



(19)  
**Bundesrepublik Deutschland**  
**Deutsches Patent- und Markenamt**

(10) **DE 11 2005 003 220 T5 2008.04.30**

(12)

## Veröffentlichung

der internationalen Anmeldung mit der  
 (87) Veröffentlichungs-Nr.: **WO 2006/068604**  
 in deutscher Übersetzung (Art. III § 8 Abs. 2 IntPatÜG)  
 (21) Deutsches Aktenzeichen: **11 2005 003 220.5**  
 (86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/SE2005/001987**  
 (86) PCT-Anmeldetag: **21.12.2005**  
 (87) PCT-Veröffentlichungstag: **29.06.2006**  
 (43) Veröffentlichungstag der PCT Anmeldung  
 in deutscher Übersetzung: **30.04.2008**

(51) Int Cl.<sup>8</sup>: **G01F 23/284 (2006.01)**  
**G01F 23/296 (2006.01)**  
**G01S 13/08 (2006.01)**

(30) Unionspriorität:  
**0403165-4 23.12.2004 SE**  
**11/038,836 20.01.2005 US**

(74) Vertreter:  
**v. Bezold & Partner, 80799 München**

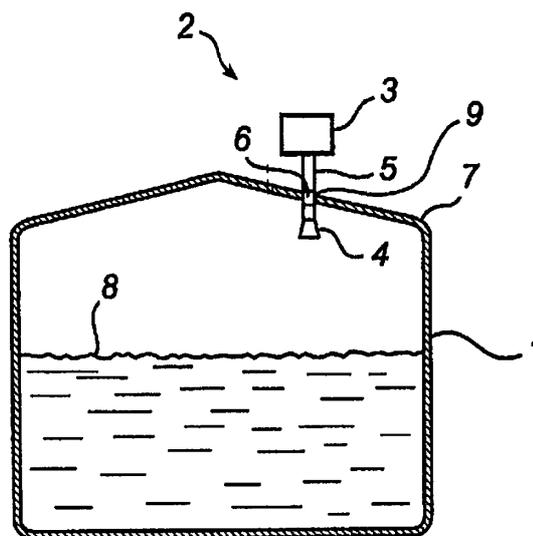
(71) Anmelder:  
**Rosemount Tank Radar AB, Göteborg, SE**

(72) Erfinder:  
**Wennerberg, Tomas, Göteborg, SE; Edvardsson,  
 Olov, Linköping, SE**

(54) Bezeichnung: **Radarlevelmesssystem**

(57) Hauptanspruch: Verfahren zum Mikrowellensignal-basierten Messen einer Distanz zu einer Oberfläche mit reflektierenden Eigenschaften bei einem Fülllevel eines Füllmaterials in einem Behälter mit zumindest einer störenden Struktur mit einer Oberfläche mit reflektierenden Eigenschaften, umfassend:

- Senden zu einer ersten Zeit von ersten Sendesignalen in Richtung der Oberflächen;
- Empfangen im Wesentlichen zu der ersten Zeit von ersten Empfangssignalen einschließlich eines ersten Oberflächenechos;
- Aufnehmen von ersten Ausbreitungseigenschaften der mit dem ersten Oberflächenecho verknüpften ersten Sende- und Empfangs-Signale;
- Senden zu einer zweiten Zeit von zweiten Sendesignalen in Richtung der Oberflächen;
- Empfangen zu im Wesentlichen der zweiten Zeit von zweiten Empfangssignalen einschließlich eines zweiten Oberflächenechos;
- Aufnehmen von zweiten Ausbreitungsbedingungen der mit dem zweiten Oberflächenecho verknüpften zweiten Sende- und Empfangs-Signale;
- wobei die erste Zeit und die zweite Zeit zeitlich durch eine erste Trennzeit getrennt sind;
- Berechnen einer ersten Differenz zwischen den ersten...



## Beschreibung

### Gebiet der Erfindung

**[0001]** Die vorliegende Erfindung betrifft ein Radarlevelmesssystem/Radarfüllstandsmesssystem zum Bestimmen des Fülllevels eines Füllmaterials in einem Behälter, umfassend einen Sender zum Emittieren von Messsignalen in Richtung der Oberfläche des Füllmaterials; einen Empfänger zum Empfangen von Echosignalen von dem Behälter; und einen Verarbeitungsschaltkreis zum Bestimmen des Fülllevels des Behälters basierend auf dem Echosignal. Genauer betrifft die Erfindung ein Radarlevelmesssystem, das in Behältern mit zumindest einer störenden Struktur zu verwenden ist, welche die emittierten Messsignale reflektiert. Weiterhin betrifft die Erfindung ein entsprechendes Verfahren zum Bestimmen des Fülllevels eines Füllmaterials in einem Behälter.

### Hintergrund der Erfindung

**[0002]** Radarlevelmessen (radar level gauging, RLG), zum Messen des Levels eines Füllmaterials, wie beispielsweise einer Flüssigkeit oder eines Feststoffes, wie beispielsweise einem Granulat, ist ein zunehmend wichtiges Verfahren zum Fülllevelmessen in Tanks, Behältern, etc. Das Verfahren der Radarlevelmessung kann sehr allgemein in drei Schritte unterteilt werden:

- Suchen: Finden des korrekten Oberflächenechos unter möglichen Störechos.
- Verfolgen: Folgen des gefundenen Oberflächenechos während verschiedener sich ändernden Bedingungen.
- Genauigkeit: Anforderungen an die Genauigkeit während üblicher Behälterzustände, die üblicherweise sehr viel diversifizierter sind als die allgemein genannte "Instrumentengenauigkeit".

**[0003]** Zur Radarlevelmessung sind die Bedingungen für verschiedene Anwendungen sehr verschieden. Beispielsweise benötigt die mm-Genauigkeit bei CTS-Anwendungen (custody transfer system) eine sehr genaue Kontrolle der Installationsbedingungen. Eine solche Genauigkeit ist heutzutage in Marine- und Raffinerie-Einrichtungen praktisch erreichbar, sie ist jedoch allgemein bei üblichen Prozessanwendungen nicht einfach erreichbar aufgrund der Menge an Störechos. Mehr oder weniger sind jedoch alle vorhandenen RLGs auf dem Markt unter der Annahme einer einfachen Echosituation optimiert, wo das Oberflächenecho allgemein durch seine Stärke unterschieden werden kann. Dies ist eine natürliche Entwicklung ausgehend von den ältesten RLG-Anwendungen, wie den Marineverwendungen, wo Installationsbedingungen in gewisser Weise kontrollierbar sind, und der CTS-Anwendung in großen Raffineriebehältern, wo der Abstand zu störenden Objekten üblicherweise so groß wie gewünscht ist. Bei übli-

chen Prozessbehältern ist der Abstand zu den Wänden viel kleiner und eine turbulente Oberfläche ist eine normale Situation. Dementsprechend ist die Aufgabe des Findens und Verfolgens der richtigen Oberfläche sehr viel schwieriger in einem Prozessbehälter als beispielsweise in einem Raffineriebehälter. Vor diesem Hintergrund kann in Frage gestellt werden, ob eine Echoauffindelogik basierend auf einer Echologik für relativ einfache Bedingungen, verbessert durch eine Anzahl von mehr oder weniger üblichen Verbesserungen, wirklich ausreichend sein kann im Vergleich zu einer Logik, die direkt für die tatsächliche Situation entwickelt ist.

**[0004]** Heutige RLGs verwenden üblicherweise die Informationen eines FFT-Spektrums, um zu unterscheiden, welches Echo der zu messenden Oberfläche entspricht. Das FFT-Spektrum gibt die reflektierte Energie bei verschiedenen Abständen wieder. Dementsprechend ist das FFT-Spektrum normalerweise ein eher ungenaues Mittel zum Unterscheiden zwischen beispielsweise einem stationären Objekt, einer turbulenten Füllmaterialoberfläche und einer bewegten Rührapparat-Struktur, die in dem Behälter angeordnet ist. Weiterhin ist es normalerweise schwierig, die Füllmaterialoberfläche zu unterscheiden, wenn der Behälter im Wesentlichen leer ist und damit begonnen wird, ihn zu füllen. Zu diesem Zeitpunkt ist die Füllmaterialoberfläche auch eher turbulent. Weiterhin würden starke Echos von stationären Objekten und Strukturen in dem Behälter die Messung stören und die Verfolgungsfunktionalität könnte einfach fehlgeleitet werden, um einem fehlerhaften Echo verhaftet zu bleiben oder könnte das Füllmaterialoberflächen-echo verlieren, wenn es nahe bei einem störenden Echo ist.

**[0005]** Bei bestehenden RLG-Systemen sind verschiedene hardwarebezogene Mittel vorgeschlagen worden, um die Auswahl des richtigen Oberflächenechos durchzuführen und aufrecht zu erhalten. Beispielsweise wurden schmale Antennenkeulen verwendet, welche die Amplitude von störenden Echos, wie beispielsweise von Konstruktionsstahlträgern, reduzieren. Unglücklicherweise benötigt eine schmalere Antennenkeule einen größeren Antennendurchmesser, was inkompatibel mit existierenden Montageöffnungen sein kann. Dementsprechend ist bei üblichen Prozessbehältern die Anzahl von störenden Echos, die in dem Rohsignal auftreten, üblicherweise größer als gewünscht. Weiterhin wird oft normalerweise eine Bereichseinschränkungsfunktion in der Software implementiert. Unabhängig davon, ob das System vom FMWC-Typ oder vom gepulsten Typ ist, kann ein "Behälterspektrum" als ein Werkzeug zum Auswählen des wahrscheinlichsten Echos verwendet werden. Das Behälterspektrum ist ein erfasstes Behältersignal, wobei die Amplitude nur in Kombination mit geeigneten logischen Entscheidungen verwendet wird. Außerdem wird üblicherweise eine Funktion

zum Messen der Amplitude und eines bezogenen Schwellenwerts benötigt, um Rauschen oder irrelevante Echos von dem wahrscheinlichsten Oberflächenecho zu unterscheiden. Dies ist auch hauptsächlich eine Softwarefunktion, sie benötigt jedoch eine bestimmte Kalibrierung von Verstärkungen etc., um dem System mitzuteilen, was ein "normales" Echo sein sollte. Eine mehr oder weniger aufwändige Echologik kann auch beim Verarbeiten der Echos verwendet werden, welche den Test mit einer ausreichenden Amplitude und einer ausreichenden Ähnlichkeit zu bereits reflektierten Echos bestanden haben. Es besteht jedoch immer noch ein Bedürfnis für eine verbesserte Radarlevelmessung, insbesondere bei Behältern mit störenden Strukturen, welche reflektierende Signale erzeugen.

**[0006]** Um die Situation zu verbessern, wurden verschiedene Lösungen vorgeschlagen. Empfang des Echos in zwei Polarisationen (mit einem etwas komplizierteren Antennen/Mikrowellen-Modul) und Vergleichen des empfangenen Signals ist ein Verfahren, um die Möglichkeiten zu steigern, ein Oberflächenecho von weniger symmetrischen störenden Echos zu unterscheiden. Diesbezüglich siehe beispielsweise die US 6 759 976. Die Zeitvariation der Echoamplitude ist eine andere Möglichkeit, welche mit der Polarisation kombiniert werden kann und welche für eine turbulente Oberfläche hilfreich ist. Ein drittes Verfahren ist es, eine noch kompliziertere Antenne zum Erzeugen einiger unterschiedlicher Antennenkeulen zu verwenden (oder einer leicht nicht-vertikalen Keule, welche um die Senkrechte rotiert), all dies für den idealen Fall, dass dasselbe Oberflächenecho erzeugt wird, jedoch stark unterschiedliche Echos von störenden Strukturen, welche üblicherweise nicht symmetrisch angeordnet sind. Diesbezüglich siehe beispielsweise die US 6 759 977. Diese Verfahren können effizient sein, sie benötigen jedoch unglücklicherweise zusätzliche Hardware und sie sind daher normalerweise teurer und schwieriger zu produzieren und zu installieren. Weiterhin werden solche Systeme normalerweise mehr Zeit- und Entwicklungs-Ressourcen benötigen.

**[0007]** Weiterhin ist bekannt, beispielsweise aus der EP 1 128 169, verschiedene Signale zu verwenden, um die Auflösung oder Genauigkeit von RLG-Systemen zu verbessern. Diese bekannten Verfahren werden jedoch aus anderen Gründen und nicht als Abhilfe für die oben beschriebenen Systemen vorgeschlagen.

**[0008]** Dementsprechend besteht immer noch ein Bedürfnis für ein verbessertes RLG-System, das die obengenannten Probleme beheben kann.

#### Zusammenfassung der Erfindung

**[0009]** Es ist daher eine Aufgabe der vorliegenden

Erfindung, ein Radarlevelmesssystem und ein Verfahren zum Bestimmen des Fülllevels eines Füllmaterials anzugeben, die zumindest teilweise die obengenannten Probleme des Standes der Technik beheben.

