

PATENTANSPRÜCHE

1. Schall- bzw. Ultraschall-Entfernungsmessgerät mit einem elektroakustischen Wandler, der abwechselnd als Sendewandler für die Aussendung von Schall- bzw. Ultraschallimpulsen und als Empfangswandler für den Empfang der reflektierten Echoimpulse verwendet wird, und mit einer an den Wandler angeschlossenen Schaltungsanordnung für die Verarbeitung der vom Wandler aufgrund der empfangenen Echoimpulse abgegebenen elektrischen Empfangssignale, die einen Verstärker mit steuerbarer Verstärkung und einen dem Verstärker nachgeschalteten Schwellenwert-Diskriminator enthält, gekennzeichnet durch eine Verstärkungssteuerschaltung (20), die während einer vorbestimmten Zeitdauer nach dem Beginn jedes Sendeimpulses die Verstärkung des Verstärkers (15) nach einer gespeicherten Funktion steuert, die entsprechend dem Ausschwingverhalten des Wandlers (12) so festgelegt ist, dass die vom Ausschwingen des Wandlers stammenden elektrischen Empfangssignale nach der Verstärkung kleiner als der Schwellenwert des Schwellenwert-Diskriminators (16) sind und möglichst nahe an diesen Schwellenwert herankommen.

2. Schall- bzw. Ultraschall-Entfernungsmessgerät nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die gespeicherte Funktion einstellbar ist.

3. Schall- bzw. Ultraschall-Entfernungsmessgerät nach Anspruch 2, gekennzeichnet durch eine Analyseschaltung (24), die das Ausgangssignal des Wandlers (12) empfängt, den zeitlichen Verlauf des Ausschwingsignals analysiert und die gespeicherte Funktion entsprechend dem Ergebnis der Analyse einstellt.

4. Schall- bzw. Ultraschall-Entfernungsmessgerät nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Verstärkungssteuerschaltung (20), der die Funktion enthaltende Speicher (23) und die Analyseschaltung (24) durch einen Mikrocomputer gebildet sind.

5. Schall- bzw. Ultraschall-Entfernungsmessgerät nach einem der vorhergehenden Ansprüche, gekennzeichnet durch einen Umschalter (19), der den Verstärkungssteuereingang (15a) des steuerbaren Verstärkers (15) während der vorbestimmten Zeitdauer nach dem Beginn jedes Sendeimpulses mit dem Ausgang der Verstärkungssteuerschaltung (20) und im restlichen Teil jedes Sende/Empfangs-Zyklus mit dem Ausgang einer Verstärkungsregelanordnung (21) verbindet.

BESCHREIBUNG

Die Erfindung bezieht sich auf ein Schall- bzw. Ultraschall-Entfernungsmessgerät mit einem elektroakustischen Wandler, der abwechselnd als Sendewandler für die Aussendung von Schall- bzw. Ultraschallimpulsen und als Empfangswandler für den Empfang der reflektierten Echoimpulse verwendet wird, und mit einer an den Wandler angeschlossenen Schaltungsanordnung für die Verarbeitung der vom Wandler aufgrund der empfangenen Echoimpulse abgegebenen elektrischen Empfangssignale, die einen Verstärker mit steuerbarer Verstärkung und einen dem Verstärker nachgeschalteten Schwellenwertdiskriminator enthält.

Schall- bzw. Ultraschall-Entfernungsmessgeräte dieser Art werden beispielsweise für die Füllstandsmessung in einem Behälter verwendet. In diesem Fall ist der elektroakustische Wandler im Behälter oberhalb des höchsten vorkommenden Füllstands so angeordnet, dass die von ihm ausgesendeten Schall- bzw. Ultraschallimpulse auf die Oberfläche des im Behälter befindlichen Füllguts treffen und die an der Oberfläche des Füllguts reflektierten Echoimpulse zum Wandler zurückgeworfen werden. Die Anregung des Wandlers erfolgt

durch elektrische Anregungsimpulse mit der Frequenz der Schall- bzw. Ultraschallwelle, die von einem Sendeimpulsgenerator erzeugt und über eine Sende/Empfangs-Weiche an den Wandler angelegt werden. Die vom Wandler aufgrund der empfangenen Echoimpulse erzeugten elektrischen Empfangssignale werden über die Sende/Empfangs-Weiche an die Verarbeitungsschaltung angelegt, die daraus den Zeitabstand zwischen den Zeitpunkten der Aussendung eines Sendeimpulses und des Empfangs eines von diesem Sendeimpuls stammenden Echoimpulses ermittelt. Dieser Zeitabstand entspricht der Laufzeit der Ultraschallwelle im Behälter und ist somit ein Mass für den Füllstand im Behälter.

