

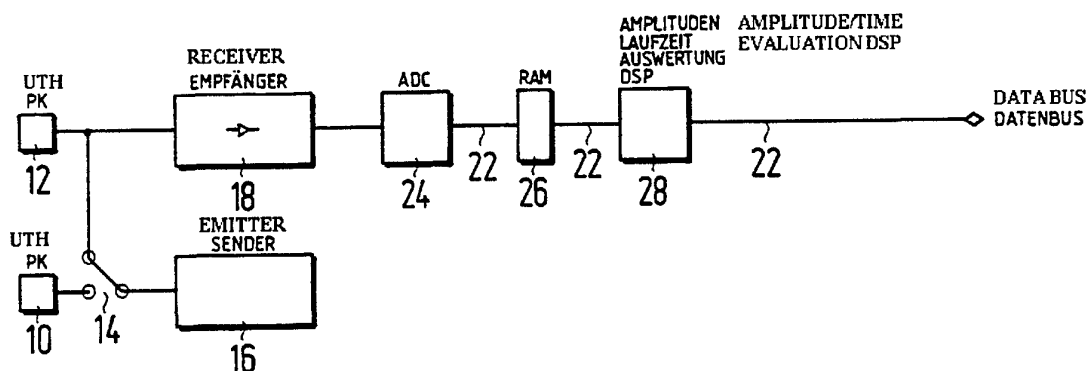


PCT
WELTORGANISATION FÜR GEISTIGES EIGENTUM
Internationales Büro
INTERNATIONALE ANMELDUNG VERÖFFENTLICHT NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE
INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT)

(51) Internationale Patentklassifikation ⁵ : G01S 15/10, 7/52, G01N 29/22		A1	(11) Internationale Veröffentlichungsnummer: WO 94/27165 (43) Internationales Veröffentlichungsdatum: 24. November 1994 (24.11.94)
(21) Internationales Aktenzeichen:	PCT/EP94/01437		
(22) Internationales Anmeldedatum:	6. Mai 1994 (06.05.94)		
(30) Prioritätsdaten: P 43 15 794.7	13. Mai 1993 (13.05.93)	DE	
(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten ausser US): NUKEM GMBH [DE/DE]; Industriestrasse 13, D-63755 Alzenau (DE).		(81) Bestimmungsstaaten: AT, AU, BB, BG, BR, BY, CA, CH, CN, CZ, DE, DK, ES, FI, GB, HU, JP, KP, KR, KZ, LK, LU, MG, MN, MW, NL, NO, NZ, PL, PT, RO, RU, SD, SE, SK, UA, US, VN, europäisches Patent (AT, BE, CH, DE, DK, ES, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE), OAPI Patent (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, ML, MR, NE, SN, TD, TG).	
(72) Erfinder; und (75) Erfinder/Anmelder (nur für US): KOCH, Roman [DE/DE]; Ulmenstrasse 22, D-63768 Hösbach (DE). KREUTTER, Thomas [DE/DE]; An den Ziegelein 6a, D-63773 Goldbach (DE).		Veröffentlicht <i>Mit internationalem Recherchenbericht. Vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche zugelassenen Frist. Veröffentlichung wird wiederholt falls Änderungen eintreffen.</i>	
(74) Anwalt: STOFFREGEN, Hans-Herbert; Salzstrasse 11a, Postfach 21 44, D-63411 Hanau (DE).			

(54) Title: METHOD AND DEVICE FOR THE NON-DESTRUCTIVE TESTING OF OBJECTS USING ULTRASONICS

(54) Bezeichnung: VERFAHREN UND VORRICHTUNG ZUR ZERSTÖRUNGSFREIEN PRÜFUNG VON GEGENSTÄNDEN MIT ULTRASCHALL



(57) Abstract

The invention concerns a method and device for non-destructive testing. Ultrasonic pulses are fed into the object under test. Ultrasonic waves emerging from the object are detected by an ultrasonic test head (12), converted into electrical signal and amplified. The signals are then sampled to produce measurement values, which are digitized and stored. From the digitized sampled values of the signals a function is obtained by interpolation, by means of which the peak values of the ultrasonic waves and/or the time of propagation of the wave at the peak is determined.

(57) Zusammenfassung

Gegenstand der Erfindung sind ein Verfahren und eine Vorrichtung zur zerstörungsfreien Prüfung von Gegenständen. In den zu prüfenden Gegenstand werden Ultraschallimpulse eingeleitet. Aus dem Gegenstand austretende Ultraschallwellen werden mit einem Ultraschallprüfkopf (12) erfasst, in elektrische Signale umgewandelt und verstärkt. Aus den Signalen werden durch Abtastung Meßwerte erzeugt, die digitalisiert und danach gespeichert werden. Aus den digitalisierten Abtastwerten der Signale wird durch Interpolation eine Funktion gebildet, mit der das Amplitudenmaximum der empfangenen Ultraschallwellen und/oder die Laufzeit der Ultraschallwelle mit dem Amplitudenmaximum bestimmt wird.

LEDIGLICH ZUR INFORMATION

Codes zur Identifizierung von PCT-Vertragsstaaten auf den Kopfbögen der Schriften, die internationale Anmeldungen gemäss dem PCT veröffentlichen.

AT	Österreich	GA	Gabon	MR	Mauretanien
AU	Australien	GB	Vereinigtes Königreich	MW	Malawi
BB	Barbados	GE	Georgien	NE	Niger
BE	Belgien	GN	Guinea	NL	Niederlande
BF	Burkina Faso	GR	Griechenland	NO	Norwegen
BG	Bulgarien	HU	Ungarn	NZ	Neuseeland
BJ	Benin	IE	Irland	PL	Polen
BR	Brasilien	IT	Italien	PT	Portugal
BY	Belarus	JP	Japan	RO	Rumänien
CA	Kanada	KE	Kenya	RU	Russische Föderation
CF	Zentrale Afrikanische Republik	KG	Kirgisistan	SD	Sudan
CG	Kongo	KP	Demokratische Volksrepublik Korea	SE	Schweden
CH	Schweiz	KR	Republik Korea	SI	Slowenien
CI	Côte d'Ivoire	KZ	Kasachstan	SK	Slowakei
CM	Kamerun	LI	Liechtenstein	SN	Senegal
CN	China	LK	Sri Lanka	TD	Tschad
CS	Tschechoslowakei	LU	Luxemburg	TG	Togo
CZ	Tschechische Republik	LV	Lettland	TJ	Tadschikistan
DE	Deutschland	MC	Monaco	TT	Trinidad und Tobago
DK	Dänemark	MD	Republik Moldau	UA	Ukraine
ES	Spanien	MG	Madagaskar	US	Vereinigte Staaten von Amerika
FI	Finnland	ML	Mali	UZ	Usbekistan
FR	Frankreich	MN	Mongolei	VN	Vietnam

Beschreibung**Verfahren und Vorrichtung zur zerstörungsfreien Prüfung von Gegenständen mit Ultraschall**

Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren und eine Vorrichtung zur zerstörungsfreien Prüfung von Gegenständen mit Ultraschall, wobei mit einem Ultraschallprüfkopf Ultraschallimpulse in den jeweiligen Gegenstand eingeleitet werden, und wobei aus dem Gegenstand aufgrund der jeweils eingeleiteten Ultraschallimpulse Ultraschallwellen austreten, die mit einem Ultraschallprüfkopf erfaßt und in elektrische Signale eines Signalzuges umgewandelt werden.