**[0010]** Diese Aufgabe wird mit einem Radarlevelmesssystem und einem Verfahren nach den beigefügten Ansprüchen gelöst.

**[0011]** In Übereinstimmung mit einem ersten Aspekt der Erfindung wird ein Verfahren bereit gestellt zum Mikrowellensignal-basierten Messen einer Distanz zu einer Oberfläche mit reflektierenden Eigenschaften bei einem Fülllevel eines Füllmaterials in einem Behälter mit zumindest einer störenden Struktur mit einer Oberfläche mit reflektierenden Eigenschaften, umfassend:

Senden zu einer ersten Zeit von ersten Sendesignalen in Richtung der Oberflächen;  
 Empfangen im Wesentlichen zu der ersten Zeit von ersten Empfangssignalen einschließlich eines ersten Oberflächenechos;  
 Aufnehmen von ersten Ausbreitungseigenschaften der mit dem ersten Oberflächenecho verknüpften ersten Sende- und Empfangs-Signale;  
 Senden zu einer zweiten Zeit von zweiten Sendesignalen in Richtung der Oberflächen;  
 Empfangen zu im Wesentlichen der zweiten Zeit von zweiten Empfangssignalen einschließlich eines zweiten Oberflächenechos;  
 Aufnehmen von zweiten Ausbreitungsbedingungen der mit dem zweiten Oberflächenecho verknüpften zweiten Sende- und Empfangs-Signale;  
 wobei die erste Zeit und die zweite Zeit zeitlich durch eine erste Trennzeit getrennt sind;  
 Berechnen einer ersten Differenz zwischen den ersten und den zweiten Ausbreitungsbedingungen;  
 Senden zu einer dritten Zeit von dritten Sendesignalen in Richtung der Oberflächen;  
 Empfangen zu im Wesentlichen der dritten Zeit von dritten Empfangssignalen einschließlich einem dritten Oberflächenecho;  
 Aufnehmen von dritten Ausbreitungseigenschaften der mit dem dritten Oberflächenecho verknüpften dritten Sende- und Empfangs-Signale;  
 Senden zu einer vierten Zeit von vierten Sendesignalen in Richtung der Oberflächen;  
 Empfangen zu im Wesentlichen der vierten Zeit von vierten Empfangssignalen einschließlich eines vierten Oberflächenechos;  
 Aufnehmen von vierten Ausbreitungsbedingungen der mit dem vierten Oberflächenecho verknüpften vierten Sende- und Empfangs-Signale;  
 wobei die dritte Zeit und die vierte Zeit zeitlich durch eine zweite Trennzeit getrennt sind;  
 Berechnen einer zweiten Differenz zwischen den dritten und den vierten Ausbreitungsbedingungen;  
 Vergleichen der ersten und der zweiten Differenz;  
 Auswählen der größten der ersten und der zweiten

Differenz als die mit der Oberfläche des Füllmaterials verknüpfte Differenz; und Bestimmen des Abstandes zu der ausgewählten Oberfläche des Füllmaterials basierend auf Ausbreitungseigenschaften von gesendeten und empfangenen Signalen.

**[0012]** Das Bestimmen der Distanz zu der ausgewählten Oberfläche des Füllmaterials wird vorzugsweise basierend auf zumindest einer der aufgenommenen Ausbreitungseigenschaften vorgenommen. Zusätzlich oder alternativ ist es jedoch auch möglich, andere Ausbreitungseigenschaften, beispielsweise von einem verschiedenen Satz von gesendeten und empfangenen Signalen, zu verwenden.

**[0013]** Es ist erwähnenswert, dass die erste und die dritte Zeit im Wesentlichen simultan auftreten können. In diesem Fall können die ersten Sendesignale identisch mit den dritten Sendesignalen sein, obwohl es auch möglich ist, getrennte Sendesignale, beispielsweise mit unterschiedlicher Polarisierung, zu verwenden. Weiterhin können die zweite und die vierte Zeit im Wesentlichen simultan auftreten, wobei die zweiten Sendesignale identisch zu den vierten Sendesignalen sein können. Die Zeiten können jedoch auch zeitlich getrennt sein. Optionale Messungen können zu einer oder mehreren weiteren Zeitpunkten hinzugefügt werden, wobei ein Satz von Messungen erzeugt wird, der verlässlichere Schlüsse zulässt, wenn beispielsweise der Level und Amplitudenwerte aufgrund von Turbulenzen fluktuieren, etc.

**[0014]** Die zeitliche Trennung zwischen der ersten und der zweiten Zeit und/oder der dritten und der vierten Zeit ist kleiner als eine maximale Trennzeit. Vorzugsweise ist die zeitliche Trennung kleiner als eine Stunde und vorzugsweise kleiner als eine Minute und am meisten bevorzugt kleiner als 10 Sekunden.

**[0015]** Das neue Verfahren der Mikrowellensignal- oder Radarlevel-Messung ist besonders geeignet für Prozessanwendungen mit komplizierten Behältersituationen. Im Vergleich zu herkömmlichen Radarlevelmessgeräten umfasst die Erfindung Mittel zum Ermöglichen, dass sogar kleine Bewegungen der Flüssigkeitsoberfläche verwendet werden, um das Oberflächenecho von nicht gewollten Echos, welche durch störende Objekte erzeugt werden, zu unterscheiden.

**[0016]** Es ist erwähnenswert, dass die vorliegende Erfindung eine Differenz verwendet basierend auf derselben Messung, jedoch zu unterschiedlichen Zeiten, um Ereignisse und Änderungen, die aufgetreten sind, zu unterscheiden. Zuvor bekannte Differenzsignale, wie beispielsweise das in der EP 1 128 169 beschriebene sind normalerweise auf die Differenz zwischen verschiedenen Messsituationen aus-

gerichtet, wie beispielsweise die Differenz zwischen Messungen, die in verschiedenen Medien durchgeführt werden, etc.

**[0017]** Die Differenzanalyse der vorliegenden Erfindung bietet eine Anzahl von Vorteilen, da die Echos korrespondierend zu der Füllmaterialoberfläche einfacher und genauer erfasst werden können. Dementsprechend ist die vorliegende Erfindung als ein Zusatz zu herkömmlichen RLG-Logik-Systemen verwendbar, um die Oberfläche während eines Start-Ups, während der Situation, bei der der Behälter-Leer-Zustand verlassen wird und damit begonnen wird, den Behälter zu füllen, wenn der Fülllevel reflektierende Strukturen in den Behälter passiert, etc. zu identifizieren. Die Differenzanalyse ist auch hilfreich beim Unterscheiden von Echos von bewegenden Objekten, wie beispielsweise Rührapparaten, gegenüber stationären Objekten, wie beispielsweise Trennwänden und Streben.

**[0018]** Das Verfahren kann weiterhin folgende Schritte umfassen: Berechnen, basierend auf den aufgenommenen Ausbreitungsbedingungen, von Abständen zu reflektierenden Oberflächen in dem Behälter, wobei die Differenz zwischen den Ausbreitungsbedingungen vorzugsweise als die Differenz zwischen berechneten Distanzen berechnet wird.

**[0019]** Es wird weiterhin bevorzugt, dass die aufgenommenen Ausbreitungseigenschaften zumindest eine aus einer Phaseninformation und einer Amplitudeninformation von den gesendeten und empfangenen Signalen umfasst. Alternativ oder zusätzlich wird auch bevorzugt, dass die Berechnung einer Differenz zwischen den aufgenommenen Ausbreitungseigenschaften eine Identifikation von zumindest einer Phasendifferenz oder einer Amplitudendifferenz zwischen den aufgenommenen Ausbreitungseigenschaften umfasst.

**[0020]** Die Verwendung der Phaseninformation in den Signalen hat sich als sehr effizient und genau herausgestellt. Die Verwendung der Amplitudeninformation ist jedoch, obwohl nicht so ausgiebig wie die Phaseninformation, für die meisten Situationen und Anwendungen völlig adäquat. Amplitude kann in dem Kontext dieser Anmeldung allgemein als Signalstärke verstanden werden.

**[0021]** Das Verfahren zum Suchen der Echos, welche die größte Veränderung über die Zeit zeigen, kann alternativ auf die folgende Weise beschrieben werden, insbesondere geeignet für den Fall, bei dem Messungen von mehr als zwei Zeitpunkten verwendet werden. Es ist möglich, von der graduellen zeitlichen Veränderung des Levels oder der Phase von zwei Echos darauf zu schließen, ob die zwei Echos in der Zukunft zusammenfallen oder ob sie auf demselben Level zuvor gewesen sind, wobei beide Schluss-

folgerungen aus einer linearen Extrapolation der Veränderung basierend auf zwei oder mehr Zeitpunkten vorgenommen wurden. Das Ereignis einer vorhergesagten oder vergangenen Koinzidenz wird Schnittpunkt genannt und in dem Fall eines Schnittpunktes unter dem momentanen Durchschnittslevel von zwei Oberflächen, ist das obere Level die Flüssigkeitsoberfläche, während ein Schnittpunkt über dem durchschnittlichen momentanen Level anzeigt, dass das untere Level die Flüssigkeitsoberfläche ist.

**[0022]** Vorzugsweise umfasst das Verfahren ein Wiederholen zu zumindest drei zeitlich getrennten Zeiten des Sendens, des Erfassens und des Berechnens; wobei die Distanz zu der Oberfläche des Füllmaterials als die berechnete Distanz bestimmt wird, welche die größte Veränderung zwischen den verschiedenen Zeitpunkten aufweist. Eine solche Differenzanalyse mit mehreren vorhergehenden Zeitpunkten ermöglicht es, sowohl langsame als auch schnellere Bewegungen und Änderungen zu unterscheiden. Weiterhin wird dies die Möglichkeit ausschließen, dass sich die Oberfläche um exakt ein Vielfaches von  $\lambda/2$  zwischen zwei Ereignissen bewegt hat, wobei dies sogar ein sich bewegendes Echo verschwinden lässt. Hier ist  $\lambda$  die Wellenlänge der Radarwellen und für eine 5,8 GHz Frequenz wird  $\lambda$  52 mm sein, etc.

**[0023]** Das Verfahren ist insbesondere hilfreich für Hoch-Level- oder Überfüllungs-Alarmsysteme, da das neue Verfahren insbesondere hilfreich ist zum Identifizieren sich bewegender Oberflächen und da lediglich sich bewegende Oberflächen für Überfüllungs-Betrachtungen interessant sind. Solche Systeme können für diese einzelne Verwendung bestimmt sein oder können eine Funktion sein, die in einem allgemeinen RLG-System eingebaut ist. Die Hoch-Level- oder Überfüllungs-Alarmfunktionalität kann ein Vergleichen der bestimmten Distanz zu dem Füllmaterial mit zumindest einem vorbestimmten Schwellen-Level-Wert einschließen. In der Verwendung als ein Hoch-Level- oder Überfüllungs-Alarm basiert die Berechnung einer Differenz zwischen den Ausbreitungseigenschaften vorzugsweise auf einem Vergleich zwischen Distanzen, welche aus diesen Ausbreitungseigenschaften berechnet wurden. Hierbei werden die Distanzen zu den Oberflächenlevels kontinuierlich überwacht und das sich am schnellsten über die Zeit verändernde Oberflächenlevel wird automatisch als das Oberflächenlevel des Füllmaterials betrachtet. Alternativ oder zusätzlich ist es möglich, den Alarm zu setzen, wenn eine Oberflächenbewegung innerhalb einer vorbestimmten Nahzone eintritt. Diese Situation kann bemerkt werden, wenn eine Differenz zwischen den ersten und den zweiten Ausbreitungseigenschaften oder den dritten und den vierten Ausbreitungseigenschaften als innerhalb einer vorbestimmten Hoch-Level-Zone auftretend identifiziert wird. Ein Schwellenwert für die zu betrachtenden Dif-

ferenzen kann auch gesetzt werden, um rauschbedingte Fehlalarme zu vermeiden. Hierbei ist es möglich, Signale zu priorisieren, die innerhalb der Nahzone auftreten, wenn die für die Signale bestimmte Differenz hoch ist.

**[0024]** Das Verfahren ist verwendbar, sowohl wenn kontinuierliche Signale emittiert werden, wobei die Distanzen basierend auf einer Phasendifferenz zwischen dem empfangenen Echosignal und einem Referenzsignal, wie in FMCW-Systemen, berechnet werden, als auch wenn gepulste Signale emittiert werden, wobei die Distanzen basierend auf der Zeit zwischen der Aussendung eines gepulsten Signals und dem Empfang des Echos des Signals berechnet werden.

**[0025]** Es wird bevorzugt, dass die empfangenen Signale gefiltert werden, um Veränderungen bedingt durch Rauschen zu reduzieren, bevor die Ausbreitungsbedingungen aufgenommen werden oder bevor die aufgenommen Ausbreitungsbedingungen zum Berechnen einer Differenz verwendet werden.