Der in der Verarbeitungsschaltung enthaltene Schwellenwertdiskriminator dient zur Unterscheidung der Echosignale von Rausch- und Störsignalen. Der Diskriminator-Schwellenwert ist so eingestellt, dass die verstärkten Echosignale diesen Schwellenwert überschreiten. Da die reflektierten Echoimpulse um so schwächer sind, je grösser die Messentfernung ist, ist es bekannt, die Verstärkung des steuerbaren Verstärkers in jedem Sendezyklus in Abhängigkeit von der Zeit so zu steuern, dass die Echosignale, die von aus grösserer Entfernung eintreffenden Echoimpulsen stammen, stärker verstärkt werden als die Echosignale, die von Nahzielechos stammen, so dass die verstärkten Echosignale, unabhängig von der Messentfernung, etwa die gleiche Amplitude haben. Der Diskriminator-Schwellenwert wird dann entsprechend dieser Amplitude eingestellt. Bei Schall- bzw. Ultraschall-Entfernungsmessgeräten mit einem einzigen elektroakustischen Wandler, der abwechselnd als Sendewandler und als Empfangswandler betrieben wird, besteht das Problem, dass der Wandler nach dem Aufhören des elektrischen Anregungsimpulses nicht sofort zu schwingen aufhört, sondern während einer gewissen Ausschwingzeit mit abnehmender Amplitude ausschwingt. Dieses Ausschwingen wird von dem Wandler in gleicher Weise wie ein durch auftreffende Schall- bzw. Ultraschallwellen verursachtes Schwingen in elektrische Ausgangssignale umgesetzt, die über die Sende/Empfangs-Weiche zu der Verarbeitungsschaltung gelangen. Dies ist aus mehreren Gründen unerwünscht. Einerseits haben die Ausschwingssignale über einen grossen Teil der Ausschwingzeit eine im Vergleich zu den Echosignalen sehr grosse Amplitude, so dass der Verstärker der Verarbeitungsschaltung stark übersteuert und in die Sättigung getrieben wird. Andererseits besteht die Gefahr, dass Ausschwingssignale, die den Diskriminator-Schwellenwert überschritten, fälschlich als Echosignale interpretiert werden. Schliesslich kann die Verarbeitungsschaltung Echosignale, die in die Ausschwingzeit fallen und den Ausschwingssignalen überlagert sind, nicht erkennen, so dass diese Echosignale verlorengehen. Dadurch ergibt sich eine untere Grenze für die kleinste noch messbare Entfernung.

Zur Vermeidung der zuerstgenannten Nachteile ist es bekannt, die Verarbeitung der Ausgangssignale des Schall- oder Ultraschallwandlers für eine gewisse Zeit vom Beginn des Sendeimpulses an zu blockieren. Die Blockierungszeit wird vorzugsweise erst beendet, wenn die Amplitude der verstärkten Ausschwingssignale unter den Diskriminator-Schwellenwert gefallen ist. Dadurch wird eine Übersteuerung des Verstärkers vermieden. Es bleibt jedoch der Nachteil bestehen, dass Echosignale, die in die Blockierungszeit fallen, nicht erfasst werden können.

Aufgabe der Erfindung ist die Schaffung eines Schall- oder Ultraschall-Entfernungsmessgeräts der eingangs angegebenen Art, bei welchem die in die Ausschwingzeit des Schall- oder Ultraschallwandlers fallenden Echosignale erfasst werden können und keine Gefahr einer Übersteuerung des Verstärkers der Verarbeitungsschaltung durch die Ausschwingssignale besteht.

Zur Lösung dieser Aufgabe enthält das Schall- bzw. Ultraschall-Entfernungsmessgerät nach der Erfindung eine Verstärkungssteuerschaltung, die während einer vorbestimmten Zeitdauer nach dem Beginn jedes Sendeimpulses die Verstärkung des Verstärkers nach einer gespeicherten Funktion steuert, die entsprechend dem Ausschwingverhalten des Wandler so festgelegt ist, dass die vom Ausschwingen des Wandler stammenden elektrischen Signale nach der Verstärkung kleiner als der Schwellenwert des Schwellenwert-Diskriminator sind und möglichst nahe an diesen Schwellenwert herankommen.

Bei dem Schall- bzw. Ultraschall-Entfernungsmessgerät nach der Erfindung besteht nach dem Aufhören des Sendeimpulses keine Blockierungszeit. Die durch das Ausschwingen des Wandler erzeugten Ausschwingssignale können jedoch den Verstärker nicht übersteuern und auch nicht fälschlich als Echosignale interpretiert werden, weil sie durch die Verstärkungssteuerung stets unter dem Diskriminator-Schwellenwert gehalten werden. Wenn den Ausschwingssignalen ein aus kurzer Entfernung stammendes Echosignal überlagert ist, überschreitet das Summensignal den Diskriminator-Schwellenwert, so dass das Echosignal auch während des Ausschwingvorgangs erkannt und verarbeitet wird. Auf diese Weise kann jedes vorkommende Echo auch bei sehr kleiner Messentfernung detektiert werden.

Wenn angenommen werden kann, dass sich das Ausschwingverhalten des Wandler nach dem Einbau über einen langen Zeitraum nicht wesentlich ändert, kann die gespeicherte Funktion fest eingestellt sein. Bei vielen Anwendungen von Schall- oder Ultraschall-Entfernungsmessgeräten, insbesondere bei der Füllstandsmessung, kann sich aber das Ausschwingverhalten kurzfristig in unvorhersehbarer Weise ändern, beispielsweise infolge von Ansatzbildungen, Umwelteinflüssen oder unterschiedlichen Füllgütern. Gemäss einer bevorzugten Weiterbildung der Erfindung enthält daher das Schall- bzw. Ultraschall-Entfernungsmessgerät eine Analyseschaltung, die das Ausgangssignal des Wandler empfängt, den zeitlichen Verlauf des Ausschwingssignals analysiert und die gespeicherte Funktion entsprechend dem Ergebnis der Analyse einstellt.