In der medizinischen Technik ist ein Ultraschalluntersuchungsverfahren für Diagnosezwecke bekannt, bei dem Ultraschallschwingungen in einen zu untersuchenden Körper eingeleitet werden, der Ultraschallechos erzeugt, die von einem Ultraschallwandler in elektrische Signale umgesetzt werden. Mit mechanischen oder elektronischen Mitteln wird die Abstrahlrichtung der Ultraschallschwingungen nach und nach in gleichen Winkelschritten geändert. Durch die beiden äußeren Abstrahlrichtungen wird ein Untersuchungsbereich im Körper begrenzt. Die längs der durch die Abstrahlrichtungen vorgegebenen Bahnen reflektierten Ultraschallechos werden in eine Folge von Meßwerten umgesetzt, die die Reflexionseigenschaften des Untersuchungsbereichs an verschiedenen Meßpunkten darstellen, die Bildpunkten eines Ultraschallbildes zugeordnet werden, das auf einem Bildschirm angezeigt wird. Für jeden Bildpunkt des Ultraschallbildes wird ein Bildwert durch Interpolation der Meßwerte derjenigen Meßpunkte berechnet, die dem Bildpunkt durch die geometrische Zuordnung zwischen dem Untersuchungsbereich und dem Ultraschallbild benachbart sind (DE 36 40 882 A1).

In der medizinischen Technik ist auch ein Verfahren zur Laufzeitbestimmung von Ultraschallimpulsen bekannt, die einen Untersuchungsbereich durchsetzen und von einem Ultraschallwandler in ein elektrisches Meßsignal umgesetzt werden. Es wird nach dem

Aussenden des Ultraschallimpulses der Zeitraum gemessen, der verstreicht, bis das Meßsignal eine vorgegebene Schwelle erreicht hat. Das Meßsignal wird mit einer vorgegebenen Rate abgetastet. Die Abtastwerte werden gespeichert. Ein durch eine Folge von Abtastwerten gebildeter Ausschnitt des Meßsignals wird mit einem gleich langen Ausschnitt eines Referenzsignals das als Folge von Referenzwerten gespeichert ist, verglichen. Der Ausschnitt des Referenzsignals und gegebenenfalls des Meßsignals werden solange um jeweils eine Stützstelle verschoben, bis die verschobenen Abschnitte, die erneut miteinander verglichen werden, am besten übereinstimmen. Die Laufzeit wird durch Korrektur des ermittelten Zeitraumes bestimmt. Die Folge von Referenzwerten, die den Abtastwerten des Ausschnittes möglichst genau proportional ist, wird mit einer Funktion gefunden, die ein Maß für die Abweichung des mit einem Faktor skalierten Ausschnitts des Meßsignals von einem entsprechend langen Abschnitt des Referenzsignals ist (DE 32 42 284 A1).

Bekannt ist ferner eine Ultraschall-Abbildungsvorrichtung für die medizinische Diagnosetechnik mit einem Ultraschallwandler, der einen Ultraschallstrahl in einem Körper einleitet, um eine Sektorabtastung durchzuführen. Der Ultraschallwandler setzt Ultraschallechowellen in Echosignale um, die in Intervallen abgetastet werden, die kürzer als die Teilung von Pixeln bzw. Bildelementen ist. Die entlang jeder Abtastlinie abgetasteten Meßwerte werden als Pixeldaten gespeichert. Die Daten, die an denjenigen Punkten von zwei benachbarten Abtastlinien angeordnet sind, die gleich weit von einem Strahlemissionspunkt beabstandet sind, werden zur Gewinnung von Interpolationsdaten herangezogen (DE 36 32 813 A1).

Bei einem bekannten Verfahren zur Bestimmung der Amplitude und der Amplitudenlage des Maximums eines Korrelationssignals werden einem Korrelator ein digitalisiertes Bildsignal und ein digitalisiertes Referenzbild zugeführt. Der Korrelator erzeugt das Korrelationssignal, das an einen Speicher mit Maximumdetektor abgegeben wird, der die Amplitude und die Amplitudenlage errechnet. Die errechneten Werte werden anschließend interpoliert, um dem echten Maximum stärker angenäherte Werte zu bestimmen (DE 38 12 195 A1).

Schließlich ist es bei der Meßsignalverarbeitung mit hochauflösenden Analog/Digital-Umsetzern bekannt, die analogen Signale mit niedriger Grenzfrequenz zu filtern und die Analog-Digital-Wandlung mit hoher Auflösung durchzuführen (Zeitschrift: Technisches Messen tm, 52. Jg., Heft 11, 1985, S. 404-410).

Weiterhin ist es bekannt, diskrete Werte einer Funktion durch Polynome zu interpolieren (Buch: A. Duschek: "Vorlesungen über höhere Mathematik", 4. Auflage 1965, S 297-301, Bd. 1).

Wichtige Kenngrößen für ein Ultraschallgerät zur zerstörungsfreien Werkstoffprüfung in automatisierten Prüfanlagen sind die Geschwindigkeit und die Genauigkeit, mit der Rißfehlersignale und Wanddickensignale, die man aus mit dem Ultraschall-Impuls-Echo-Verfahren erzeugten Fehlerechos bzw. aus einer Rückwandechofolge erhält, erfaßt werden können.

Demzufolge ist die Qualität eines Ultraschallgerätes gegeben durch die Amplituden- und Laufzeitauflösung, die bei einer möglichst hohen Impulsfolgefrequenz erzielt wird. Unter Amplitudenauflösung ist die Genauigkeit der Feststellung des Amplitudenextremums (positives Maximum oder negatives Minimum) bzw. der positiven oder negativen maximalen Impulsspitze zu verstehen. Die Laufzeit ist die Zeit, die zwischen dem Eintreten der Ultraschallimpulse in den Gegenstand und dem Empfang der aus dem Gegenstand austretenden Ultraschallwellen vergeht.

In einem analogen Ultraschallgerät sind zur Auswertung der von einem Prüfkopf bzw. Ultraschallsensor empfangenen Signale nach der Verstärkung einzelne Zeitbereiche (Blenden) auswählbar. Für jede Blende ist zur Amplitudenbestimmung ein Spitzenwertspeicher erforderlich, mit dem das Signalextremum innerhalb der Blende analog erfaßt wird. Bei den üblichen Systemen wird das so gewonnene Signal zur weiteren Verarbeitung in einem Rechner dann digitalisiert.

Zur Laufzeitmessung ist ein zusätzliches Modul erforderlich. Mit der Signalspitze bzw.

der Flanke bei Schwellüberschreitung innerhalb einer Blende wird ein digitaler Zähler gestartet, der mit dem Ereignis innerhalb einer zweiten Blende gestoppt wird. Zur Erzielung der erforderlichen Genauigkeit sind hier hochfrequente und damit aufwendige digitale Zähler erforderlich. Zur Verbesserung der Auflösung wird oftmals eine zusätzliche analoge Zeitmessung über ein Sägezahnsignal integriert. Der beim Stoppereignis erreichte Amplitudenwert des Sägezahns wird ebenfalls digitalisiert und über eine Kalibrierung in eine Laufzeit umgerechnet.

In einem digitalen Ultraschallgerät wird der komplette von einem Ultraschall-Prüfkopf bzw. Ultraschallsensor empfangene Signalzug unmittelbar nach der Verstärkung digitalisiert. Die Bestimmung von Amplitude und Laufzeit erfolgt danach aus den digitalen Daten.