**[0026]** Vorzugsweise werden lediglich primäre Echosignale zum Aufzeichnen der Ausbreitungsbedingungen berücksichtigt, während sekundäre zweifach reflektierte Echos verworfen werden.

**[0027]** Das Verfahren kann weiterhin den Schritt umfassen, dass anfänglich angenommen wird, dass bestimmte der empfangenen Oberflächenechos von der Oberfläche des Füllmaterials herrühren, d.h. dass das erste und das zweite Oberflächenecho oder das dritte und das vierte Oberflächenecho von der Oberfläche des Füllmaterials reflektiert werden. In diesem Fall, falls der Schritt des Auswählens der größten der ersten und der zweiten Differenz ein anderes Oberflächenecho mit der Oberfläche des Füllmaterials verknüpft, wird die Annahme daraufhin vorzugsweise auf die jetzt ausgewählten Oberflächenechos geändert. Die anfängliche Annahme wird außerdem vorzugsweise regelmäßig getestet und falls nötig innerhalb einer begrenzten Zeitspanne korrigiert, wobei die Zeitspanne kleiner ist als eine Stunde und vorzugsweise kleiner als eine halbe Stunde. Noch mehr bevorzugt ist die Zeitspanne kleiner als eine Minute und am meisten bevorzugt kleiner als 10 Sekunden.

**[0028]** Das Verknüpfen von Echosignalen von zeitlich getrennt empfangenen Signalen mit der Annahme, dass sie von derselben reflektierenden Oberfläche herrühren, kann auf verschiedene Arten durchgeführt werden, die per se aus dem Stand der Technik bekannt sind. Diese Verknüpfung zwischen Echosignalen kann direkt beim Empfang der Signale oder nachfolgend basierend auf den aufgenommenen Ausbreitungseigenschaften vorgenommen werden.

**[0029]** In Übereinstimmung mit einem anderen Aspekt der vorliegenden Erfindung wird ein Verfahren bereitgestellt zum Mikrowellensignal-basierten Messen einer Distanz zu einer Oberfläche mit reflektierenden Eigenschaften auf einem Fülllevel eines Füllmaterials in einem Behälter mit zumindest einer störenden Struktur, umfassend:

Senden zu zumindest zwei zeitlich getrennten Zeiten von Sendesignalen in den Behälter und nachfolgend Empfangen von Empfangssignalen einschließlich Oberflächenechos;

Aufnehmen von Ausbreitungseigenschaften der Sende- und Empfangs-Signale in Verknüpfung mit zumindest zwei unterscheidbaren reflektierenden Oberflächen;

Berechnen für jede unterscheidbare reflektierende Oberfläche einer Differenz der aufgenommenen Ausbreitungseigenschaften zwischen den zumindest zwei zeitlich getrennten Zeiten;

Vergleichen der berechneten Differenzen für die zumindest zwei unterscheidbaren reflektierenden Oberflächen;

Auswählen der größten der Differenzen als die Differenz, welche mit der Oberfläche des Füllmaterials verknüpft ist; und

Bestimmen des Abstandes zu der ausgewählten Oberfläche des Füllmaterials basierend auf Ausbreitungsbedingungen von gesendeten und empfangenen Signalen.

**[0030]** In Übereinstimmung mit diesem Aspekt sind ähnliche Vorteile und bevorzugte Merkmale erhaltbar, wie sie bereits in Bezug auf den ersten Aspekt beschrieben wurden.

**[0031]** In Übereinstimmung mit einem weiteren anderen Aspekt der vorliegenden Erfindung wird ein Radarlevelmesssystem bereit gestellt zum Bestimmen einer Distanz zu einer Oberfläche mit reflektierenden Eigenschaften an einem Fülllevel eines Füllmaterials in einem Behälter mit zumindest einer störenden Struktur, umfassend:

einen Sender zum Senden von Messsignalen in Richtung der Oberfläche des Füllmaterials;

einen Empfänger zum Empfangen von Echosignalen von dem Behälter;

einen Speicher zum Aufnehmen von Ausbreitungseigenschaften der Sende- und Empfangs-Signale in Verknüpfung mit zumindest zwei unterscheidbaren reflektierenden Oberflächen;

einen Verarbeitungsschaltkreis zum Berechnen für jede unterscheidbare reflektierende Oberfläche einer Differenz in den aufgenommenen Ausbreitungseigenschaften zwischen zumindest zwei zeitlich getrennten Zeiten, und Auswählen der größten der berechneten Differenzen für die zumindest zwei unterscheidbaren reflektierenden Oberflächen als die mit der Oberfläche des Füllmaterials verknüpfte Differenz, und Bestimmen der Distanz zu der ausgewählten Oberfläche des Füllmaterials basierend auf Aus-

breitungseigenschaften von gesendeten und empfangenen Signalen.

**[0032]** In Übereinstimmung mit diesem Aspekt können ähnliche Vorteile und bevorzugte Merkmale erhalten werden, wie sie bereits in Bezug auf den ersten Aspekt beschrieben wurden.

**[0033]** Die vorliegende Erfindung ist verwendbar zum Levelmessen in Behältern mit einem Füllmaterial mit einer Oberfläche mit reflektierenden Eigenschaften, wie auch mit zumindest einer störenden Struktur mit einer Oberfläche mit reflektierenden Eigenschaften. Insbesondere ist die Erfindung verwendbar, wenn die reflektierenden Oberflächen getrennt sind, d.h. nicht auf dem im Wesentlichen gleichen Level, und dementsprechend unabhängig unterscheidbar in den reflektierten Echosignalen sind. Die Möglichkeit, die Oberflächen zu unterscheiden, kann von verschiedenen Parametern abhängen, wie beispielsweise einem oder mehreren der Trenndistanz, der Level-Auflösung, der Messausrüstung, der Signalstärke etc.

**[0034]** In Übereinstimmung mit einem weiteren anderen Aspekt der vorliegenden Erfindung wird ein Verfahren für eine Mikrowellensignal-basierte Bestimmung einer Hoch-Level- oder Überfüllungs-Situation für den Fülllevel eines Füllmaterials in einem Behälter mit einer Oberfläche mit reflektierenden Eigenschaften bereitgestellt, umfassend:

Senden zu einer ersten Zeit von Sendesignalen in Richtung der Oberflächen;

Empfangen zu im Wesentlichen der ersten Zeit von ersten Empfangssignalen mit einem ersten Oberflächenecho;

Aufnehmen von ersten Ausbreitungseigenschaften für die mit dem ersten Oberflächenecho verknüpften Sende- und Empfangs-Signale;

Senden zu einer zweiten Zeit von zweiten Sendesignalen in Richtung der Oberflächen;

Empfangen zu im Wesentlichen der zweiten Zeit von zweiten Empfangssignalen mit einem zweiten Oberflächenecho;

Aufnehmen von zweiten Ausbreitungsbedingungen der mit dem zweiten Oberflächenecho verknüpften zweiten Sende- und Empfangs-Signale;

wobei die erste Zeit und die zweite Zeit zeitlich durch eine erste Trennzeit getrennt sind;

Berechnen einer ersten Differenz zwischen den ersten und den zweiten Ausbreitungsbedingungen;

Bestimmen einer Distanz zu der Oberfläche des Füllmaterials;

Identifizieren, ob die Differenz ein vorbestimmtes Differenzlevel überschreitet und ob die bestimmte Distanz innerhalb einer vorbestimmten Hoch-Level-Zone ist und falls ja, Setzen des Alarms.

**[0035]** Es sollte bemerkt werden, dass die Erfindung gemäß diesem Aspekt auch in Behältern ohne ir-

gendwelche störenden Strukturen verwendbar und hilfreich ist. Wie durch den Fachmann erkannt werden wird, verwendet dieser Aspekt der Erfindung jedoch dieselben grundlegenden Prinzipien, wie sie in Verbindung mit den anderen Aspekten der Erfindung beschrieben wurden, und es sollte auch bemerkt werden, dass alle Merkmale der anderen Aspekte auch zusammen mit diesem letzten beschriebenen Aspekt der Erfindung verwendet werden können.

**[0036]** Diese und andere Aspekte der Erfindung werden aus den hierin nachfolgend beschriebenen Ausführungsformen klar und mit Bezugnahme auf diese Ausführungsformen deutlich.

#### Kurze Beschreibung der Zeichnungen

**[0037]** Zu exemplarischen Zwecken wird die Erfindung im Folgenden genauer unter Bezugnahme auf ihre Ausführungsformen beschrieben, die in den beigelegten Zeichnungen gezeigt sind, wobei:

**[0038]** [Fig. 1](#) ist eine schematische seitliche Schnittansicht eines Behälters, in den eine Antennenvorrichtung in Übereinstimmung mit der Ausführungsform angeordnet ist;

**[0039]** [Fig. 2](#) ist ein schematisches Blockdiagramm, welches das Radarlevelmesssystem der [Fig. 1](#) zeigt;

**[0040]** [Fig. 3](#) sind einige schematische Diagramme, welche verschiedene Signalspektren für eine beispielhafte Behältersituation wiedergeben; und

**[0041]** [Fig. 4](#) zeigt eine mögliche Signalverarbeitung zur Verwendung in dieser Erfindung.

#### Beschreibung von bevorzugten Ausführungsformen

**[0042]** Die [Fig. 1](#) zeigt schematisch ein Radarlevelmesssystem **1**, bei dem die Erfindung vorteilhafterweise implementiert werden kann. Kurz gesagt umfasst das System in der [Fig. 1](#) eine elektronische Einheit **3** zum Senden und Empfangen von Radarsignalen und zum Verarbeiten der empfangenen Signale, um den Level in dem Behälter zu bestimmen, eine Antenne **4**, die innerhalb des Behälters angeordnet ist zum Senden und Empfangen von Radarwellen in dem Behälter, und eine Radarwellenleiteranordnung **5** zum Leiten von Signalen zwischen der elektronischen Einheit **3** und der Antenne **4**. Dieselbe Antenne kann vorzugsweise als ein Sender zum Emittieren der gesendeten Strahlung und als ein Empfänger zum Empfangen des reflektierten Echosignals verwendet werden, obwohl es auch möglich ist, getrennte Antennen für diese Funktionen zu verwenden. Die beispielhaften Ausführungsformen der Erfindung verwenden Radarantennen, welche einen freien Radarstrahl bereitstellen, wobei in diesem Fall störende Echos besonders häufig sind, es ist jedoch auch

möglich, die Erfindung in geführten Radarsystemen zu verwenden, wobei eine wellenleitende Struktur zum Weiterleiten des ausgesendeten Radarstrahls zu und/oder von dem Behälter verwendet wird.

**[0043]** Im Betrieb sendet das Radarlevelmessgerät **2** Radarenergie entlang des Wellenleiters **5** durch den Behälterdeckenanschluss und empfängt von der Flüssigkeitsoberfläche **8** reflektierte Energie von der Flüssigkeitsoberfläche **8**, um eine Anzeige des Levels der Flüssigkeit innerhalb des Behälters bereitzustellen. Das Radarlevelmessgerät **2** kann mit einem entfernten Ort (beispielsweise einem Kontrollraum) über eine Signalleitung oder Ähnliches verbunden sein.

**[0044]** Das System kann gepulste oder kontinuierlich emittierte Strahlung verwenden. Falls gepulste Signale verwendet werden, können die Signale DC-Impulse mit einer Länge von etwa 2 ns oder weniger sein, mit einer Frequenz in der Größenordnung von MHz mit durchschnittlichen Leistungsniveaus in dem nW- oder dem µW-Bereich. Alternativ sind die Impulse auf einer Trägerwelle mit einer GHz-Frequenz moduliert. Falls benötigt, ist der Behälter mit einer Dichtung ausgerüstet, die angeordnet ist, um es den elektromagnetischen Signalen zu erlauben, durch die Wand des Behälters zu passieren, während eine luftdichte Dichtung aufrechterhalten wird, um so die Behälterinhalte daran zu hindern, aus dem Behälter zu entweichen.

**[0045]** In der allgemeinen Ausführungsform, die in der [Fig. 2](#) gezeigt ist, umfasst der Schaltkreis **20** einen Signalprozessor **21**, einen Sender **23**, einen Empfänger **28** und Signalverarbeitungsschaltkreise **29**, welche die empfangenen Signale für den Prozessor **21** aufbereiten. Der Schaltkreis umfasst weiterhin einen Sende/Empfangs-(transmit/receive, TR)-Koppler **25**, welcher den Sender **23** und den Empfänger **28** mit der Antenne **4** verbindet, die Signale in Richtung der Oberfläche **28** des Materials richtet, dessen Level zu messen ist. Der TR-Koppler **25** kann ein Richtungskoppler, ein Ferrit-Zirkulator (ferrite circulator), ein Schalter oder irgendeine andere herkömmliche Komponente sein. Der Schaltkreis umfasst zumindest Leistungsschaltkreise **22** und Kommunikationsschaltkreise **24**, welche beide von vielen Typen sein können.