Weitere Vorteile der Erfindung ergeben sich aus der folgenden Beschreibung eines Ausführungsbeispiels, das anhand der Zeichnung beschrieben wird. In der Zeichnung zeigt:

Fig. 1 das Blockschema eines als Echolot zur Füllstandsmessung in einem Behälter verwendeten Ultraschall-Entfernungsmessgeräts nach der Erfindung,

Fig. 2 Diagramme des zeitlichen Verlaufs von Signalen in der Anordnung von Fig. 1 und

Fig. 3 das Blockschema einer abgeänderten Ausführungsform des Echolots von Fig. 1

Fig. 1 zeigt einen Behälter 10, in dem sich ein Füllgut 11 befindet. Zur Messung des Füllstands im Behälter 10 ist an der Oberseite des Behälters oberhalb des höchsten vorkommenden Füllstands ein Ultraschallwandler 12 angeordnet, der abwechselnd als Sendewandler und als Empfangswandler betrieben wird. In der Sendephase wird der Ultraschallwandler 12 durch ein elektrisches Signal erregt, so dass er einen Ultraschallimpuls erzeugt, der senkrecht nach unten auf das im Behälter befindliche Füllgut 11 gerichtet ist. In der Empfangsphase empfängt der Ultraschallwandler 12 das an der Oberfläche des Füllguts 11 reflektierte Echosignal, das er in ein elektrisches Signal umwandelt. Jeder Messzyklus besteht aus einer Sendephase und einer Empfangsphase.

Ein Sendeimpulsgenerator 13 erzeugt am Beginn jedes Messzyklus während der Sendephase das für die Erregung

des Ultraschallwandler 12 erforderliche impulsförmige elektrische Signal mit der Frequenz der auszusendenden Ultraschallwelle. Dieses Signal wird über eine Sende/Empfangs-Weiche 14 an den Ultraschallwandler 12 angelegt. Wenn nach dem Aufhören des Sendeimpulses ein am Füllgut 11 reflektierter Echoimpuls am Ultraschallwandler 12 eintrifft, wird dieser in Schwingungen versetzt, die vom Wandler in ein elektrisches Signal umgewandelt werden, das über die Sende/Empfangs-Weiche 14 einer Verarbeitungsschaltung zugeführt wird, die hintereinander einen Verstärker 15, einen Schwellenwert-Diskriminator 16, eine Signalverarbeitungsschaltung 17 und eine Laufzeitmessanordnung 18 enthält.

Der Verstärkungsfaktor des Verstärkers 15 ist durch ein an einen Verstärkungssteuereingang 15a angelegtes Steuersignal verzögerungsfrei steuerbar. Der an den Ausgang des steuerbaren Verstärkers 15 angeschlossene Schwellenwert-Diskriminator 16 lässt nur die Signale durch, deren Amplitude einen festgelegten Diskriminator-Schwellenwert überschreitet. Die vom Schwellenwert-Diskriminator 16 durchgelassenen Signale werden von der Signalverarbeitungsschaltung 17 in der für die Laufzeitmessung erforderlichen Weise aufgearbeitet. Die Laufzeitmessanordnung 18 misst den Zeitabstand zwischen der Aussendung jedes Sendeimpulses und einem von diesem Sendeimpuls stammenden Echoimpuls. Dieser Zeitabstand ist gleich der Laufzeit des Ultraschallimpulses im Behälter 10 vom Ultraschallwandler 12 zur Oberfläche des Füllguts 11 und zurück zum Ultraschallwandler 12. Diese Laufzeit ist ein Mass für den Abstand zwischen dem Ultraschallwandler 12 und der Oberfläche des Füllguts 11 und somit auch ein Mass für den Füllstand im Behälter 10. Die Laufzeitmessanordnung 18 gibt am Ausgang ein der Laufzeit oder dem Füllstand proportionales Signal ab, das in der gewünschten Weise zur Anzeige des Füllstands oder zur Auslösung von Schaltvorgängen verwendet werden kann.

Der Verstärkungssteuereingang 15a des Verstärkers 15 wird durch einen elektronischen Umschalter 19 entweder mit dem Ausgang einer Verstärkungssteuerschaltung 20 oder mit dem Ausgang einer Verstärkungsregelanordnung 21 verbunden. Die Betätigung des Umschalters 19 erfolgt in einer später noch genauer erläuterten Weise durch die Verstärkungssteuerschaltung 20.