Die Genauigkeit, mit der hochfrequente impulsförmige Signale bei einer digitalen Meßwertaufnahme bestimmt werden können, wird durch die Leistungsdaten des eingesetzten Analog-Digital-Converters (ADC) begrenzt. Die erzielbare Genauigkeit bei der Amplitudenbestimmung der maximalen Impulsspitze wird neben der Digitalisierungsauflösung (Bitzahl) überwiegend durch die Abtastrate (Samplingfrequenz) des ADC's bestimmt. Die zeitliche Position des Impulsmaximums, deren genaue Kenntnis zur Bestimmung von Laufzeiten erforderlich ist, wird allein durch die verfügbare Abtastrate bestimmt.

Je kleiner das Verhältnis von Samplingfrequenz zu Signalfrequenz wird, desto schlechter wird hierbei die Auflösung der Amplituden- und Laufzeitbestimmung. Dies bedeutet, daß zur Bestimmung von kurzen breitbandigen und damit hochfrequenten Impulsen sehr hohe Abtastraten erforderlich sind.

Üblicherweise werden in der Technik zur Erzielung der erforderlichen Genauigkeit Verfahren (interleaved oder random sampling) angewandt, bei denen das gleiche Ereignis mehrmals hintereinander auftreten muß und dann zu unterschiedlichen Zeitpunkten digitalisiert wird. Zur Erzielung der erforderlichen Genauigkeit bei einmalig auftretenden

Ereignissen werden jedoch Anforderungen an den einzusetzenden ADC (hohe Digitalisierung und hohe Samplingrate) und die nachfolgenden Speicherbausteine (hohe Geschwindigkeit und große Tiefe) gestellt, die zur Zeit unter preislichen Gesichtspunkten aufgrund des sehr hohen Aufwandes nicht realisierbar sind.

Werden ein handelsüblicher Analog-Digital-Umsetzer und Standardspeicherbausteine eingesetzt, so ist die Abtastdichte der Signale zur genauen Bestimmung der maximalen Signalamplitude und deren Zeitpunktes nicht ausreichend.

Hier setzt die Erfindung ein. Der Erfindung liegt das Problem zugrunde, ein Verfahren und eine Vorrichtung zur zerstörungsfreien Prüfung von Gegenständen mit Ultraschallwellen zu entwickeln, mit denen bei einer vorgegebenen Abtastrate für die von einem Ultraschallempfänger erzeugten Signale das Amplitudenmaximum und/oder die Laufzeit des Amplitudenmaximums mit größerer Auflösung bestimmt werden kann.

Das Problem wird für das Verfahren erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß aus den Signalen des Signalzuges durch zeitlich äquidistante Abtastung Meßwerte erzeugt werden, die digitalisiert und danach gespeichert werden, daß durch die diskreten gespeicherten, digitalisierten Meßwerte eine Funktion gebildet wird, die durch ein Polynom vom Grade N nach folgender Beziehung ersetzt wird:

$$P_N(t_i) = \sum_{n=0}^N a_n \cdot t_i^n, t_i = i \Delta t$$

worin mit t_i die Abtastzeiten, für $i = 0, 1, \dots, N$ und mit a_n die Koeffizienten des Polynoms bezeichnet sind, und daß mit dem Polynom das Amplitudenextremum der empfangenen Ultraschallwellen und/oder die Laufzeit der Ultraschallwellen mit dem Amplitudenextremum bestimmt wird. Mit Hilfe des Interpolationsverfahrens läßt sich auch dann eine hohe Auflösung bei der Amplituden- und Laufzeitbestimmung erreichen, wenn für den Digitalisierer und für die Speicher handelsübliche Bausteine verwendet

werden. Darüber hinaus wird der Hardwareaufwand im Vergleich zu typischen, analog arbeitenden Ultraschallprüfsystemen reduziert. Die Amplituden- und die Laufzeitmessungen können weiterhin mit der gleichen Hardware durchgeführt werden. Das Amplitudenextremum wird bei der Weiterverarbeitung insbesondere mit wenigstens einem vorgegebenen Schwellenwert verglichen, der für einen Fehler charakteristisch ist.

Durch die Interpolation mit dem Polynom kann das Ergebnis mit relativ wenig Rechenaufwand erhalten werden.

Es ist zweckmäßig, wenn die Laufzeit der Ultraschallwelle mit dem Amplitudenextremum aus der ersten Ableitung des Polynoms vom Grade n nach der Zeit nach folgender Beziehung:

$$\frac{\partial P_N}{\partial t} = \sum_{n=0}^N n a_n t^{(n-1)} = 0$$

bestimmt wird und daß das Amplitudenextremum durch Einsetzen des Laufzeitwertes $t = t_0$ in die Gleichung

$$P_N(t_0) = \sum_{n=0}^N a_n \cdot t_0^n$$

des Polynoms bestimmt wird.

Vorzugsweise werden die vom Ultraschallprüfkopf ausgegebenen Signale mit einer Abtastrate zwischen 60 und 120 MHz abgetastet und mit einer Auflösung von acht bis zwölf Bit digitalisiert. Derartige Abtastraten lassen sich mit handelsüblichen Abtast- und Halteschaltungen erzielen. Für Auflösungen bis 8-12 bit können handelsübliche Analog-Digital-Umsetzer verwendet werden.

Bei einer günstigen Ausführungsform werden die Abtastwerte gefiltert, um Fehlereinflüsse zu reduzieren.

Eine Vorrichtung zur Durchführung der oben beschriebenen Verfahren besteht erfindungsgemäß darin, daß einem die Ultraschallwellen empfangenden Ultraschallprüfkopf ein Verstärker nachgeschaltet ist, an den eine Abtast- und Halteschaltung angeschlossen ist, die mit einer Abtastrate im Bereich von 60 bis 120 MHz arbeitet und an die ein Analog-Digital-Umsetzer mit einer Auflösung von acht bis zwölf Bit angeschlossen ist, und daß der Analog-Digital-Umsetzer, ein Schreib-, Lesespeicher und ein digitaler Prozessor mit einem Bus verbunden sind. Diese Anordnung arbeitet mit einer handelsüblichen Abtast- und Halteschaltung sowie einem handelsüblichen Analog-Digital-Umsetzer. Die höhere Auflösung der Amplitude und der Laufzeit läßt sich somit auf wirtschaftliche Weise erreichen.

Vorzugsweise sind wenigstens zwei Vorrichtungen mit je einem Ultraschallprüfkopf zum Senden und Empfangen, einem Verstärker, je einer Abtast- und Halteschaltung, je einem Schreib-, Lesespeicher und einem Prozessor zu einer Baueinheit vereinigt. Da der hardwaremäßige Aufwand für die Auswertung der von einem Ultraschallempfänger erzeugten Signale relativ gering ist, können eine Reihe derartiger Anordnungen parallel zueinander vorgesehen sein, um die Prüfgeschwindigkeit zu erhöhen.

Da der komplette Signalverlauf in digitaler Form vorliegt, können auch alle Vorteile der digitalen Signalverarbeitung wie beispielsweise die digitale Filterung oder die Korrelation, zur Verbesserung der Genauigkeit eingesetzt werden.

Weitere Einzelheiten, Merkmale und Vorteile der Erfindung ergeben sich nicht nur aus den Ansprüchen und den diesen zu entnehmenden Merkmalen -für sich und/oder in Kombination-, sondern auch aus der nachfolgenden Beschreibung eines bevorzugten Ausführungsbeispiels.