**[0046]** Der Signalprozessor **21** ist vorzugsweise ein Mikroprozessorbasierter Schaltkreis, der angepasst ist, um das eingehende Signal zu empfangen, wie oben beschrieben, und als einen Ausgang ein Signal oder eine Information bereitstellt, welche den Level des Materials **8** wiedergibt. Die durch den Signalprozessor **110** implementierten Funktionen und Algorithmen, von denen einige in der Hardware implementiert sein können und von denen einige als Software ausgeführt sein können, sind aus dem Stand der

Technik an sich bekannt und werden in dieser Anmeldung nicht weiter beschrieben.

**[0047]** Nach Reflektion an der Oberfläche **2** werden die elektromagnetischen Signale durch die Antenne **12** empfangen und zurück zu dem Transceiver **10** weitergegeben, wo sie in einem Prozess gesampelt und digitalisiert werden, der durch einen Verarbeitungsschaltkreis kontrolliert wird, wie beispielsweise einem Prozessor **11**. Der Prozessor ist mit Software zum Analysieren des Signals ausgestattet, um einen Füllstand in dem Behälter, d.h. den Level der Oberfläche **2** zu bestimmen. Der Prozessor **11** ist vorzugsweise ein Mikroprozessor-basierter Schaltkreis, der angepasst ist, um das eingehende Signal zu empfangen, wie oben beschrieben, und der als eine Ausgabe ein Signal oder eine Information bereitstellt, welche den Level des Materials **3** wiedergibt. Die durch den Signalprozessor **11** implementierten Funktionen und Algorithmen, von denen einige als Hardware ausgeführt sein können und von denen einige als Software ausgeführt sein können, sind aus dem Stand der Technik an sich bekannt und werden in dieser Anmeldung nicht weiter beschrieben. Insbesondere umfasst das Verfahren vorzugsweise die an sich gut bekannte Funktionalität des Suchens, um Oberflächenechos unter möglichen störenden Echos zu identifizieren und des Verfolgens, um dem gefundenen Oberflächenecho während verschiedener sich verändernder Bedingungen zu folgen. Verschiedene reflektierende Signale erzeugende Oberflächen können simultan überwacht werden und üblicherweise ist der Verarbeitungsschaltkreis angeordnet, um ein Überwachen von 5–10 solcher Oberflächenechos simultan zu verwalten.

**[0048]** Für Radarsysteme, bei denen zwei oder mehr Echos vorhanden sind, wird normalerweise eine begrenzte Auflösung vorhanden sein, wenn diese Echos nahe beieinander sind. Zwei einigermaßen nahe beieinander liegende Echos werden allgemein als zwei Echos aufscheinen, wohingegen, falls diese sehr nahe beieinander sind, so dass es nicht möglich sein wird, sie zu unterscheiden, sie als ein einzelnes Echo in einer Durchschnittsdistanz aufscheinen werden, und zwischen diesen zwei Fällen liegt ein Übergangsbereich, in dem die Genauigkeit gering sein kann. Die Grenze wird durch die Impulszeit oder die invertierte Bandbreite festgelegt und liegt bei etwa 150 mm für ein System mit einer Bandbreite von 1000 MHz oder einer Impulszeit von 1 ns, wobei dies einigermaßen unabhängig von dem Typ des Systems ist. Die zu beschreibenden Ausführungsformen lösen die Echosituation bei Distanzen außerhalb dieser Zone, bei der eine geringere Genauigkeit vorliegt.

**[0049]** Weiterhin wird ein Mittel bereitgestellt zum Unterstützen der Auswahl, falls verschiedene reflektierende Oberflächen in dem Behälter existieren, welcher Teil des empfangenen Signals und welche be-

rechnete Distanz die Oberfläche des Füllmaterials wiedergibt. Diese Funktionalität ist vorzugsweise hauptsächlich softwarebezogen und kann in vielen Fällen auf existierender (oder geringfügig erweiterter) Hardware implementiert werden und wird bei FMWC wie auch bei gepulsten Systemen funktionieren. Sie kann alleine, aber auch in Kombination mit den oben genannten Verfahren oder mit vielen anderen Verfahren verwendet werden.

**[0050]** In einer ersten Ausführungsform wird die Phaseninformation in den empfangenen Signalen verwendet. In dieser Ausführungsform wird eine Speicherfunktion bereitgestellt, von der das unbearbeitete Behälter-Signal mit der Phaseninformation zu geeigneten Zeitpunkten gespeichert wird. Bei einem typischen System ist die Information bei einem "Schnappschuss" (eine Abtastung bei einem FMWC-System oder das entsprechende Intervall bei einem gepulsten System) wenige Kilobytes groß, so dass die Speicherung von einigen "Schnappschüssen" sogar mit einem bescheidenen aber modernen Prozessor mit seinem RAM kompatibel ist. Zwischen den letzten "Schnappschüssen" und einem der älteren wird eine Differenz gebildet und es wird eine im Wesentlichen normale Signalverarbeitung an der Differenz durchgeführt. Unter der Annahme, dass sich die Oberfläche ein bisschen zwischen den zwei "Schnappschüssen" bewegt hat, wird die unterschiedliche Phase der Oberflächenechos sehr wahrscheinlich eine Differenz ungleich Null erzeugen, wenn alle Echos über der Oberfläche ausgelöscht werden. Die optimale Veränderung im Level ist  $\lambda/4$  (7 mm bei 10 GHz), wobei dies eine entgegengesetzte Phase für das Oberflächenecho ergibt, jedoch eine gleichbleibende Phase für störende Echos über der Oberfläche. Jedoch ergibt bereits  $\lambda/12$  (2,5 mm bei 10GHz) die originale Amplitude, wenn die Differenz gebildet wird. Mit einer typischen Oberflächengeschwindigkeit von wenigen cm pro Minute wird lediglich ein kurzes Zeitintervall benötigt (5–10 s) und bei dem sehr üblichen Fall einer turbulenten Oberfläche wird dies sogar stimmen, falls die Oberfläche sich nicht stetig bewegt. Einige verschiedene "Schnappschüsse" werden vorzugsweise gespeichert und das Intervall für Speicherungen wird abgeschätzt mit der Bewegung abgestimmt, so dass der beste Vergleich durchgeführt werden kann. Das Sampling wird vorzugsweise durchgeführt, bevor irgendeine Erfassung durchgeführt wird (die üblicherweise bei heutigen gepulsten Systemen angewendet wird). Für die beschriebene Funktion wird bevorzugt, dass das Signal linear behandelt wird und dass die Phase beibehalten wird. Eine Standardmöglichkeit, um dies zu tun, ist, zwei Signale  $90^\circ$  aus der Phase gedreht abzuspeichern, allgemein als I- und Q-Kanal bezeichnet.

**[0051]** In vielen Fällen ist es ausreichend, einen Vergleich zwischen zwei Momenten oder Zeiten wie oben beschrieben durchzuführen und die Schlussfol-

gerungen aus der Differenz zu ziehen. In vielen praktischen Fällen sind jedoch sowohl in dem gemessenen Level als auch der Amplitude Variationen vorhanden, die von kleinen Bewegungen in der Oberfläche oder einem dritten störenden Echo abhängen, wobei diese beiden eine ziemlich schnelle Variation des gemessenen Levels oder der Amplitude bedingen. Solche Variationen können leicht einen Vergleich, um die "größte Änderung" zu bestimmen, mehrdeutig machen. Durch Einschließen von mehr als zwei Momenten mit ihren eigenen gemessenen Werten kann diese Mehrdeutigkeit durch Überschlagen der Trends über ein paar verschiedene Zeiten anstelle der Differenz zwischen zwei Zeiten aufgelöst werden. Dies ist durch die **Fig. 4** gezeigt, in der drei verschiedene Fälle gezeigt sind, jeder mit einem Vergleich zwischen zwei Echos. In der **Fig. 4a** ist eine Sequenz von vier Levels (oder Phasen) in einem Diagramm über den Zeitmomenten angetragen und abgeschätzte lineare Trends sind durch Linien wiedergegeben. In der **Fig. 4a** ist das obere Echo ein störendes Echo (beispielsweise eine Behälterstruktur) mit einer gepunkteten Trendlinie und das untere Echo von der sich verändernden Flüssigkeitsoberfläche ist mit einer durchgezogenen Trendkurve wiedergegeben. Der Schnittpunkt zwischen den zwei Trendlinien (unter der Annahme einer konstanten Geschwindigkeit) ergibt das Level, bei dem die zwei Echos zusammenfallen werden (in der Zukunft) oder wo sie auf demselben Level waren (in der Vergangenheit). Das "Schnitt-Level" ist jetzt nahe bei dem oberen Ende des Levelintervalls zwischen den zwei Echos und die Signifikanz davon wird weiter im Folgenden beschrieben. In der **Fig. 4b** liegt das störende Echo unter der Oberfläche und der entsprechende Satz von zu vier verschiedenen Zeiten gemessenen Levels wird eine geringfügig unterschiedliche Erscheinung aufweisen. Das störende Echo wird nun durch eine variable Dicke einer zumindest teilweise radartransparenten Flüssigkeit gemessen und beide Levels werden eine Variation aufweisen, jedoch in entgegengesetzten Richtungen. Das Schnitt-Level kann immer noch definiert werden, es ist jedoch unterhalb des Durchschnitts der zwei gemessenen Levels. Dies wird sowohl bei steigendem als auch bei fallendem Level stimmen, der hypothetische Moment des Schneidens wird jedoch anders sein. In dem dritten Fall, gezeigt in der **Fig. 4c**, wird ein mehrfaches Echo von dem Behälterdach (d.h. das Zweifache der Distanz) mit dem normalen Oberflächenecho auf dieselbe Weise verglichen. In diesem Fall wird das Level des Schnittpunktes höher sein als die beiden gemessenen Levels und das mehrfache Echo wird deutlich. Es ist offensichtlich, dass bei sehr klaren Signalen das Ergebnis dieser einfachen Trendanalyse in den **Fig. 4a** und **Fig. 4b** das gleiche Ergebnis wie bei einer Untersuchung einer größeren Veränderung ergibt, bei einer rauschähnlichen Störung wird jedoch die Trendanalyse ein sichereres Ergebnis liefern. Die Position des Schnitt-Levels kann auf die folgende Weise ver-

wendet werden:

- Schnitt-Level unter dem Durchschnitt zwischen den beiden gemessenen Levels bedeutet, dass das höchste Level das richtige ist.
- Schnitt-Level über dem Durchschnittslevel, jedoch unter dem höchsten der zwei (mit einer bestimmten Bandbreite) bedeutet, dass das unterste Level verwendet werden sollte.
- Schnitt-Level über dem höchsten Level zeigt an, dass das höchste Level verwendet werden sollte aufgrund der aufgedeckten Existenz eines mehrfachen (mehrfach reflektierten) Echos.

**[0052]** Vorzugsweise wird beispielsweise in der Software eine geeignete Analyse des Streuungsgrades bereitgestellt zum Bestimmen, wie viele Punkte benötigt werden, um die Trendanalyse einzuschließen. Aus der obigen Beschreibung ist für den Fachmann offensichtlich, dass die Schlussfolgerungen unabhängig von der Richtung der Bewegungen gültig sind.

**[0053]** Bei vielen Anwendungen muss das System fähig sein, auch bei einer sich nicht bewegenden Oberfläche zu messen und dann kann das Behälter-signal auf eine herkömmliche Weise verwendet werden. Dies trifft jedoch nur dann zu, wenn die Oberfläche sich weder bewegt noch turbulent ist und wenn dann die Amplitude des Echos zumindest 10–20 dB stärker ist als bei turbulenten Bedingungen. Dementsprechend wird das Standardverfahren nur während der günstigsten Bedingungen verwendet. Alternativ ist auch eine Kombination dieser Verfahren möglich. Beispielsweise können die Verfahren für eine genauere Bestimmung der Oberfläche kontinuierlich und parallel betrieben werden, wobei die Information von beiden extrahiert und verglichen werden kann. Wenn keine Turbulenz oder Bewegung vorhanden ist, wird das Ergebnis des Standardverfahrens wie es ist verwendet und wenn Bewegungen auftreten, kann das Standardverfahren als eine Überprüfung verwendet werden. Weiterhin ermöglicht das Verfahren, dass die störenden Echos mit ihrer Phase gespeichert werden, so dass die besonders starken Echos von dem Behältersignal sogar für ein stetiges Oberflächenecho abgezogen werden können. Das Differenz-Bilden aus den zwei Echosignalen, die an zwei ziemlich nahe beieinander liegenden Zeitpunkten aufgenommen wurden, ist jedoch effizienter, da die Störechos "frisch" sind und da diese denselben Einfluss von Sedimenten, Temperatur und Variationen etc. aufweisen.