Ein Taktgeber 22 liefert am Beginn jedes Messzyklus ein Taktsignal zu allen Stufen, die in diesem Zeitpunkt ausgelöst werden müssen. Dieses Taktsignal dient insbesondere zur Auslösung der Abgabe eines Sendeimpulses durch den Sendeimpulsgenerator 13, zur Auslösung der Funktion der Verstärkungssteuerschaltung 20 und zum Ingangsetzen der Zeitmessung in der Laufzeitmessanordnung 18, die dann durch das Ausgangssignal der Signalverarbeitungsschaltung 17 stillgesetzt wird.

Die Funktionsweise des Ultraschall-Entfernungsmessgeräts von Fig. 1 wird anhand der Diagramme von Fig. 2 erläutert.

Das Diagramm A zeigt den zeitlichen Verlauf des am Eingang des Verstärkers 15 anliegenden Ausgangssignals des Ultraschallwandler 12 beim Senden sowie beim Empfang möglicher Echoimpulse. Zur Vereinfachung sind im Diagramm A, ebenso wie in den Diagrammen C und D, nur die positiven Hüllkurven der Signale dargestellt. In Wirklichkeit handelt es sich um Schwingungen mit der Frequenz der Schall- oder Ultraschallwelle, deren Amplituden sich entsprechend den dargestellten Hüllkurven ändern. Der Messzyklus beginnt im Zeitpunkt t_0 . In diesem Zeitpunkt gibt der Taktgeber 22 den Auslöseimpuls ab, der die Abgabe eines Sendeimpulses durch den Sendeimpulsgenerator 13 auslöst. Der Sendeimpuls liegt während der Sendezeit T_s vom Zeitpunkt t_0 bis zum Zeitpunkt t_1 am Ultraschallwandler 12 an.

Während dieser Zeit schwingt der Ultraschallwandler 12 mit einer durch die Amplitude des Sendeimpulses bestimmten Schwingungsamplitude, und demzufolge liegt am Eingang des Verstärkers 15 ein Signal S_s mit der Amplitude A_s an.

Der Sendeimpuls endet im Zeitpunkt t_1 . Der Ultraschallwandler 12 hört jedoch nicht sofort zu schwingen auf, sondern er schwingt während einer Ausschwingzeit T_A allmählich aus. Im Idealfall, der im Diagramm A dargestellt ist, fällt die Amplitude der Schwingungen exponentiell ab. Je nach den Einbauverhältnissen kann der Amplitudenverlauf beim Ausschwingen jedoch auch unregelmässig sein, insbesondere infolge von Störreflexionen. Demzufolge liegt am Eingang des Verstärkers 15 ein Ausschwingssignal S_A mit entsprechend abfallender Amplitude A_A an. Als Ende der Ausschwingzeit T_A wird der Zeitpunkt t_2 angenommen, in welchem die Ausschwing-Amplitude A_A unter einen Wert fällt, der nicht mehr störend ist.

Die sich an die Sendezeit T_s anschliessende Empfangsphase ist so lang, dass ein bei der grössten vorkommenden Messentfernung reflektierter Echoimpuls noch zum Ultraschallwandler 12 zurückkehren kann, bevor der nächste Messzyklus durch Aussendung eines Sendeimpulses eingeleitet wird. Im Diagramm A von Fig. 2 ist das Empfangssignal E_r dargestellt, das durch einen aus grösserer Entfernung kommenden Echoimpuls verursacht wird. Durch die Unterbrechung der Zeitachse ist angedeutet, dass der Zeitabstand des Echoimpulses E_r nicht im richtigen Verhältnis zur Sendezeit T_s und zur Ausschwingzeit T_A dargestellt ist. Der Echoimpuls E_r hat eine im Verhältnis zum Sendeimpuls sehr kleine Amplitude. Der Zeitabstand T_M zwischen dem Zeitpunkt t_0 des Beginns des Sendeimpulses und dem Zeitpunkt t_3 des Beginns des Echoimpulses E_r ist gleich der doppelten Laufzeit der Ultraschallwelle auf der Strecke zwischen dem Ultraschallwandler 12 und der Oberfläche des Füllguts 11. Diese Laufzeit ist ein Mass für den Füllstand im Behälter 10. Der Echoimpuls E_r wird bei niedrigem Füllstand im Behälter 10 empfangen.

Wenn dagegen der Füllstand im Behälter 10 sehr hoch ist, so dass die Oberfläche des Füllguts 11 in sehr geringem Abstand von dem Ultraschallwandler 12 liegt, kann die Laufzeit des Echoimpulses so kurz sein, dass er noch während der Ausschwingzeit T_A am Ultraschallwandler 12 eintrifft und dem Ausschwingen des Ultraschallwandlers überlagert ist. Ein solcher Echoimpuls E_n ist ebenfalls im Diagramm A dargestellt. Er hat infolge der kleinen Messentfernung eine wesentlich grössere Amplitude als der aus grosser Entfernung stammende Echoimpuls E_r . Doch selbst wenn die Amplitude des Nah-Echoimpulses E_n grösser ist als die Ausschwingamplitude des Ultraschallwandlers, kann der Echoimpuls E_n nicht ausgewertet werden, wenn die Auswertung während der Ausschwingzeit blockiert ist. In diesem Fall ist es nicht möglich, Entfernungen zu messen, für welche die Echolaufzeit kürzer als die Ausschwingzeit ist.