Es zeigen:

- Fig. 1 eine Vorrichtung zur zerstörungsfreien Prüfung von Gegenständen mit digitaler Verarbeitung empfangener Ultraschallsignale im Blockschaltbild,
- Fig. 2 ein Blockschaltbild einer herkömmlichen, analog arbeitenden Vorrichtung zur zerstörungsfreien Prüfung von Gegenständen.
- Fig. 3 ein Diagramm der theoretisch möglichen Amplitudenauflösung in Abhängigkeit von der Samplingrate und der Digitalisierung eines Analog-Digital-Umsetzers,
- Fig. 4 ein als Rißfehlerecho erhaltenes, digitalisiertes Amplitudensignal eines Ultraschallempfängers in Abhängigkeit von der Zeit,
- Fig. 5 ein als Waddickenechofolge erhaltenes, digitalisiertes Amplitudensignal eines Ultraschallempfängers in Abhängigkeit von der Zeit,
- Fig. 6 ein als Rißfehlerecho erhaltenes, digitalisiertes Amplitudensignal und eine Interpolationskurve für das Amplitudensignal in Abhängigkeit von der Zeit,
- Fig. 7 ein als Waddickenechofolge erhaltenes, digitalisiertes Amplitudensignal und eine Interpolationskurve für das Amplitudensignal in Abhängigkeit von der Zeit,
- Fig. 8 die Amplitudenauflösung eines bestimmten Interpolationsverfahrens in Abhängigkeit von der Abtastrate und der Auflösung des Analog-Digital-Umsetzers und
- Fig. 9 die Laufzeitauflösung eines bestimmten Interpolationsverfahrens in Abhängigkeit von der Abtastrate und der Auflösung des Analog-Digital-Umsetzers.

Eine Vorrichtung zur zerstörungsfreien Prüfung von Gegenständen mit Ultraschall enthält einen Ultraschallprüfkopf (10) zum Senden von impulsförmigen Ultraschallwellen und einen Ultraschallprüfkopf (12) zum Empfangen von Ultraschallwellen. Häufig sind Sender und Empfänger für Ultraschallwellen in einem Prüfkopf vereinigt. Der elektroakustische Ultraschallprüfkopf (10) ist über einen Umschalter (14) an einen Sender (16) anschaltbar, der Impulse oder Impulsgruppen erzeugt. Über den Umschalter (14) ist der Sender (16) auch an den Ultraschallprüfkopf (12) anschaltbar. An den Ultraschallprüfkopf (12) ist ein Verstärker (18) angeschlossen, mit dem eine Abtast- und Halteschaltung (20) verbunden ist. Mit einem Datenbus (22) sind die Abtast- und Halteschaltungen (20), ein Analog-Digital-Umsetzer (24), ein Lese-, Schreibspeicher (26) und ein Prozessor (28) verbunden.

In Fig. 2 ist eine analog arbeitende Vorrichtung zur zerstörungsfreien Prüfung von Gegenständen dargestellt. Die Vorrichtung gemäß Fig. 2 enthält wie die in Fig. 1 dargestellte Vorrichtung den Sender (16), den Umschalter (14), die beiden Ultraschallprüfköpfe (10), (12) in Form von elektroakustischen Wandlern und den Verstärker (18). Mit einer Blendensteuerungs- und Auswerteinheit (30) sind zur Auswertung der vom Ultraschallprüfkopf (12) empfangenen Signale nach der Verstärkung einzelne Zeitbereiche (Blenden) auswählbar. Für jede Blende ist zur Amplitudenbestimmung ein Spitzenwertspeicher erforderlich. In Fig. 2 sind drei Spitzenwertspeicher (32), (34) und (36) dargestellt. Mit dem jeweiligen Spitzenwertspeicher wird das Signalmaximum innerhalb der Blende analog erfaßt. Das so gewonnene Signal kann dann in einem Rechner digitalisiert und weiterverarbeitet werden. Zur Laufzeitmessung ist zusätzlich ein Modul (38) erforderlich. Mit der Signalspitze bzw. Flanke bei Schwellüberschreitung innerhalb einer Blende wird ein digitaler Zähler gestartet, der mit dem Ereignis innerhalb einer zweiten Blende gestoppt wird. Zur Erzielung der erforderlichen Genauigkeit sind hochfrequente und damit aufwendige Zähler notwendig. Zur Verbesserung der Auflösung wird oft eine zusätzliche analoge Zeitmessung über ein Sägezahnsignal integriert. Der beim Stoppereignis erreichte Amplitudenwert des Sägezahns wird ebenfalls digitalisiert und über eine Kalibrierung in eine Laufzeit umgerechnet.

Mit dem in Fig. 1 dargestellten Ultraschallprüfgerät wird der vom Ultraschallprüfkopf (12) empfangene Signalzug nach der Verstärkung abgetastet, digitalisiert und gespeichert. Amplitudenmaximum und Laufzeit der Ultraschallimpulse bis zum Empfang des Amplitudenmaximums werden aus den gespeicherten Daten bestimmt. Die Fig. 3 zeigt ein dreidimensionales Diagramm, in dem der Amplitudenfehler in % in Abhängigkeit von der Abtastrate in MHz und der Digitalisierungsauflösung in Bit dargestellt ist.

Die Fig. 3 zeigt, daß die erzielbare Genauigkeit bei der Amplitudenbestimmung der maximalen Impulsspitze neben der Digitalisierungsauflösung überwiegend durch die Samplingfrequenz der Abtast- und Halteschaltung bzw. des Analog-Digital-Umsetzers bestimmt wird. Die Genauigkeit der zeitlichen Position des Impulsmaximums, deren genaue Kenntnis zur Bestimmung von Laufzeiten erforderlich ist, wird allein durch die Abtastrate bestimmt. Je kleiner das Verhältnis von Samplingfrequenz zu Signalfrequenz ist, desto schlechter ist die Auflösung der Amplituden und Laufzeiten.

Bei der in Fig. 1 dargestellten Anordnung werden handelsübliche Bauelemente, z.B. eine handelsübliche Abtast- und Halteschaltung (20), ein handelsüblicher Analog-Digital-Umsetzer (24) und ein handelsüblicher, als RAM ausgebildeter Schreib-, Lesespeicher (26) verwendet. Der Analog-Digital-Umsetzer (24) hat eine Auflösung von 8-12 bit. Die Abtastrate (Samplingfrequenz) der Abtast- und Halteschaltung und des Analog-Digital-Umsetzers liegt im Bereich von 60 bis 160 MHz.

Die Fig. 4 zeigt ein typisches von einem Rißfehler erzeugtes Echosignal (40) mit seinen Abtastwerten, die in Fig. 4 durch Geraden verbunden sind, in Abhängigkeit von der Zeit t . Für eine typische Wandeckhofolge (42) zeigt Fig. 5 die Abtastwerte, die durch Geraden miteinander verbunden sind, in Abhängigkeit von der Zeit t . Die in Fig. 4 und 5 dargestellten äquidistanten Abtastzeiten sind mit den handelsüblichen Abtastraten erzielt. Es ist ersichtlich, daß die Abtastdichte gemäß Fig. 4 und 5 zur genauen Bestimmung der maximalen Signalamplitude und des Zeitpunkts des Auftretens der maximalen Signalamplitude nicht ausreicht.