**[0054]** Das oben beschriebene Verfahren kann bei verschiedenen Arten von RLG-Systemen angewendet werden, auch bei den herkömmlich verwendeten gepulsten Systemen und FMWC-Systemen. Mit einem gepulsten System werden kurze Impulse gesendet, welche jeweils ein 1 ns langer Impuls einiger 6 GHz-Perioden sein können. Nach Reflektion an der

Oberfläche werden die Impulse empfangen und mit einer ähnlichen Impulsfolge mit einer leicht unterschiedlichen PRF (beispielsweise 1,00000 MHz im Gegensatz zu 1,00001 MHz) gemischt und dann, nach einem Tiefpassfiltern werden die empfangenen Impulse (Wiederholen über eine ziemlich lange Zeit) in der Zeit "gestreckt", um einfacher verarbeitet werden zu können. Das Mischen ist linear, so dass Phase, Amplitude und gemischte Signale erhalten bleiben, wobei die Impulse mit einer wesentlich langsameren Rate ( $10^{-5}$  in dem Beispiel) ausgegeben werden. Eine Periode dieses gestreckten Signals (100 ms in diesem Beispiel) wird hierin als ein "Schnappschuss" des Behältersignals bezeichnet. Für ein FMCW-Signal ist das IF-Signal idealerweise eine Summe von Sinussignalen, eines für jedes Echo mit beibehaltener Phase und Amplitude und mit einer Länge, die gleich der Länge eines Durchlaufs (sweep) ist (beispielsweise 100 ms). Die Signalverarbeitung in einem modernen System kann angenommen werden als umfassend eine oder mehrere FFTs und bei dieser Stufe kann angenommen werden, dass die Differenz bei der Signalverarbeitung zwischen einem gepulsten und einem FMCW-System darauf reduziert ist, ob eine gerade oder eine ungerade Anzahl von FFTs angewendet werden. Der Ausdruck "generische IF-Signale" wird sowohl für gepulste Systeme als auch für FMCW-Systeme oder andere Radarsysteme verwendet, die eine lineare Kombination von Echos von möglichen mehreren Echos mit beibehaltener Amplitude, Phase etc. ausgeben.

**[0055]** Die Schnappschüsse von den generischen IF-Signalen zu einem oder mehreren Zeitpunkten werden vorzugsweise in einem Speicher in dem beschriebenen System gespeichert. Mit üblichen Parametern ist ein Schnappschuss durch Aufnehmen von etwa 1000 Samples mit 8 bis 16 Bit Amplitudenauflösung gut aufbewahrt. Dementsprechend werden einige oder bis zu 10 Kilobytes an Speicherplatz für jeden Schnappschuss benötigt, wobei die Speicherung einiger Schnappschüsse einfach zu erreichen ist, sogar mit einem begrenzten Speicherplatz in einem modernen digitalen Prozessor. Bei existierenden Systemen sind heutzutage 1000 Samples eine übliche Menge, so dass die Hardwarevoraussetzungen mit dem heutigen RLG-Industriestandard kompatibel sind.

**[0056]** Das Bilden der Differenz zwischen zwei beliebigen Schnappschüssen von verschiedenen Zeitpunkten ist einfach auszuführen. Eine wichtige Beobachtung ist, dass ein statisches Echo in der Differenz im Wesentlichen verschwindet, während ein sich bewegendes Echo allgemein einen Beitrag ungleich Null zu der Differenz leisten wird. Die Speicherung einiger verschiedener Schnappschüsse wird die Möglichkeit ausschließen, dass die Oberfläche sich um exakt ein Vielfaches von  $\lambda/2$  zwischen zwei Zeitpunkten bewegt hat, wobei sogar ein sich bewegendes

Echo verschwinden würde. Eine ziemlich kleine Bewegung wird benötigt, um die Differenz unterscheidbar ungleich Null werden zu lassen und beispielsweise eine Änderung um  $\lambda/12$  des Levels wird eine Phasendifferenz von  $60^\circ$  und dieselbe Amplitude in dem differenziellen Schnappschuss im Vergleich zu den Originalen ergeben. Falls wir eine Signalreduzierung um 10 dB annehmen, bevor eine Verarbeitung akzeptabel sein sollte, dann ist sogar eine Veränderung um 1 mm in einem 10 GHz-System ausreichend, um die wahre Oberfläche zu unterscheiden.

**[0057]** Für ein FMCW-System wird das Differenzsignal für ein sich bewegendes Echo offensichtlich ähnlich zu dem originalen Echo sein, jedoch mit einer anderen Amplitude und anderen Phase, wobei dies bei dem normalen Typ der Signalverarbeitung keinen Einfluss auf die berechnete Distanz haben wird. Für ein gepulstes Signal wird die Differenz sehr ähnlich sein, unter der Annahme, dass die Zeitdifferenz klein ist im Vergleich zu der Impulszeit (was einer Distanz in der Größenordnung von 100 mm entspricht). Sogar in einem Impuls ist die meiste Information in der Phase enthalten. Für den Impuls-Fall wird bevorzugt, dass das Signal vor einer Videoerfassung verwendet wird (wo die zwei Impulse unterschiedliche Phasen aufweisen), da die zwei erfassten Signale von geringfügig verschiedenen Zeitpunkten sehr ähnlich sind und nicht irgendeine verwendbare Differenz bilden werden.

**[0058]** Ein beliebiges Echo von einer beliebigen Struktur über der Flüssigkeitsoberfläche wird virtuell verschwinden, während das Oberflächenecho mit einer voraussichtlichen Änderung in der Amplitude, die gewählt werden kann durch Verwenden einer begrenzten Auswahl an Schnappschüssen, verbleiben wird. Dementsprechend wird das Oberflächenecho sehr viel sauberer sein und noch wichtiger, es wird das am nächsten gelegene Echo ungleich Null sein, sogar bei Situationen, bei denen viele starke Störerechos vorhanden sind.

**[0059]** Im Fall einer glatten Oberflächenbehälterstruktur über der Oberfläche können diese durch eine Reflektion in der Oberfläche (doppeltes Widerspiegeln) reflektiert werden und können als Echos erscheinen, die weiter als die Oberfläche entfernt sind und sich mit der doppelten Geschwindigkeit bewegen, wenn sich die Oberfläche bewegt. Bei einer komplexeren Rechnung können sich die Phasen aller Echos, die eher danach aussehen, dass sie die berechnete Oberfläche sind, in Übereinstimmung mit der berechneten Oberfläche ändern. Eine Anzahl von Versuchsberechnungen wird die richtige Annahme hervorbringen.

**[0060]** Einige Flüssigkeiten sind transparent für Radarwellen und in diesem Fall werden Echos unterhalb der Oberfläche sichtbar und sie werden erscheinen,

als ob sie sich auch bewegen, wobei sie jedoch wirken, als ob sie sich in der entgegengesetzten Richtung und langsamer bewegen. Ein betreffender Typ von Algorithmus für Echos über der Oberfläche wird es möglich machen, diese Echos ebenso zu entfernen, bevor die letzte genaue Berechnung stattfindet.

**[0061]** Ein Radarlevelmessgerät kann verschiedene Verwendungen aufweisen und eine wichtige Verwendung ist als ein Überfüllungsalarm. Das beschriebene Verfahren ist gut für diese Aufgabe geeignet, da es die Erfassung auch von schwachen, jedoch irgendwie sich bewegenden Echos in einer genau definierten näheren Umgebung des Radarlevelmessgeräts ermöglichen wird. Die Echosituation in der näheren Umgebung des Messgerätes ist ziemlich statisch, so dass das Instrument empfindlich für jedwede Änderung gemacht werden kann, die in diesem Teil des Behälters am wahrscheinlichsten durch die ansteigende Flüssigkeitsoberfläche bewirkt wird.

**[0062]** In der zuvor beschriebenen Ausführungsform wurden die Phaseninformationen in den empfangenen Signalen verwendet, um eine sich bewegende Oberfläche von einer sich nicht bewegenden Oberfläche zu unterscheiden und dabei die reflektierenden Signale von der Oberfläche des Füllmaterials gegenüber störenden Echos zu identifizieren. Es ist jedoch auch möglich, Signale ohne Phaseninformation für im Wesentlichen denselben Zweck zu verwenden. Eine solche Ausführungsform wird nun genauer beschrieben.

**[0063]** Bei dieser Ausführungsform wird ein Differenzspektrum für die Amplitude in jeder Position gebildet und es werden zu unterschiedlichen Zeiten empfangene Signale verglichen, aus denen die Echocharakteristika bestimmbar sind.

**[0064]** Die Differenz in der Amplitude für eine Position  $n$  zu einer Zeit  $t$  kann bestimmt werden als:

$$\text{AmplDiff}(n)_t = \text{Ampl}(n)_t - \text{Ampl}(n)_{t-1}$$

**[0065]** Alternativ kann die Differenz bestimmt werden als:

$$\text{AmplDiff}(n)_t = \text{Abs}(\text{Ampl}(n)_t - \text{Ampl}(n)_{t-1})$$

**[0066]** Die Amplitudendifferenz wird weiterhin vorzugsweise gefiltert, um rauschbedingte Störungen zu vermeiden, beispielsweise auf die folgende Weise:  
FiltFactor = 90%

$$\text{FiltAmplDiff}(n)_t = \text{FiltFactor} \times \text{FiltAmplDiff}(n)_{t-1} + (1 - \text{FiltFactor}) \times \text{AmplDiff}(n)_t$$

**[0067]** Mittels des Vergleichs zwischen Signalen von verschiedenen Zeiten, wird die Differenzanalyse eine klare Anzeige von sich bewegenden Oberflä-

chen erzeugen, wie beispielsweise einer turbulenten Oberfläche, einer Oberfläche, die angehoben oder abgesenkt wird oder von einem sich bewegenden Rührwerk. Eine stationäre Oberfläche wird jedoch im Wesentlichen nicht sichtbar sein, wie beispielsweise Stäbe, Bleche etc. Dasselbe gilt für eine vollkommen ruhige Füllmaterialoberfläche.

**[0068]** Wenn eine Bewegung in dem Behälter auftritt, wird das Signal/Rausch-Verhältnis in dem Differenzspektrum größer sein als das in dem Standard-"Behälterspektrum". Ebenso werden, wie zuvor erwähnt, statische Echos in dem Differenzspektrum nicht vorhanden sein. Dementsprechend macht eine Turbulenz, ein kochendes Produkt oder eine sich bewegende Oberfläche es im Vergleich zum Verwenden der herkömmlicheren Echologik tatsächlich einfacher, das korrekte Oberflächenecho unter Verwendung des neuen Verfahrens zu bestimmen, sogar unter ruhigen Bedingungen.

**[0069]** Die aus dem Differenzsignal erhaltbare Information wird nun genauer unter Bezugnahme auf ein Beispiel beschrieben. In dem Diagramm in der [Fig. 3a](#) ist ein beispielhaftes Behälterspektrum gezeigt, wobei die Y-Achse die Amplitude auf einer linearen Skala wiedergibt und die X-Achse die Distanz (0,0–9,0 m) wiedergibt, ebenso auf einer linearen Skala. In diesem Spektrum ist das Maximum, das die Oberfläche bei 3,7 m repräsentiert, klar sichtbar, es sind jedoch auch andere sichtbar, insbesondere ein starkes Störeocho bei 0,5 m. Beim Beurteilen lediglich aufgrund dieser Information ist es schwierig zu sagen, welches der Maxima das Oberflächenecho repräsentiert.

**[0070]** In der [Fig. 3b](#) ist ein Differenzspektrum für dieselbe Behältersituation dargestellt. In diesem Diagramm ist es leicht festzustellen, wo eine Bewegung in dem Behälter stattfindet. Bis 3,0 m ist keine Bewegung und das starke Störeocho bei 0,5 m kann daher vernachlässigt werden. Die S-förmige Kurve von 3,0 m bis 4,0 m zeigt auch an, in welche Richtung sich das Echo bewegt. In diesem Fall wird die Oberfläche abgesenkt.

**[0071]** Vorzugsweise verwendet die Differenzanalyse empfangene Signale von zumindest zwei und vorzugsweise verschiedenen vorherigen Zeiten, und vorzugsweise mit verschiedener zeitlicher Trennung. Hierbei wird es möglich, sowohl langsame Bewegungen, wie beispielsweise ein langsam angehobener oder abgesenkter Füllstand, als auch schnellere Bewegungen, wie beispielsweise Turbulenzen an der Oberfläche, zu erfassen und zwischen ihnen zu unterscheiden. Weiterhin macht es diese erweiterte Analyse möglich, die Situation zu vermeiden, bei der die Differenz zwischen zwei empfangenen Signalen exakt einem Vielfachen von  $\lambda/2$  entspricht, wobei dies sogar ein sich bewegendes Echo verschwinden lie-

ße. Beispielsweise kann die Differenzanalyse für zu einer Zeit  $t$  empfangene Signale basierend auf Messungen beispielsweise bei  $t-1$ ,  $t-10$  und  $t-100$  durchgeführt werden.