Bei der Anordnung von Fig. 1 erfolgt keine Blockierung der Auswerteschaltung während der Ausschwingzeit. Vielmehr wird die Auswertung von Echoimpulsen, die dem Ausschwingen überlagert ist, durch die von der Verstärkungssteuerschaltung 20 bewirkte Steuerung der Verstärkung des Verstärkers 15 ermöglicht.

Die Verstärkungssteuerschaltung 20 ist ein Funktionsgenerator, der im Zeitpunkt t_0 am Beginn jedes Messzyklus durch einen vom Taktgeber 22 einem Auslöseeingang 20a zugeführten Impuls ausgelöst wird und daraufhin an seinem Ausgang 20b eine Spannung abgibt, die sich nach einer in einem Speicher 23 gespeicherten Funktion ändert. Ferner gibt die Verstärkungssteuerschaltung 20 nach jeder Auslösung an einem Ausgang 20c ein Steuersignal ab, das den Umschalter 19 für die Dauer der Ausschwingzeit T_A in die Stellung

bringt, in welcher der Verstärkungssteuereingang 15a des steuerbaren Verstärkers 15 mit dem Ausgang 20b der Verstärkungssteuerschaltung 20 verbunden ist. Der Umschalter 19, der in der Zeichnung als mechanischer Umschalter dargestellt ist, ist natürlich in Wirklichkeit ein verzögerungsfrei arbeitender elektronischer Umschalter.

Das Diagramm B von Fig. 2 zeigt die zeitliche Änderung der Verstärkung v des steuerbaren Verstärkers 15, die durch die über den Umschalter 19 an den Verstärkungssteuereingang 15a angelegte Ausgangsspannung der Verstärkungssteuerschaltung 20 bewirkt wird. Während der Sendezeit t_0 und t_1 ist die Verstärkung v sehr klein und vorzugsweise praktisch gleich Null. Vom Zeitpunkt t_1 an steigt die Verstärkung aufgrund der im Speicher 23 gespeicherten und von der Verstärkungssteuerschaltung 20 verarbeiteten Funktion so an, dass die zeitliche Änderung des vom Ausschwingen des Ultraschallwandlers 12 erzeugten Ausschwingssignals gerade kompensiert wird, so dass das verstärkte Ausschwingssignal am Ausgang des Verstärkers 15 eine im wesentlichen gleichbleibende Amplitude hat, die geringfügig unter dem Diskriminator-Schwellenwert des Schwellenwert-Diskriminators 16 liegt. Das hierdurch erhaltene Ausgangssignal des steuerbaren Verstärkers 15 ist im Diagramm C von Fig. 2 dargestellt, und das Diagramm D von Fig. 2 zeigt das entsprechende Ausgangssignal des Schwellenwert-Diskriminators 16.

Der Diskriminator-Schwellenwert ist im Diagramm C bei S_D dargestellt. Während der Sendezeit T_s zwischen den Zeitpunkten t_0 und t_1 ist das Ausgangssignal des Verstärkers 15 vorzugsweise Null, auf jeden Fall aber so klein, dass es den Diskriminator-Schwellenwert S_D nicht erreicht. In der Ausschwingzeit T_A zwischen den Zeitpunkten t_1 und t_2 erscheint am Ausgang des Verstärkers 15 ein verstärktes Ausschwingssignal S'_A von im wesentlichen gleichbleibender Amplitude A'_A die etwas kleiner als der Diskriminator-Schwellenwert S_D ist. Demzufolge verursacht das verstärkte Ausschwingssignal S'_A kein Ausgangssignal am Ausgang des Schwellenwert-Diskriminators 16 (Diagramm D).

Wenn jedoch dem Ausschwingssignal S_A ein Nahziel-Echoimpuls E_n überlagert ist, überschreitet der am Ausgang des Verstärkers 15 erhaltene verstärkte Echoimpuls E'_n den Diskriminator-Schwellenwert S_D , und am Ausgang des Schwellenwert-Diskriminators 16 erscheint ein Impuls E^*_n , der von der Signalverarbeitungsschaltung 17 weiterverarbeitet werden kann (Diagramm D).

Im Zeitpunkt t_2 am Ende der Ausschwingzeit T_A bringt das vom Ausgang 20c der Verstärkungssteuerschaltung 20 abgegebene Steuersignal den Umschalter 19 in die andere Stellung, in welcher der Verstärkungssteuereingang 15a mit dem Ausgang der Verstärkungsregelschaltung 21 verbunden ist. Die Verstärkungsregelschaltung 21 steuert dann während der restlichen Empfangsphase die Verstärkung des Verstärkers 15 in der bei Ultraschall-Entfernungsmessgeräten üblichen Weise so, dass die Empfangenen Nutzziel-Echoimpulse auf einen mit wachsender Messentfernung zunehmenden Pegel verstärkt werden, so dass sie den Diskriminator-Schwellenwert S_D übersteigen. Diese Regelung kann aufgrund der am Ausgang des Schwellenwert-Diskriminators 16 erhaltenen Signale und/oder von aussen zugeführter Führungsgrössen erfolgen. Da diese Art der Verstärkungsregelung dem Fachmann bekannt ist, wird sie hier nicht näher beschrieben.