Um mit den verfügbaren handelsüblichen Bausteinen für die Erzeugung der Abtastrate und der Digitalisierung eine höhere Auflösung sowohl bezüglich der maximalen Signalamplitude als auch bezüglich des zeitlichen Auftretens der Signalamplitude zu erreichen, wird die durch die digitalen Abtastwerte gegebene gespeicherte Funktion interpoliert.

Die Interpolation beruht auf der Erkenntnis, daß das elektrische Meßsignal mit der Zeitfunktion $f(t)$ an den Anschlüssen eines Ultraschallprüfkopfes, z.B. des Ultraschallprüfkopfes (12), folgende Eigenschaften hat:

$$|f(t)| < \epsilon_p, \text{ für } t < T_s \text{ und } t > T_e \quad (1)$$

mit ϵ_p als beliebig kleiner ϵ -Schranke und T_s und T_e als Start- und Endzeitpunkt des Ultraschallsignalzuges.

In den Frequenzbereich transformiert gilt:

$$|F(\omega)| < \epsilon_\omega, \text{ für } \omega < \omega_s \text{ und } \omega > \omega_e \quad (2)$$

mit ϵ_ω als beliebig kleiner ϵ -Schranke und ω_s und ω_e als untere und obere Grenzfrequenz.

Dabei ist $F(\omega)$ die Fourier-Transformation nach folgender Beziehung:

$$F(\omega) = \int_{-\infty}^{\infty} f(t) e^{j\omega t} \cdot dt \quad (3)$$

Es handelt sich dabei um zeit- und bandbegrenzte Signale.

Die Ultraschallprüfköpfe sind im allgemeinen schwingfähige, resonante Strukturen, deren Ausgangsspannungen mit amplitudenmodulierten Sinusschwingungen näherungsweise beschrieben werden können und somit die in den Gln.(1-3) angegebenen Eigenschaften besitzen.

Die Zeitfunktion $f(t)$ liegt bei der in Fig. 1 dargestellten Vorrichtung in Form von zeitlich äquidistanten, diskreten Abtastwerten vor, d.h. es gilt:

$$f(i\Delta t), \text{ für } i = 0, 1, \dots, M \quad (4)$$

Die Abtastintervalle sind hinreichend klein, so daß gilt:

$$\frac{2\pi}{\Delta t} \ll \omega_e \quad (5)$$

Bei Erfüllung der in (5) angegebenen Bedingung lassen sich die Funktionswerte zwischen den Abtastzeitpunkten $n\Delta t$ und $(n+1)\Delta t$ durch Interpolation ermitteln. Nach der Bestimmung der Parameter der Interpolation werden die Extremwerte der Amplituden und die Laufzeiten bis zum Auftreten der Extremwerte analytisch angegeben. Als Interpolationsfunktion wird ein Polynom vom Grade n gewählt.

Es sind auch andere funktionale Ansätze möglich, allerdings führen diese in der Regel zu einem nichtlinearen System von Funktionsgleichungen, das sich nur iterativ - und damit rechenintensiv - lösen läßt. Mit dem Polynom:

$$P_N(t_i) = \sum_{n=0}^N a_n t_i^n, \quad t_i = i\Delta t \quad (6)$$

bildet man die Summe des mittleren Fehlerquadrats:

$$F_Q = \sum_{i=0}^M (f(t_i) - P_N(t_i))^2 = \sum_{i=0}^M \left\{ f^2(t_i) - 2 \sum_{n=0}^N a_n t_i^n f(t_i) + \sum_{n=0}^N a_n t_i^n \sum_{k=0}^N a_k t_i^k \right\} \quad (7)$$

Aus der Forderung, daß die Summe der Abweichungsquadrate ein Minimum wird, ergibt sich:

$$\frac{\partial F_Q}{\partial a_n} = \sum_{i=0}^M \left\{ -2 t_i^n f(t_i) + 2 \sum_{k=0}^N a_k t_i^{k+n} \right\} = 0 ; \quad n = 0, 1, 2, \dots, N \quad (8)$$

Mit den Abkürzungen

$$b_{kn} = \sum_{i=0}^M t_i^{k+n} \quad \text{und} \quad c_n = \sum_{i=0}^M f(t_i) t_i^n \quad (9)$$

kann die Lösung des Gleichungssystems in Gl(8) angegeben werden:

$$a_k = b_{kn}^{-1} c_n ; n = 0, 1, 2, \dots, N \quad (10)$$

mit b_{kn}^{-1} sind die Elemente der zur den Matrixelementen b_{kn} gehörenden inversen Matrix zu verstehen.

Wird $N = M$ gewählt, dann ergibt sich eine strenge Interpolation, d.h. $F_Q = O$. Aus $M > N$ ergibt sich eine Ausgleichskurve und mit $M < N$ ist die Interpolation überbestimmt.

Das Amplitudenmaximum wird wie folgt bestimmt:

Zunächst wird der Zeitpunkt des Amplitudenextremum aus folgender Gleichung berechnet:

$$\frac{\partial P_N}{\partial t} = \sum_{n=0}^N n a_n t^{n-1} = 0 \quad (11)$$

Für $N = 2$ erhält man mit den Koeffizienten a_1 und a_2 :

$$t_0 = \frac{-a_1}{2a_2} \quad (12)$$

Für $N = 3$ folgt mit den Koeffizienten a_1 , a_2 und a_3 :

$$t_{1,2} = \frac{-a_2 \pm \sqrt{4a_2^2 - 3a_1a_3}}{3a_3} \quad (13)$$

Für $N = 4$ ergeben sich mit der Cardanischen Lösungsformel drei Lösungen. Wählt man $N > 4$, so kann im allgemeinen die Lösung nur iterativ bestimmt werden (z.B. Verfahren von Björk - Anderson).

Das Amplitudenmaximum wird durch Einsetzen des entsprechenden Zeitwerts in den oben unter (6) angegebenen Polynomansatz bestimmt. Eine Schwellwertbestimmung wird analog ausgeführt.

Eine zusätzliche Schwierigkeit bei der Bestimmung der Amplituden und Laufzeiten entsteht, wenn die gemessenen Funktionswerte $f_M(t_i)$ mit einer statistischen Unsicherheit behaftet sind:

$$f_M(t_i) = \dot{f}(t_i) + r(t_i) \quad (14)$$

In $r(t_i)$ sind alle Fehlerquellen zusammengefaßt:

- Diskretisierungsrauschen (AD-Wandler)
- "Ultraschallgras" (Gefügerauschen)
- Elektronisches Rauschen (Signalverarbeitungselektronik)
- Störsignale (Übersprechen der Umgebungselektronik)

Zur Reduktion dieser Fehlereinflüsse wird die Funktion $f_M(t_i)$ einer Filterung unterzogen. Im Frequenzbereich erhält man:

$$F_{fl}(\omega) = F_M(\omega) \quad (15)$$

und im Zeitbereich mit der Bestimmung der Ausgangssignale über das Faltungsintegral:

$$f_{fil}(t) = f_m(t) * h(t), \text{ bzw. } f_{fil}(t) = \int_{-\infty}^{+\infty} f_m(\tau) h(t-\tau) d\tau \quad (16)$$

Wenn man nur innerhalb eines kurzen Zeitabschnitts filtern muß, kann das Faltungsintegral näherungsweise auf ein sehr begrenztes Integrations- und Berechnungsintervall reduzieren. Dies ist numerisch einfacher und schneller als die Berechnung der Gln.(15-16).

