsmessgerät nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Signalerzeugungs-Einheit (12) ausgelegt ist, das Radar-Signal ( $S_{HF}$ ) in einem Brennpunkt (f) der Apertur (131) zu erzeugen.
10. Füllstandsmessgerät nach zumindest einem der Ansprüche 1 bis 8, wobei die Signalerzeugungs-Einheit (12) einem in Gehäusebereich, der sich im befestigten Zustand außerhalb der Behälterwand (31) befindet, angeordnet ist.
11. Verfahren zur Messung des Füllstandes eines Füllgutes in einem Behälter mittels dem Füllstandsmessgerät (1) gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, folgende Verfahrensschritte umfassend:

- Erzeugen eines elektrischen Hochfrequenz-Signals,
- In etwa senkrecht Aussenden des elektrischen Hochfrequenz-Signals als Radar-Signal ( $S_{HF}$ ) gen Füllgut (2), wobei das Radar-Signal ( $S_{HF}$ ) mit einer zur Behälterwand (31) hin abgeflachten Hauptabstrahlkeule ausgesendet wird, und
- Empfang eines entsprechenden Empfangssignals ( $E_{HF}$ ) nach Reflektion des Radar-Signals ( $S_{HF}$ ) an der Füllgut-Oberfläche, und
- Bestimmung des Füllstandes (L) anhand zumindest des Empfangssignals ( $E_{HF}$ ).

5

10



**Fig. 1**



## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

**PCT/EP2021/055117**

<b>A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER</b> <i>G01F 23/284</i> (2006.01)i; <i>H01Q 1/22</i> (2006.01)i  According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
<b>B. FIELDS SEARCHED</b>  Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) G01F; H01Q  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		
<b>C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT</b>		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	DE 10051025 A1 (ENDRESS HAUSER GMBH CO [DE]) 18 April 2002 (2002-04-18) figures 1, 2, 3a, 7	1-11
X	WO 2019189985 A1 (PARK YOUNG JUN [KR]) 03 October 2019 (2019-10-03) figures 4, 6, 11	1,11
A	DE 102008029771 A1 (ENDRESS & HAUSER GMBH & CO KG [DE]) 31 December 2009 (2009-12-31) figure 10	2-5
A	CN 110793596 A (WUHAN NEWFIBER PHOTOELECTRIC CO LTD ET AL.) 14 February 2020 (2020-02-14) figures 1, 2	1-11
A	EP 3517633 A1 (WADECO CO LTD [JP]) 31 July 2019 (2019-07-31) figures 1, 2, 4	1-11
<input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" type="checkbox"/> See patent family annex.		
<p>* Special categories of cited documents:</p> <p>“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance</p> <p>“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date</p> <p>“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)</p> <p>“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means</p> <p>“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed</p> <p>“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</p> <p>“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</p> <p>“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</p> <p>“&amp;” document member of the same patent family</p>		
Date of the actual completion of the international search <b>20 May 2021</b>		Date of mailing of the international search report <b>01 June 2021</b>
Name and mailing address of the ISA/EP <b>European Patent Office p.b. 5818, Patentlaan 2, 2280 HV Rijswijk Netherlands</b> Telephone No. (+31-70)340-2040 Facsimile No. (+31-70)340-3016		Authorized officer <b>Régert, Tamás</b>  Telephone No.

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**  
**Information on patent family members**

International application No.

**PCT/EP2021/055117**

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
DE	10051025	A1	18 April 2002	AU	8768701	A	29 April 2002
				DE	10051025	A1	18 April 2002
				EP	1325351	A1	09 July 2003
				WO	0233439	A1	25 April 2002
-----							
WO	2019189985	A1	03 October 2019	CN	111868484	A	30 October 2020
				KR	20190114520	A	10 October 2019
				WO	2019189985	A1	03 October 2019
-----							
DE	102008029771	A1	31 December 2009	DE	102008029771	A1	31 December 2009
				US	2010000314	A1	07 January 2010
-----							
CN	110793596	A	14 February 2020	NONE			
-----							
EP	3517633	A1	31 July 2019	EP	3517633	A1	31 July 2019
				JP	6770738	B2	21 October 2020
				JP	2018048384	A	29 March 2018
				KR	20190057288	A	28 May 2019
				US	2019249267	A1	15 August 2019
				WO	2018056171	A1	29 March 2018
-----							

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES  
 INV. G01F23/284 H01Q1/22  
 ADD.

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

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole )  
 G01F H01Q

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	DE 100 51 025 A1 (ENDRESS HAUSER GMBH CO [DE]) 18. April 2002 (2002-04-18) Abbildungen 1, 2, 3a, 7 -----	1-11
X	WO 2019/189985 A1 (PARK YOUNG JUN [KR]) 3. Oktober 2019 (2019-10-03) Abbildungen 4, 6, 11 -----	1,11
A	DE 10 2008 029771 A1 (ENDRESS & HAUSER GMBH & CO KG [DE]) 31. Dezember 2009 (2009-12-31) Abbildung 10 -----	2-5
A	CN 110 793 596 A (WUHAN NEWFIBER PHOTOELECTRIC CO LTD ET AL.) 14. Februar 2020 (2020-02-14) Abbildungen 1, 2 -----	1-11
	-/-	



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 naheliegend ist

"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

20. Mai 2021

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

01/06/2021

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

Régert, Tamás

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	EP 3 517 633 A1 (WADECO CO LTD [JP]) 31. Juli 2019 (2019-07-31) Abbildungen 1, 2, 4 -----	1-11

**INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT**

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2021/055117

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung	
DE 10051025	A1	18-04-2002	AU 8768701 A	29-04-2002
			DE 10051025 A1	18-04-2002
			EP 1325351 A1	09-07-2003
			WO 0233439 A1	25-04-2002
-----				
WO 2019189985	A1	03-10-2019	CN 111868484 A	30-10-2020
			KR 20190114520 A	10-10-2019
			WO 2019189985 A1	03-10-2019
-----				
DE 102008029771	A1	31-12-2009	DE 102008029771 A1	31-12-2009
			US 2010000314 A1	07-01-2010
-----				
CN 110793596	A	14-02-2020	KEINE	
-----				
EP 3517633	A1	31-07-2019	EP 3517633 A1	31-07-2019
			JP 6770738 B2	21-10-2020
			JP 2018048384 A	29-03-2018
			KR 20190057288 A	28-05-2019
			US 2019249267 A1	15-08-2019
			WO 2018056171 A1	29-03-2018
-----				