Infolge der von der Verstärkungsregelschaltung 21 bewirkten Verstärkungsregelung überschreitet somit auch der verstärkte Fernziel-Echoimpuls E'_f am Ausgang des Verstärkers 15 den Diskriminator-Schwellenwert S_D (Diagramm C), so dass am Ausgang des Schwellenwert-Diskriminators 16 ein entsprechender Nutzimpuls E_f (Diagramm D) erhalten

wird, der von der Signalverarbeitungsschaltung 17 verarbeitet werden kann.

Für die Festlegung der im Speicher 23 gespeicherten Funktion gibt es verschiedene Möglichkeiten. Wenn das Ausschwingverhalten des Ultraschallwandlers 12 aufgrund bekannter Einbaubedingungen mit ausreichender Genauigkeit vorhersehbar ist und ausserdem erwartet werden kann, dass sich das Ausschwingverhalten im Lauf der Zeit nicht wesentlich ändert, kann die Funktion bei der Herstellung des Geräts fest eingestellt werden. Die Verstärkungssteuerschaltung 20 kann dann beispielsweise ein Analog-Funktionsgenerator sein, dessen Funktion durch fest verdrahtete Schaltungselemente bestimmt ist, die dann den Speicher 23 bilden.

Wenn dagegen das Ausschwingverhalten des Ultraschallwandlers 12 durch die jeweiligen Einbaubedingungen beeinflusst wird, ist vorzugsweise die Funktion im Speicher 23 einstellbar. Das Ausschwingssignal wird nach dem Einbau des Geräts aufgenommen, und die Funktion wird im Speicher 23 entsprechend der aufgenommenen Ausschwingssignalkurve optimal eingestellt. Diese Lösung bietet auch die Möglichkeit, die Funktion von Zeit zu Zeit neu einzustellen, um sie an Änderungen des Ausschwingverhaltens anzupassen, die beispielsweise durch Alterungserscheinungen verursacht werden.

In Fig. 3 ist eine abgeänderte Ausführung des Echolots von Fig. 1 dargestellt, die allen Möglichkeiten in optimaler Weise Rechnung trägt und insbesondere auch kurzfristige, unvorhersehbare Änderungen des Ausschwingverhaltens berücksichtigt, wie sie beispielsweise durch Ansatzbildungen, verschiedenartiger Füllgüter, Umwelteinflüsse od. dgl. verursacht werden. Die Ausführungsform von Fig. 3 unterscheidet sich von derjenigen von Fig. 1 nur durch eine zusätzliche Analyseschaltung 24, die das Ausgangssignal des Ultraschallwandlers 12 empfängt, die Kurvenform des Ausschwingssignals analysiert und die Funktion im Speicher 23 entsprechend der jeweils zuletzt festgestellten Kurvenform einstellt. Die Analyse kann in jedem Messzyklus oder auch in grösseren Zeitabständen erfolgen.

Insbesondere bei der Ausführungsform von Fig. 3 ist der Speicher 23 vorzugsweise ein Digitalspeicher, und der Funktionsgenerator 20 sowie die Analyseschaltung 24 sind entsprechend ausgebildete Digitalschaltungen. Gemäss der modernen Technologie können die Schaltungen 20, 23 und 24 durch einen geeignet programmierten Mikrocomputer gebildet sein.

Die übrigen in der Anordnung von Fig. 1 enthaltenen Schaltungen sind von herkömmlicher, dem Fachmann geläufiger Art und brauchen daher nicht näher beschrieben zu werden.