Für die Filterfunktion kommt im einfachsten Fall ein idealer Tiefpass mit folgender Übertragungsfunktion in Frage:

$$H(\omega) = \begin{cases} 1 & \text{für } |\omega| \leq \omega_{TP} \\ 0 & \text{sonst} \end{cases} \quad (17)$$

Eine wesentlich bessere Möglichkeit stellt ein Matched - Filter (oder auch Korrelationsfilter) dar:

$$h(t - \tau) = f_{Muster}(\tau - t - t_0) \quad (18)$$

Als f_{Muster} wird z.B. der erste A-Scan einer Meßreihe verwendet. Mit t_0 wird der Zeitpunkt des Signalmaximums bezeichnet, damit das Faltungsergebnis nicht zeitverschoben erscheint.

In Fig. 6 sind für ein typisches Rißfehlerecho digitalisierte Meßwerte in einem Diagramm durch Kreuze (43) markiert und durch Geraden (44) miteinander verbunden. Hieraus ist der Verlauf des Rißfehlerechosignals in Abhängigkeit von der Zeit t

ersichtlich, die in Abszissenrichtung dargestellt ist. Weiterhin sind in Fig. 6 Interpolationskurven (46), (47) und (48) als Funktion der Zeit t dargestellt. Die Interpolationskurven (46) bis (48) wurden nach dem oben beschriebenen Polynomansatz bestimmt.

Weiterhin ist in Fig. 6 das Amplitudenextremum (49) der Interpolationskurven (46) bis (48) dargestellt. Mit dem aus den Interpolationskurven bestimmten Amplitudenextremum läßt sich, wie aus Fig. 6 ersichtlich ist, eine hohe Auflösung erreichen.

Die Fig. 7 zeigt für eine typische Wanddickenechofolge digitalisierte Meßwerte, die im Diagramm durch Kreuze (50) markiert sind, die jeweils durch Geraden (51) miteinander verbunden sind.

Hieraus ist der Verlauf der Wanddickenechofolge in Abhängigkeit von der Zeit t ersichtlich, die in Abszissenrichtung dargestellt ist.

Weiterhin sind in Fig. 7 Interpolationskurven (52), (53), (54) in Abhängigkeit von der Zeit t dargestellt. Die Interpolationskurven (52) bis (54) wurden nach dem oben beschriebenen Interpolationsansatz mit den in Fig. 7 eingetragenen digitalisierten Meßwerten bestimmt. Das Amplitudenextremum (56), das sich anhand der Interpolationskurven (52) bis (54) ergibt, ist in Fig. 7 ebenfalls eingetragen. Die Fig. 7 zeigt, daß mittels der Interpolationskurven das Amplitudenextremum mit höherer Auflösung bestimmt werden kann als mit den digitalisierten Abtastwerten alleine.

Die theoretisch mögliche Auflösung mittels Interpolation für die Signalamplitude ist in Fig. 8 in dreidimensionalem Diagramm in % als Funktion der Abtastrate (Samplingfrequenz) in MHz und der Auflösung des Analog-Digital-Umsetzers (24) in Bit dargestellt.

In Fig. 9 ist die theoretisch mittels Interpolation mögliche Auflösung für die Laufzeit der Ultraschallsignale in Stahl in μm als Funktion der Abtastrate (Samplingfrequenz) in

MHz und der Auflösung des Analog-Digital-Umsetzers (24) in Bit dargestellt.

Mehrere in Fig. 1 dargestellte Vorrichtungen sind zweckmäßigerweise zu einer Baueinheit vereinigt, mit der Gegenstände in mehreren Spuren zerstörungsfrei geprüft werden. Damit läßt sich die Prüfungsgeschwindigkeit erhöhen.

Patentansprüche**Verfahren und Vorrichtung zur zerstörungsfreien Prüfung von Gegenständen mit Ultraschall**

1. Verfahren zur zerstörungsfreien Prüfung von Gegenständen mit Ultraschall, wobei mit einem Ultraschallprüfkopf Ultraschallimpulse in den jeweiligen Gegenstand eingeleitet werden und wobei aus dem Gegenstand aufgrund der jeweils eingeleiteten Ultraschallimpulse Ultraschallwellen austreten, die mit einem Ultraschallprüfkopf erfaßt und in elektrische Signale eines Signalzuges umgewandelt werden,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t,
daß aus den Signalen des Signalzuges durch zeitlich äquidistante Abtastung Meßwerte erzeugt werden, die digitalisiert und danach gespeichert werden, daß durch die diskreten, gespeicherten, digitalisierten Meßwerte eine Funktion gebildet wird, die durch ein Polynom vom Grade N nach folgender Beziehung ersetzt wird:

$$P_N(t_i) = \sum_{n=0}^N a_n \cdot t_i^n, t_i = i \Delta t$$

worin mit t_i die Abtastzeiten für $i = 0, 1, \dots, N$ und mit a_n die Koeffizienten des Polynoms bezeichnet sind, und daß mit dem Polynom das Amplitudenextremum der empfangenen Ultraschallwellen und/oder die Laufzeit der Ultraschallwellen mit dem Amplitudenextremum bestimmt wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t,
daß der Laufzeitwert der Ultraschallwelle mit dem Amplitudenextremum aus der ersten Ableitung des Polynoms vom Grade n nach der Zeit nach folgender Beziehung:

$$\frac{\partial P_N}{\partial t} = \sum_{n=0}^N n a_n t^{(n-1)} = 0$$

bestimmt wird und daß das Amplitudenextremum durch Einsetzen des Laufzeitwerts in die Gleichung:

$$P_N(t_i) = \sum_{n=0}^N a_n \cdot t_i^n$$

des Polynoms bestimmt wird.

3. Verfahren nach Ansprüche 1 oder 2,
dadurch gekennzeichnet,
daß die vom Ultraschallprüfkopf ausgehenden Signale mit einer Abtastrate zwischen 60 und 160 MHz abgetastet und mit einer Auflösung zwischen acht von zwölf Bit digitalisiert werden.
4. Verfahren nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
daß die Abtastwerte gefiltert werden.
5. Verfahren nach Anspruch 5,
dadurch gekennzeichnet,
daß die Filterung eine Tiefpaßcharakteristik hat.
6. Verfahren nach Anspruch 5,
dadurch gekennzeichnet,
daß die Filterung eine Matched-Filtercharakteristik hat.

7. Vorrichtung zur zerstörungsfreien Prüfung von Gegenständen mit Ultraschall, wobei mit einem Ultraschallprüfkopf Ultraschallimpulse in den jeweiligen Gegenstand eingeleitet werden, und wobei aus dem Gegenstand austretende Ultraschallwellen mit einem Ultraschallprüfkopf erfaßt und in elektrische Signale umgewandelt werden,
dadurch gekennzeichnet,
daß dem die Ultraschallwellen empfangenden Ultraschallprüfkopf (12) ein Verstärker (18) nachgeschaltet ist, an den eine Abtast- und Halteschaltung (20) angeschlossen ist, die mit einer Abtastrate im Bereich von 60 bis 160 MHz arbeitet und an die ein Analog-Digital-Umsetzer (24) mit einer Auflösung von zwölf Bit angeschlossen, und daß der Analog-Digital-Umsetzer (24), ein Schreib-, Lesespeicher (26) und ein digitaler Prozessor (28) mit einem Bus (22) verbunden sind.
8. Vorrichtung nach Anspruch 8,
dadurch gekennzeichnet,
daß wenigstens zwei Vorrichtungen mit je einem Ultraschallprüfkopf zum Senden und Empfangen von Ultraschallwellen, mit je einer Abtast- und Halteschaltung, mit je einem Schreib-, Lesespeicher und mit einem Prozessor zu einer Baueinheit vereinigt sind.