**[0072]** Das oben beschriebene Verfahren und System sind insbesondere hilfreich für Überfüllungsanwendungen. In solch einer Überfüllungsanwendung kann das ermittelte Oberflächenlevel mit einem oder verschiedenen Schwellenwerten und beispielsweise einem Satz der folgenden drei Schwellenwerte verglichen werden:

- OFA LowLimit, das eine untere Grenze für den zu überwachenden Bereich ist,
- OFA HighLimit, das die obere Grenze für den Bereich ist,
- OFA AmpThreshold, welcher ein Schwellenwert für eine Amplitude ist, die den Alarm innerhalb dieses Bereichs erzeugen kann.

**[0073]** Es ist natürlich wichtig, dass die Schwellenwerte geeignet gewählt werden, so dass keine Oberflächenechos übersehen werden, zugleich jedoch Fehlalarme aufgrund von anderen Reflektionen, Rauschen etc. so weit wie möglich vermieden werden. Dementsprechend war die Überfüllungsalarmpunktionalität zuvor in der Praxis schwierig zu realisieren und erforderte normalerweise eine grundlegende und umständliche Konfiguration für jede einzelne Verwendungssituation. Mit dem oben beschriebenen zeitdifferenziellen Spektrum, das fähig ist, Veränderungen und Ereignisse, die über die Zeit eintreten, zu erfassen, kann jedoch eine sehr viel höhere Zuverlässigkeit erreicht werden, wobei es dies einfacher macht, Überfüllungsalarme zu produzieren und zu installieren. Ein Schwellenwert für die Amplitude würde normalerweise benötigt werden, sogar falls die oben beschriebene differenzielle Analyse verwendet wird. In diesem Fall kann jedoch der Schwellenwert als ein allgemeiner Parameter unabhängig von dem Füllmaterial, der Behälterumgebung etc. gesetzt werden. Dementsprechend kann ein konstanter Schwellenwert verwendet werden, unabhängig davon, wo und wie das System installiert ist.

**[0074]** Das Messsystem kann weiterhin einen Alarm (nicht gezeigt) umfassen, welcher durch das Alarmsignal aktiviert wird. Der Alarm kann beispielsweise in einer Kontrolleinheit für das System angeordnet sein. Das Alarmsystem kann verteilt sein, wobei der Alarm in einem Abstand von dem Messsystem angeordnet ist. Alternativ kann das Alarmsignal zu einem separaten System gesendet werden, wie beispielsweise einem allgemeinen Kontrollsystem. Der Alarm kann nahe bei der Messausrüstung angeordnet sein oder an einem entfernten Ort (beispielsweise in einem Kontrollraum), wobei die Alarmsignale durch eine Signalleitung oder Ähnliches übertragen werden können. Die Alarmeinheit kann auf verschiedene Arten konstruiert sein, um einen Bediener über die momen-

tane Situation zu informieren. Einige Beispiele: ein akustisches Signal kann aktiviert werden, Alarmlampen können beginnen zu leuchten oder zu blinken oder es kann eine Art von Signalisierung auf einer Schalttafel aktiviert werden, Alarme auf einem Computerbildschirm oder einer entfernten Einheit (Telefon, Minicall, Funk, etc.) können aktiviert werden, etc.

**[0075]** Spezifische Ausführungsformen der Erfindung wurden nun beschrieben. Verschiedene Alternativen sind jedoch möglich, wie für den Fachmann klar sein wird. Beispielsweise können viele verschiedene Komponenten zum Durchführen der verschiedenen Funktionen des Levelmesssystems und des Verarbeitungsschaltkreises verwendet werden, wie dem Fachmann leicht klar wird. Weiterhin können verschiedene Typen von Schwellenwerten und Alarmparametern innerhalb des oben skizzierten Systems verwendet werden, das System kann gepulste oder kontinuierlich gesendete Messsignale verwenden, das System kann ein zweckbestimmtes Alarmsystem oder in einem herkömmlichen Messsystem integriert sein, etc. Solche und andere offensichtlichen Modifikationen müssen als innerhalb des Umfangs der vorliegenden Erfindung, wie er durch die beigefügten Ansprüche definiert wird, liegend angesehen werden.

## ZUSAMMENFASSUNG

**[0076]** Ein Verfahren und eine Vorrichtung zur radarbasierten Messung eines Fülllevels eines Füllmaterials wird offenbart, wobei der Behälter zumindest eine störende Struktur aufweist. Das Verfahren umfasst: zu einem ersten Zeitpunkt Senden eines Mikrowellensignals in Richtung der Oberfläche des Füllmaterials; Empfangen von Mikrowellensignalen, wie von der Oberfläche des Füllmaterials reflektiert und wie von der mindestens einen störenden Struktur reflektiert; Berechnen basierend auf Laufzeiten der gesendeten und reflektierten Mikrowellensignale von zumindest zwei Distanzen zu reflektierenden Oberflächen in dem Behälter; und Wiederholen zu einem zweiten Zeitpunkt des Sendens, des Erfassens und des Berechnens, wobei der erste Zeitpunkt zeitlich von dem zweiten Zeitpunkt getrennt ist. Basierend auf den verschiedenen wiederholten Messungen wird die Distanz zu der Oberfläche des Füllmaterials als die berechnete Distanz bestimmt, welche die größte Änderung zwischen dem ersten und dem zweiten Zeitpunkt aufweist. Basierend auf dieser Zeitdifferenzanalyse ist es möglich, sich bewegende Oberflächen sehr leicht und genau zu bestimmen. Das Verfahren ist besonders vorteilhaft bei Überfüllungs- oder Hoch-Level-Alarmsystemen.

## Patentansprüche

1. Verfahren zum Mikrowellensignal-basierten Messen einer Distanz zu einer Oberfläche mit reflek-

tierenden Eigenschaften bei einem Fülllevel eines Füllmaterials in einem Behälter mit zumindest einer störenden Struktur mit einer Oberfläche mit reflektierenden Eigenschaften, umfassend:

- Senden zu einer ersten Zeit von ersten Sendesignalen in Richtung der Oberflächen;
- Empfangen im Wesentlichen zu der ersten Zeit von ersten Empfangssignalen einschließlich eines ersten Oberflächenechos;
- Aufnehmen von ersten Ausbreitungseigenschaften der mit dem ersten Oberflächenecho verknüpften ersten Sende- und Empfangs-Signale;
- Senden zu einer zweiten Zeit von zweiten Sendesignalen in Richtung der Oberflächen;
- Empfangen zu im Wesentlichen der zweiten Zeit von zweiten Empfangssignalen einschließlich eines zweiten Oberflächenechos;
- Aufnehmen von zweiten Ausbreitungsbedingungen der mit dem zweiten Oberflächenecho verknüpften zweiten Sende- und Empfangs-Signale;
- wobei die erste Zeit und die zweite Zeit zeitlich durch eine erste Trennzeit getrennt sind;
- Berechnen einer ersten Differenz zwischen den ersten und den zweiten Ausbreitungsbedingungen;
- Senden zu einer dritten Zeit von dritten Sendesignalen in Richtung der Oberflächen;
- Empfangen zu im Wesentlichen der dritten Zeit von dritten Empfangssignalen einschließlich einem dritten Oberflächenecho;
- Aufnehmen von dritten Ausbreitungseigenschaften der mit dem dritten Oberflächenecho verknüpften dritten Sende- und Empfangs-Signale;
- Senden zu einer vierten Zeit von vierten Sendesignalen in Richtung der Oberflächen;
- Empfangen zu im Wesentlichen der vierten Zeit von vierten Empfangssignalen einschließlich eines vierten Oberflächenechos;
- Aufnehmen von vierten Ausbreitungsbedingungen der mit dem vierten Oberflächenecho verknüpften vierten Sende- und Empfangs-Signale;
- wobei die dritte Zeit und die vierte Zeit zeitlich durch eine zweite Trennzeit getrennt sind;
- Berechnen einer zweiten Differenz zwischen den dritten und den vierten Ausbreitungsbedingungen;
- Vergleichen der ersten und der zweiten Differenz;
- Auswählen der größten der ersten und der zweiten Differenz als die mit der Oberfläche des Füllmaterials verknüpfte Differenz; und
- Bestimmen des Abstandes zu der ausgewählten Oberfläche des Füllmaterials basierend auf Ausbreitungseigenschaften von gesendeten und empfangenen Signalen.

2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei die erste und die dritte Zeit im Wesentlichen simultan auftreten.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, wobei die zweite und die vierte Zeit im Wesentlichen simultan auftreten und wobei die zweiten Sendesignale iden-

tisch mit den vierten Sendesignalen sind.

4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die ersten Sendesignale identisch mit den dritten Sendesignalen sind.

5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die zweiten Sendesignale identisch mit den vierten Sendesignalen sind.

6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, weiterhin umfassend die Schritte des Berechnens, basierend auf den aufgenommenen Ausbreitungseigenschaften, von Distanzen zu reflektierenden Oberflächen in dem Behälter, wobei die Differenz zwischen den Ausbreitungseigenschaften als die Differenz zwischen den berechneten Distanzen berechnet wird.

7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die aufgenommenen Ausbreitungseigenschaften eine Phaseninformation und/oder eine Amplitudeninformation von den gesendeten und empfangenen Signalen umfassen.

8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Berechnung einer Differenz zwischen den aufgenommenen Ausbreitungseigenschaften eine Identifikation einer Phasendifferenz und/oder einer Amplitudendifferenz zwischen den aufgenommenen Ausbreitungseigenschaften einschließt.

9. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die bestimmte Distanz zu dem Füllmaterial für eine Hoch-Level- oder Überfüllungs-Alarm-Funktionalität verwendet wird.

10. Verfahren nach Anspruch 9, wobei die Hoch-Level- oder Überfüllungs-Alarm-Funktionalität ein Vergleichen der bestimmten Distanzen zu dem Füllmaterial mit zumindest einem vorbestimmten Level-Schwellenwert einschließt.

11. Verfahren nach Anspruch 9 oder 10, wobei die Hoch-Level- oder Überfüllungs-Alarm-Funktionalität ein Identifizieren einschließt, ob eine Differenz über einem bestimmten Level zwischen den ersten und den zweiten Ausbreitungsbedingungen oder den dritten und den vierten Ausbreitungsbedingungen innerhalb einer vorbestimmten Hoch-Level-Zone auftritt.

12. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei kontinuierliche Signale emittiert werden und wobei Distanzen basierend auf einer Phasendifferenz zwischen dem empfangenen Echo-signal und einem Referenzsignal berechnet werden.

13. Verfahren nach einem der vorhergehenden

Ansprüche, wobei gepulste Signale emittiert werden und wobei Distanzen basierend auf der Zeit zwischen der Emission eines gepulsten Signals und dem Empfang des Echos des Signals berechnet werden.

14. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die empfangenen Signale gefiltert werden zum Reduzieren von Rausch-bedingten Änderungen vor dem Aufnehmen der Ausbreitungseigenschaften oder vor dem Verwenden der aufgenommenen Ausbreitungseigenschaften zur Berechnung einer Differenz.

15. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei lediglich primäre Echosignale zum Aufnehmen der Ausbreitungseigenschaften berücksichtigt werden, wohingegen sekundäre doppelt reflektierte Echos verworfen werden.

16. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, weiterhin umfassend den Schritt des anfänglichen Annehmens, dass das erste und das zweite Oberflächenecho oder das dritte und das vierte Oberflächenecho von der Oberfläche des Füllmaterials reflektiert werden, wobei, falls der Schritt des Auswählens der größten der ersten und der zweiten Differenz ein anderes Oberflächenecho mit der Oberfläche des Füllmaterials verknüpft, die Annahme danach auf die jetzt ausgewählten Oberflächenechos geändert wird.

17. Verfahren nach Anspruch 16, wobei während des Betriebs die anfängliche Annahme immer überprüft und falls nötig innerhalb einer begrenzten Zeitspanne korrigiert wird, wobei die Zeitspanne weniger als eine Stunde oder weniger als eine Minute oder weniger als 10 Sekunden ist.

18. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Oberfläche des reflektierende Eigenschaften aufweisenden Füllmaterials und die Oberfläche der reflektierende Eigenschaften aufweisenden störenden Struktur so stark beabstandet sind, dass die von diesen Oberflächen stammenden Echosignale voneinander unterscheidbar sind.

19. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die zeitliche Trennung zwischen der ersten und der zweiten Zeit und/oder der dritten und der vierten Zeit kleiner ist als eine maximale Trennzeit, wobei die maximale Trennzeit eine Stunde, eine Minute oder 10 Sekunden ist.

20. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Bestimmung der Distanz zu der ausgewählten Oberfläche des Füllmaterials auf zumindest einer der aufgenommenen Ausbreitungseigenschaften basiert.