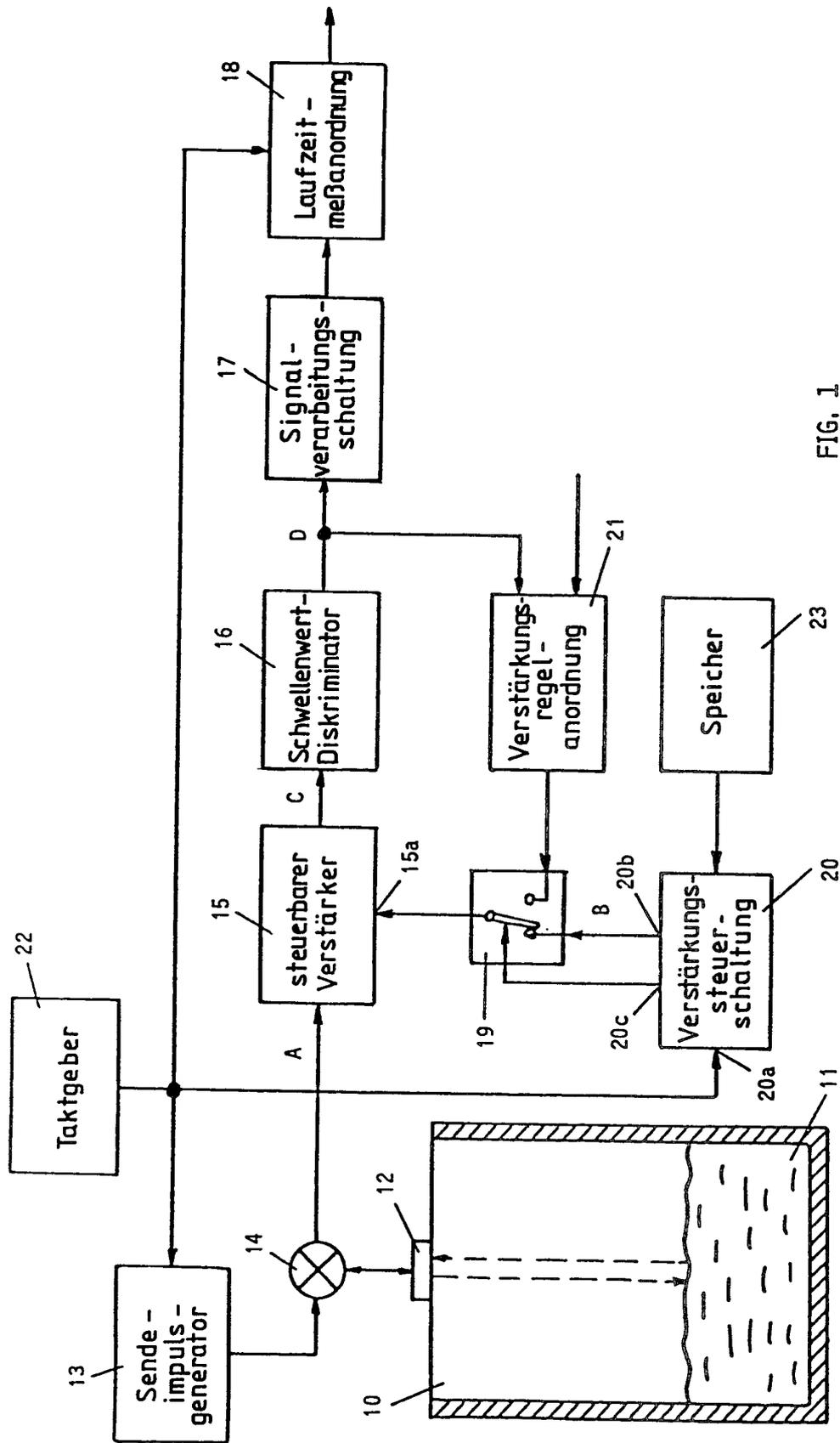


FIG. 1

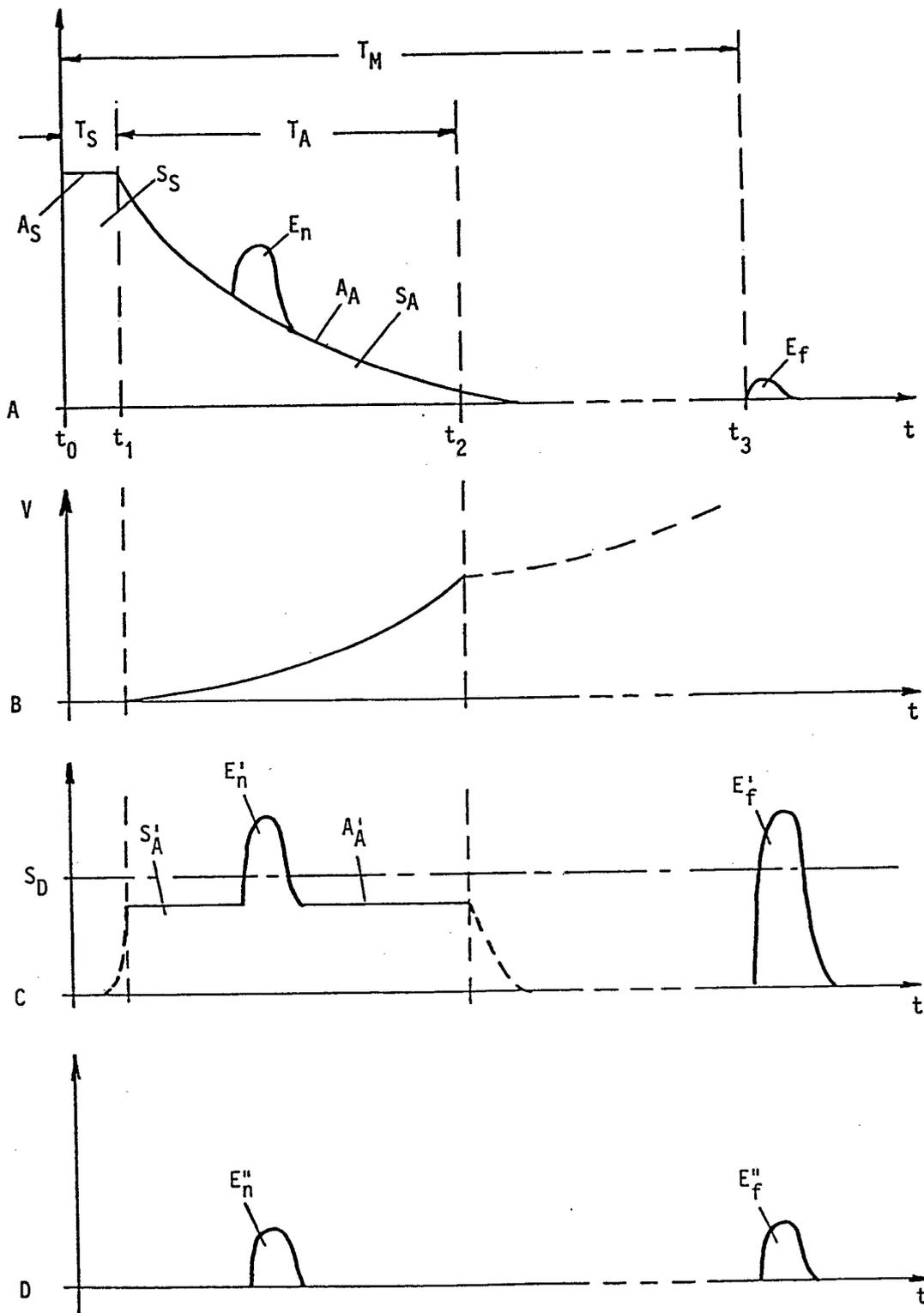