1/6

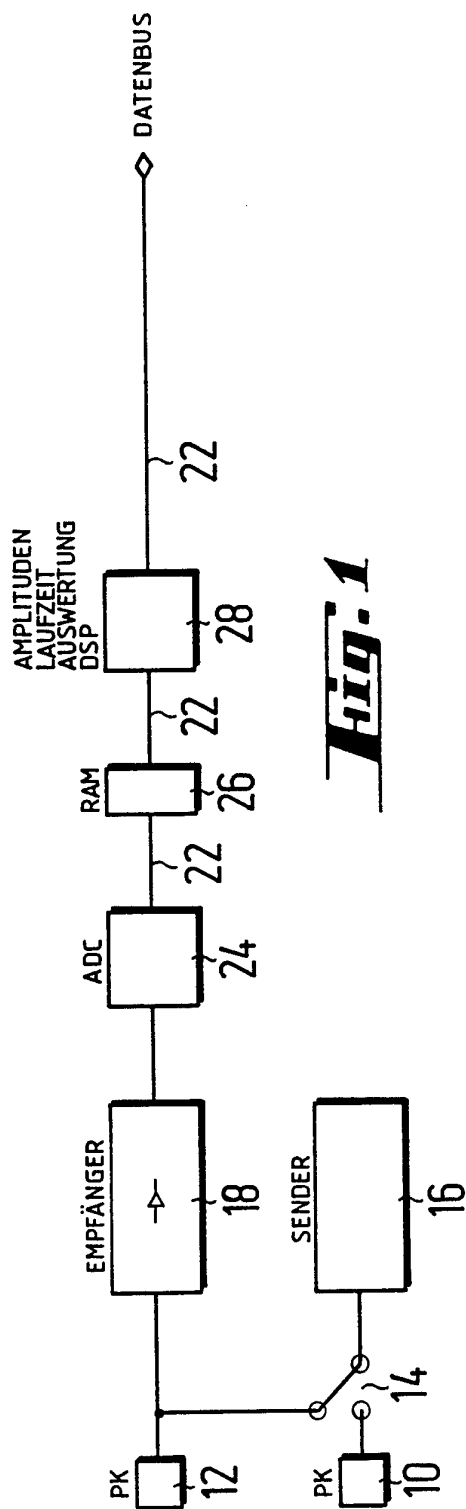


Fig. 1

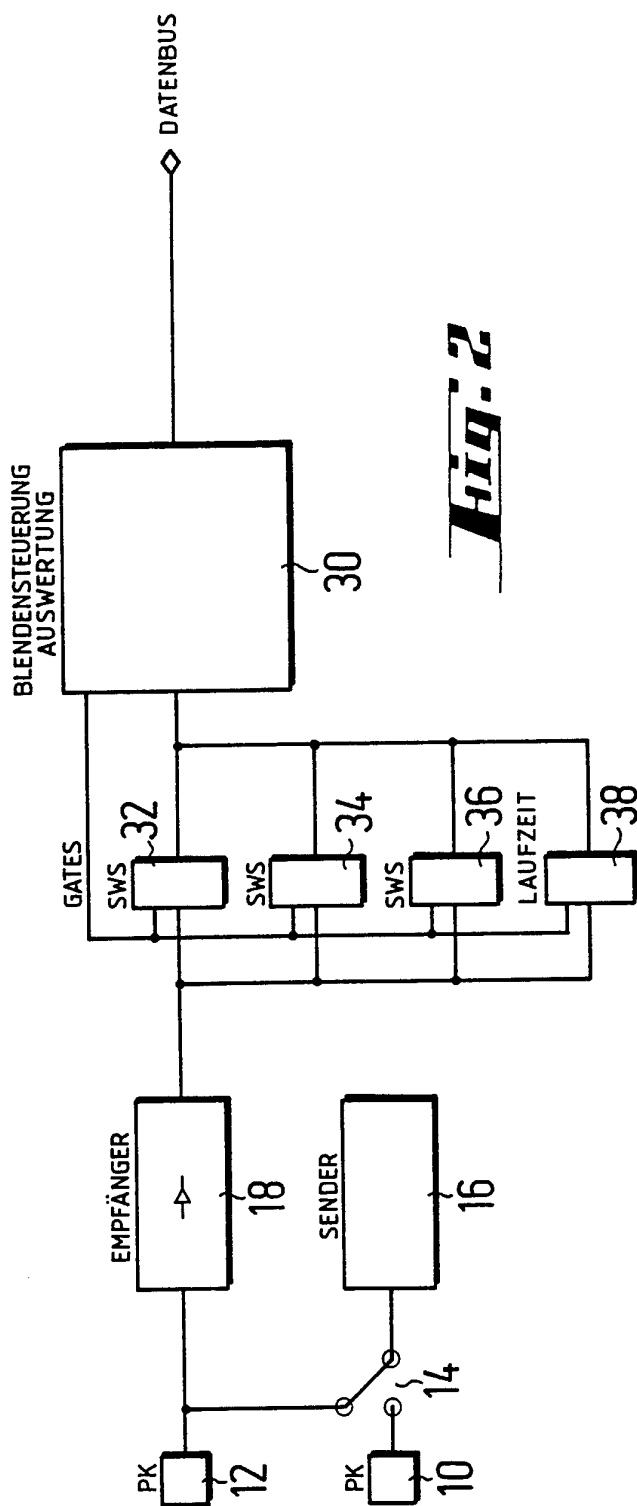