21. Verfahren zum Mikrowellensignal-basierten

Messen einer Distanz zu einer Oberfläche mit reflektierenden Eigenschaften auf einem Fülllevel eines Füllmaterials in einem Behälter mit zumindest einer störenden Struktur, umfassend:

- Senden zu zumindest zwei zeitlich getrennten Zeiten von Sendesignalen in den Behälter und nachfolgend Empfangen von Empfangssignalen einschließlich Oberflächenechos;

- Aufnehmen von Ausbreitungseigenschaften der Sende- und Empfangs-Signale in Verknüpfung mit zumindest zwei unterscheidbaren reflektierenden Oberflächen;

- Berechnen für jede unterscheidbare reflektierende Oberfläche einer Differenz der aufgenommenen Ausbreitungseigenschaften zwischen den zumindest zwei zeitlich getrennten Zeiten;

- Vergleichen der berechneten Differenzen für die zumindest zwei unterscheidbaren reflektierenden Oberflächen;

- Auswählen der größten der Differenzen als die Differenz, welche mit der Oberfläche des Füllmaterials verknüpft ist; und

- Bestimmen des Abstandes zu der ausgewählten Oberfläche des Füllmaterials basierend auf Ausbreitungsbedingungen von gesendeten und empfangenen Signalen.

22. Verfahren nach Anspruch 21, weiterhin umfassend den Schritt des Berechnens basierend auf den aufgenommenen Ausbreitungseigenschaften von Distanzen zu reflektierenden Oberflächen in dem Behälter und wobei die Differenz zwischen den Ausbreitungseigenschaften als die Differenz zwischen berechneten Distanzen berechnet wird.

23. Verfahren nach Anspruch 21 oder 22, wobei die aufgenommenen Ausbreitungseigenschaften eine Phaseninformation und/oder eine Amplitudeninformation von den gesendeten und empfangenen Signalen umfassen.

24. Verfahren nach einem der Ansprüche 21 bis 23, wobei die Berechnung einer Differenz zwischen den aufgenommenen Ausbreitungseigenschaften eine Identifikation einer Phasendifferenz und/oder einer Amplitudendifferenz zwischen den aufgenommenen Ausbreitungseigenschaften einschließt.

25. Verfahren nach einem der Ansprüche 21 bis 24, wobei die bestimmte Distanz zu dem Füllmaterial für eine Hoch-Level- oder Überfüllungs-Alarm-Funktionalität verwendet wird.

26. Verfahren nach einem der Ansprüche 21 bis 25, wobei kontinuierliche Signale emittiert werden und wobei Distanzen basierend auf einer Phasendifferenz zwischen dem empfangenen Echosignal und einem Referenzsignal berechnet werden.

27. Verfahren nach einem der Ansprüche 21 bis

26, wobei gepulste Signale emittiert werden und wobei Distanzen basierend auf der Zeit zwischen der Emission eines gepulsten Signals und dem Empfang des Echos des Signals berechnet werden.

28. Verfahren nach einem der Ansprüche 21 bis 27, wobei die empfangenen Signale gefiltert werden zum Reduzieren von Rausch-bedingten Änderungen vor dem Aufnehmen der Ausbreitungseigenschaften oder vor dem Verwenden der aufgenommenen Ausbreitungseigenschaften zur Berechnung einer Differenz.

29. Verfahren nach einem der Ansprüche 21 bis 28, wobei das Senden und das Empfangen zu zumindest drei zeitlich getrennten Zeiten wiederholt wird, wobei ein Trendwert oder ein Durchschnittswert basierend auf den aufgenommenen Ausbreitungsbedingungen zur Berechnung der Differenzen der aufgenommenen Ausbreitungsbedingungen zwischen den zumindest zwei zeitlich getrennten Zeiten verwendet wird.

30. Verfahren nach einem der Ansprüche 21 bis 29, wobei lediglich primäre Echosignale zum Aufnehmen der Ausbreitungseigenschaften berücksichtigt werden, wohingegen sekundäre doppelt reflektierte Echos verworfen werden.

31. Verfahren nach einem der Ansprüche 21 bis 30, wobei das Bestimmen der Distanz zu der ausgewählten Oberfläche des Füllmaterials auf zumindest einer der aufgenommenen Ausbreitungseigenschaften basiert.

32. Radarlevelmesssystem zum Bestimmen einer Distanz zu einer Oberfläche mit reflektierenden Eigenschaften an einem Fülllevel eines Füllmaterials in einem Behälter mit zumindest einer störenden Struktur, umfassend:

- einen Sender zum Senden von Messsignalen in Richtung der Oberfläche des Füllmaterials;
- einen Empfänger zum Empfangen von Echosignalen von dem Behälter;
- einen Speicher zum Aufnehmen von Ausbreitungseigenschaften der Sende- und Empfangs-Signale in Verknüpfung mit zumindest zwei unterscheidbaren reflektierenden Oberflächen;
- einen Verarbeitungsschaltkreis zum Berechnen für jede unterscheidbare reflektierende Oberfläche einer Differenz in den aufgenommenen Ausbreitungseigenschaften zwischen zumindest zwei zeitlich getrennten Zeiten, und Auswählen der größten der berechneten Differenzen für die zumindest zwei unterscheidbaren reflektierenden Oberflächen als die mit der Oberfläche des Füllmaterials verknüpfte Differenz, und Bestimmen der Distanz zu der ausgewählten Oberfläche des Füllmaterials basierend auf Ausbreitungseigenschaften von gesendeten und empfangenen Signalen.

33. Radarlevelmesssystem nach Anspruch 32, wobei der Speicher dazu eingerichtet ist, Ausbreitungseigenschaften aufzunehmen, die eine Phaseninformation und/oder eine Amplitudeninformation von den gesendeten und empfangenen Signalen umfassen.

34. Radarlevelmesssystem nach Anspruch 32 oder 33, wobei der Verarbeitungsschaltkreis dazu eingerichtet ist, eine Differenz zwischen den aufgenommenen Ausbreitungseigenschaften basierend auf einer Phasendifferenz oder einer Amplitudendifferenz zwischen den aufgenommenen Ausbreitungseigenschaften zu berechnen.

35. Radarlevelmesssystem nach einem der Ansprüche 32 bis 34, wobei es als ein Hoch-Level- oder Überfüllungs-Alarm verwendbar ist.

36. Radarlevelmesssystem nach einem der Ansprüche 32 bis 35, wobei der Sender dazu eingerichtet ist, kontinuierliche Signale zu emittieren, und wobei der Verarbeitungsschaltkreis dazu eingerichtet ist, die Distanzen basierend auf einer Phasendifferenz zwischen dem empfangenen Echosignal und einem Referenzsignal zu berechnen.

37. Radarlevelmesssystem nach einem der Ansprüche 32 bis 36, wobei der Sender dazu eingerichtet ist, gepulste Signale zu emittieren und wobei der Verarbeitungsschaltkreis dazu eingerichtet ist, Distanzen basierend auf der Zeit zwischen der Emission eines gepulsten Signals und dem Empfang des Echos dieses Signals zu berechnen.

38. Radarlevelmesssystem nach einem der Ansprüche 32 bis 37, weiterhin umfassend ein Filtermittel zum Filtern der empfangenen Signale zum Reduzieren von rauschbedingten Änderungen vor dem Aufnehmen der Ausbreitungseigenschaften oder vor dem Verwenden der aufgenommenen Ausbreitungseigenschaften zum Berechnen einer Differenz.

39. Verfahren zur Mikrowellen-basierten Bestimmung einer Hoch-Level- oder Überfüllungs-Situation für den Fülllevel eines Füllmaterials mit einer Oberfläche mit reflektierenden Eigenschaften in einem Behälter, umfassend:

- Senden zu einer ersten Zeit von Sendesignalen in Richtung der Oberflächen;
- Empfangen zu im Wesentlichen der ersten Zeit von ersten Empfangssignalen mit einem ersten Oberflächenecho;
- Aufnehmen von ersten Ausbreitungseigenschaften für die mit dem ersten Oberflächenecho verknüpften Sende- und Empfangs-Signale;
- Senden zu einer zweiten Zeit von zweiten Sendesignalen in Richtung der Oberflächen;
- Empfangen zu im Wesentlichen der zweiten Zeit von zweiten Empfangssignalen mit einem zweiten

Oberflächenecho;

- Aufnehmen von zweiten Ausbreitungsbedingungen der mit dem zweiten Oberflächenecho verknüpften zweiten Sende- und Empfangs-Signale;
- wobei die erste Zeit und die zweite Zeit zeitlich durch eine erste Trennzeit getrennt sind;
- Berechnen einer ersten Differenz zwischen den ersten und den zweiten Ausbreitungsbedingungen;
- Bestimmen einer Distanz zu der Oberfläche des Füllmaterials;
- Identifizieren, ob die Differenz ein vorbestimmtes Differenzlevel überschreitet und ob die bestimmte Distanz innerhalb einer vorbestimmten Hoch-Level-Zone ist und falls ja, Setzen des Alarms.