FIG. 2

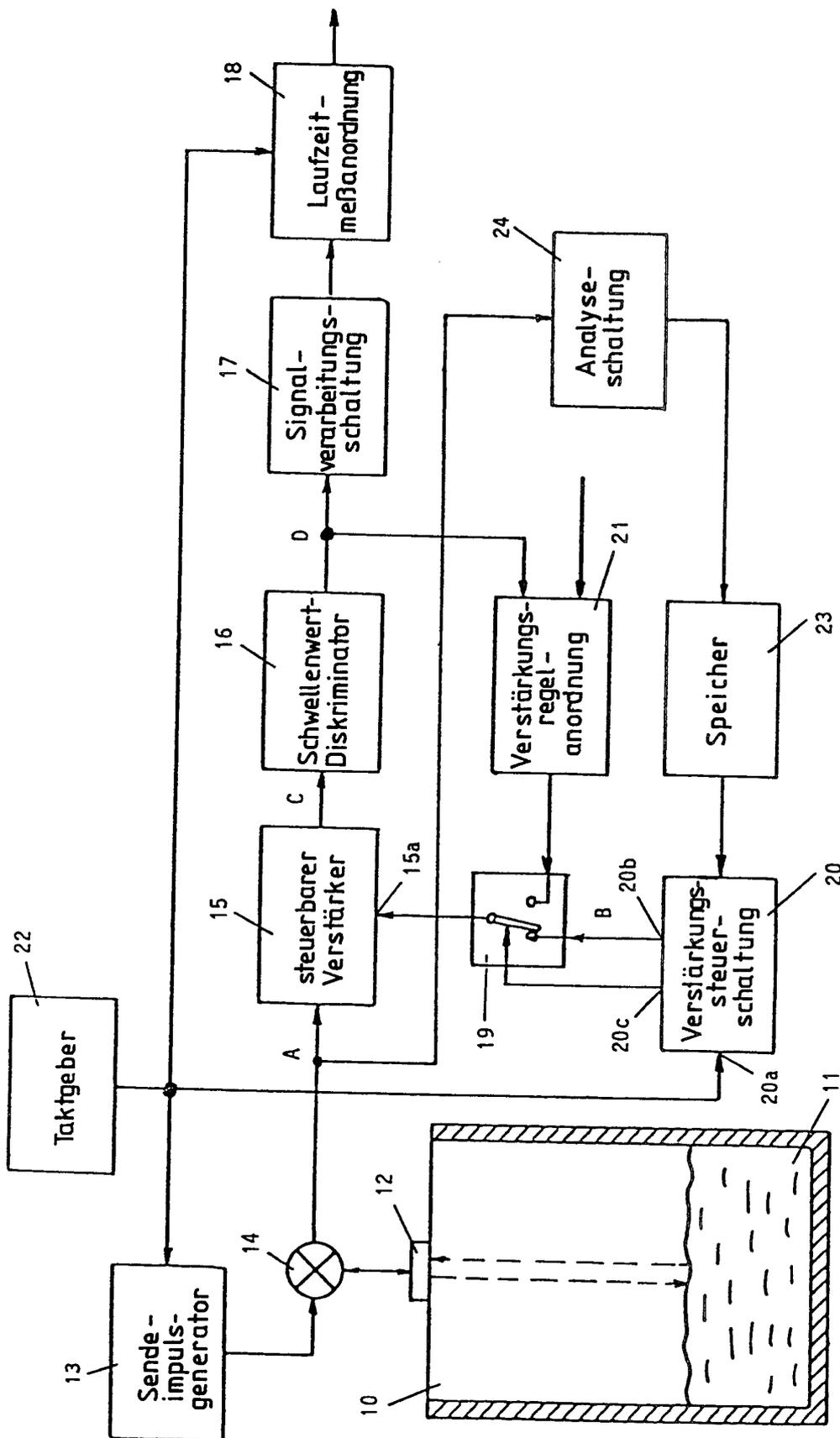


FIG. 3