Es folgen 4 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

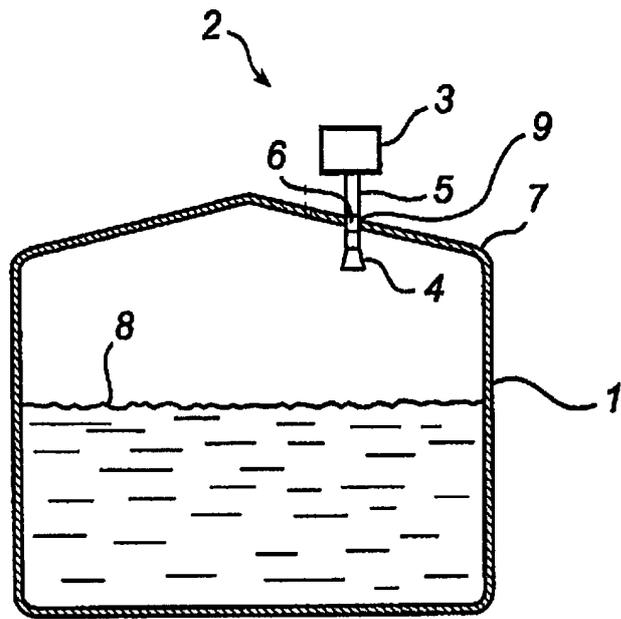


Fig. 1

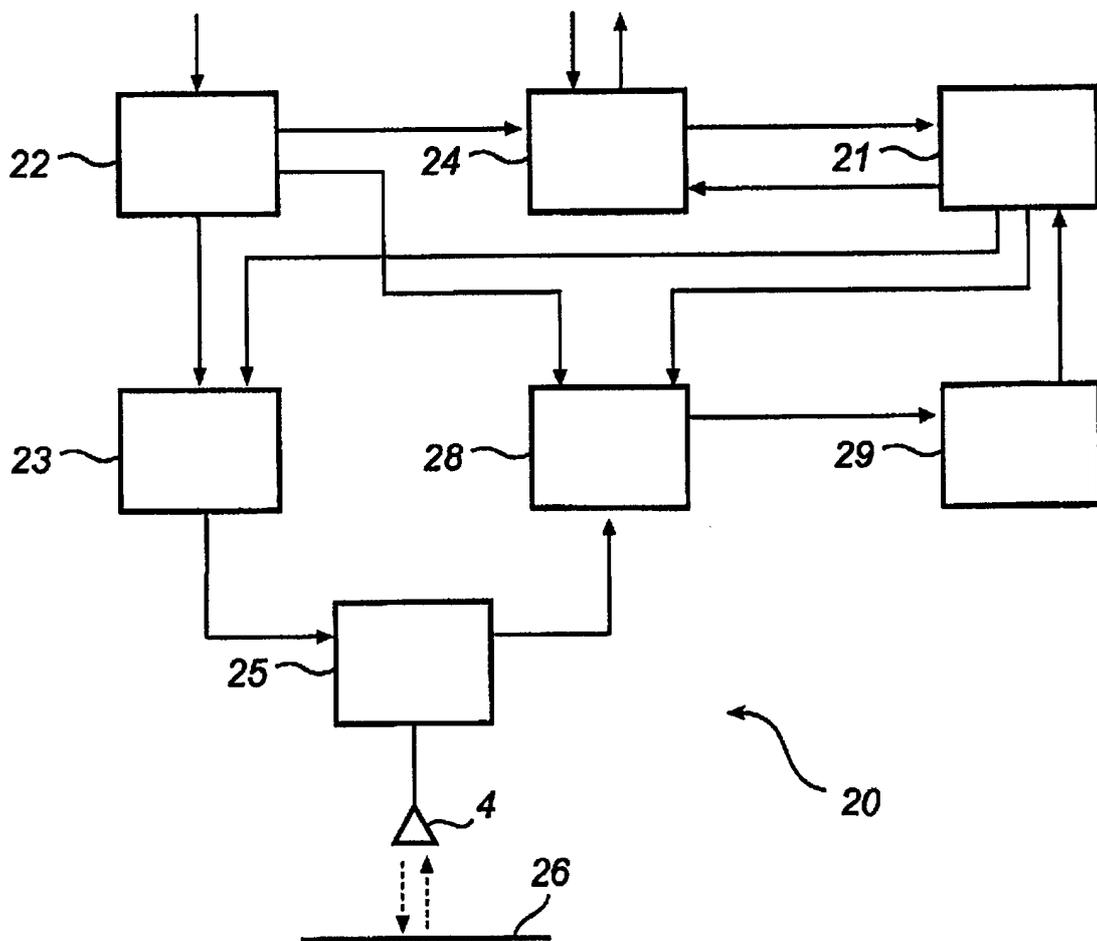


Fig. 2

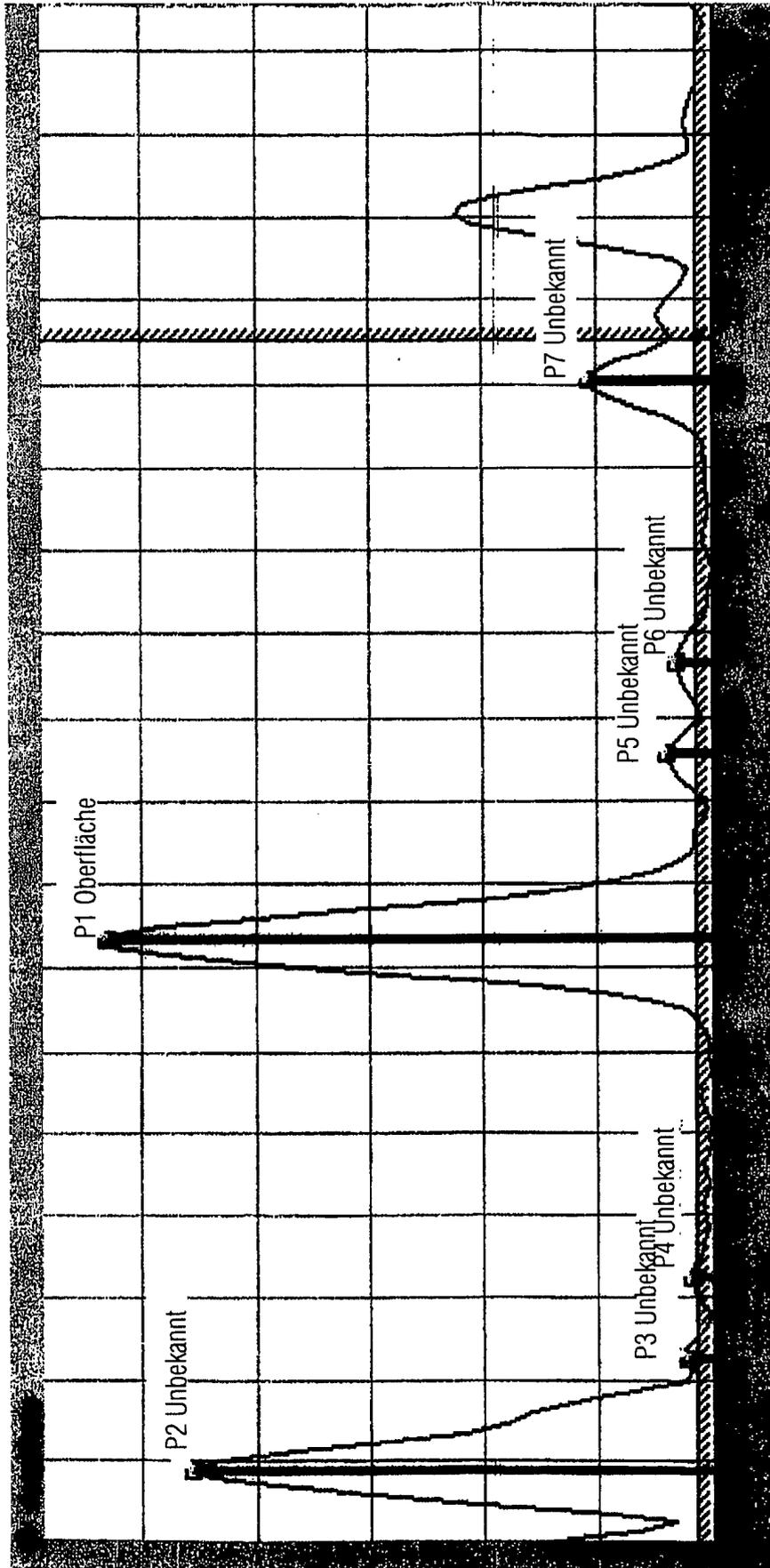
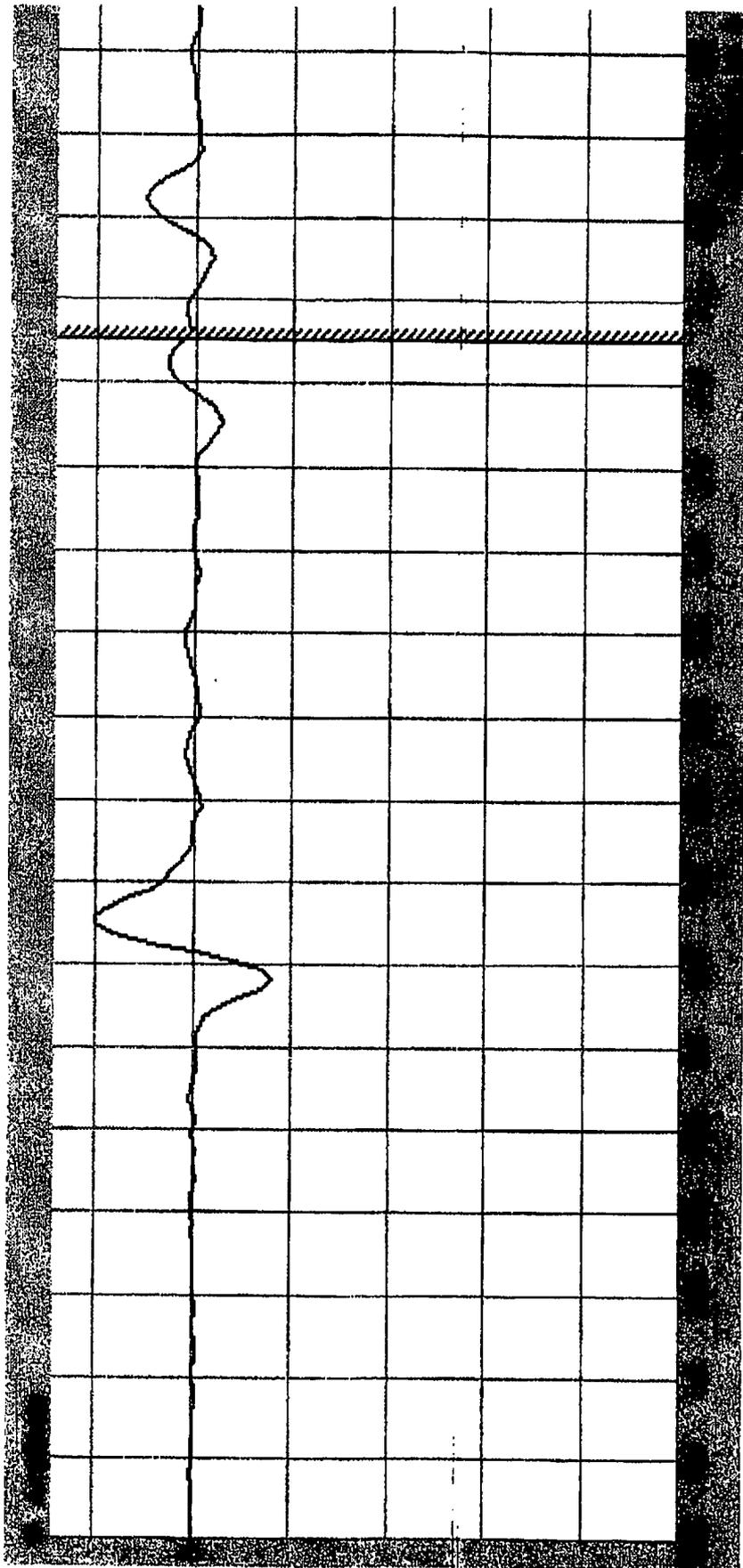
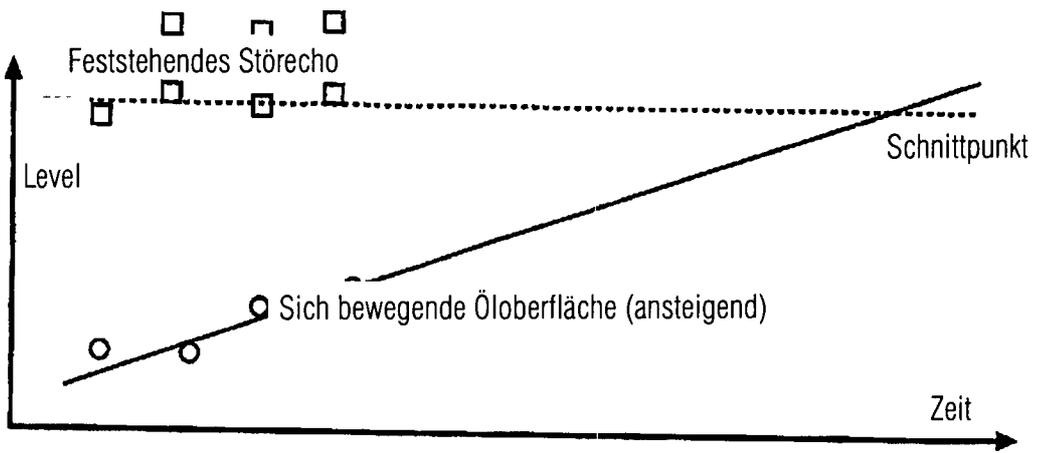


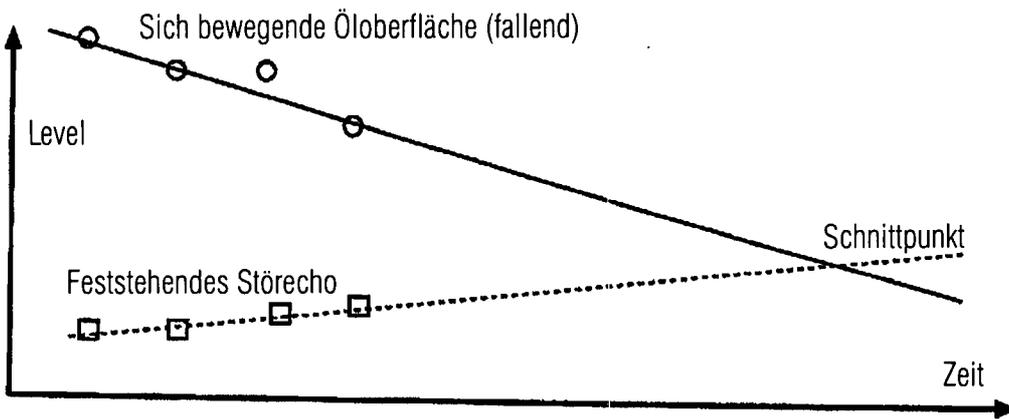
Fig. 3a



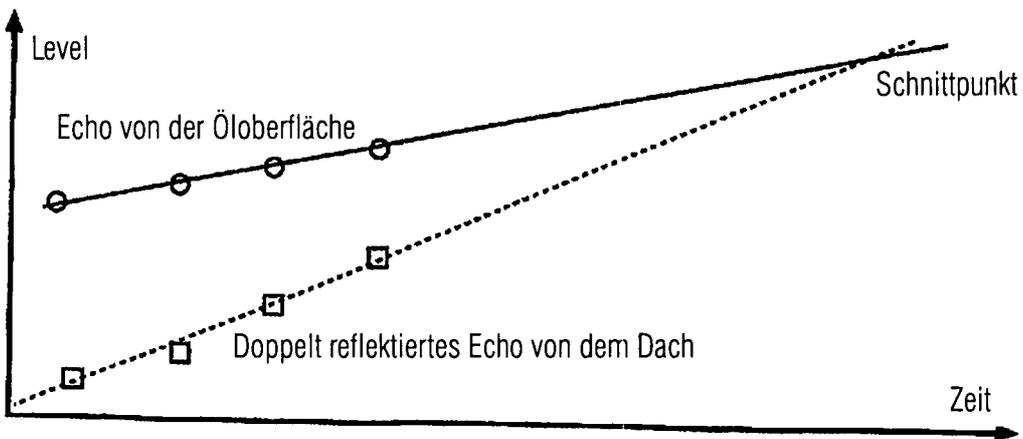
*Fig. 3b*



**Fig. 4a**



**Fig. 4b**



**Fig. 4c**