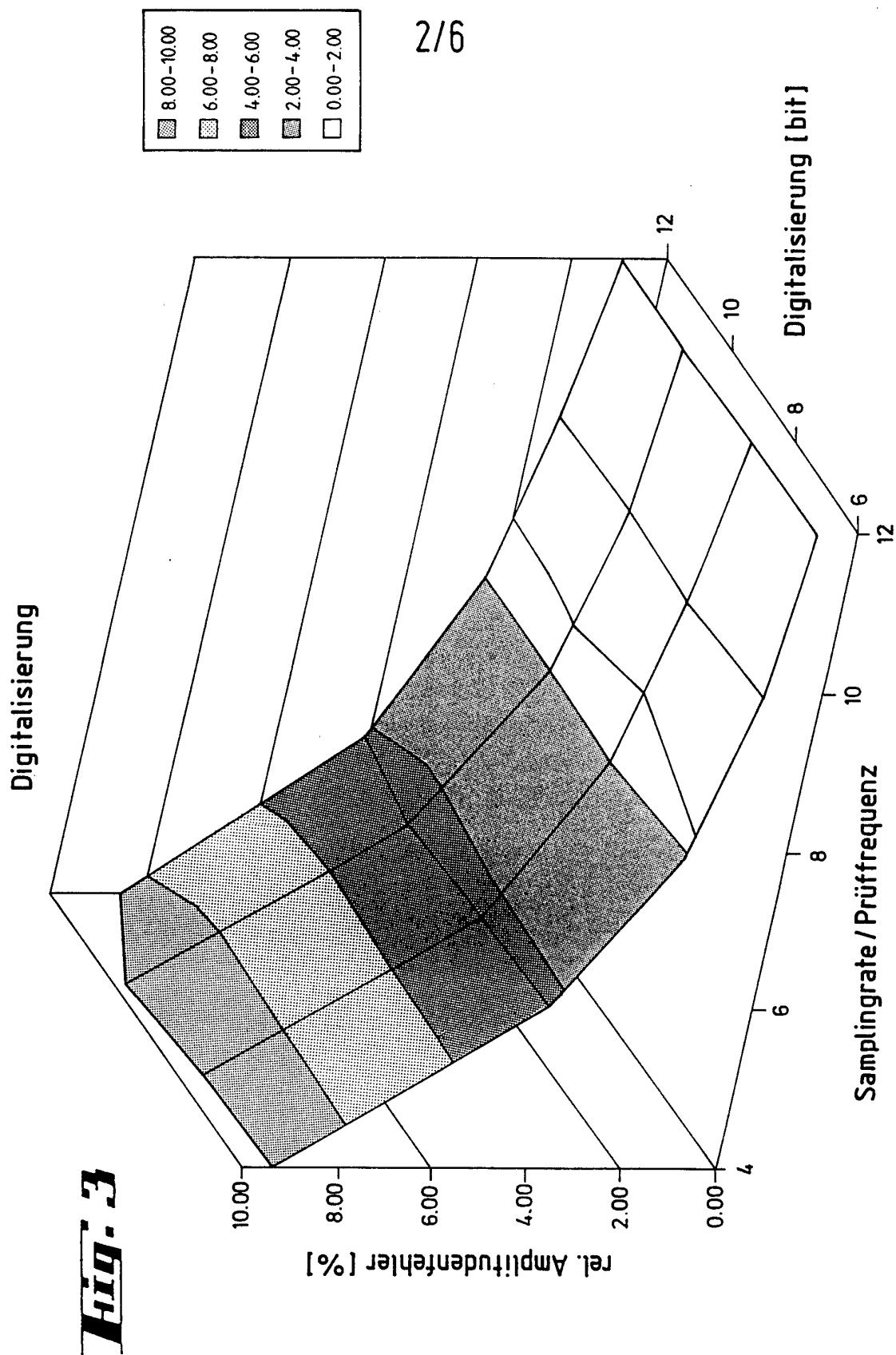
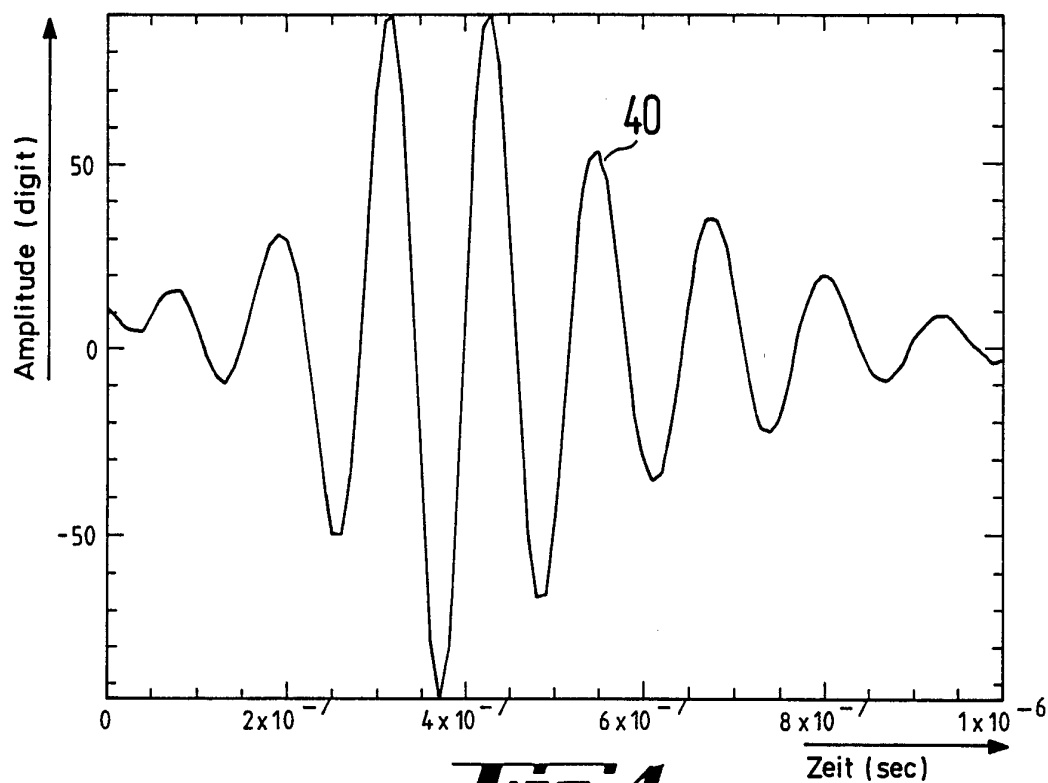
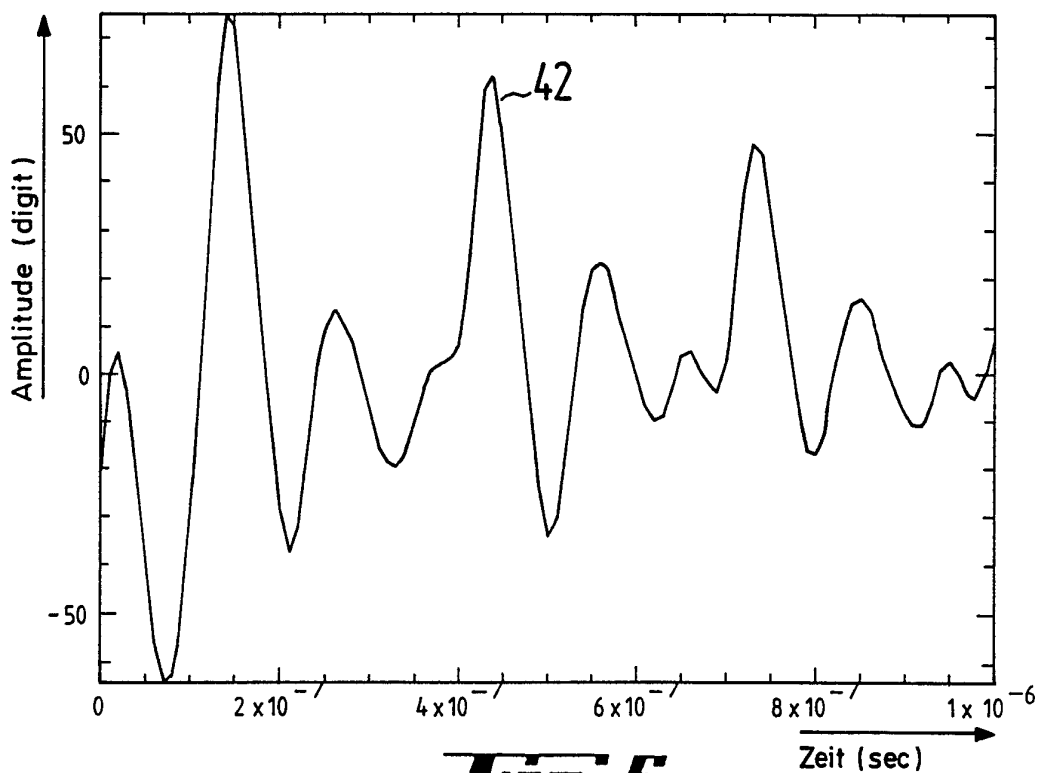


Fig. 2

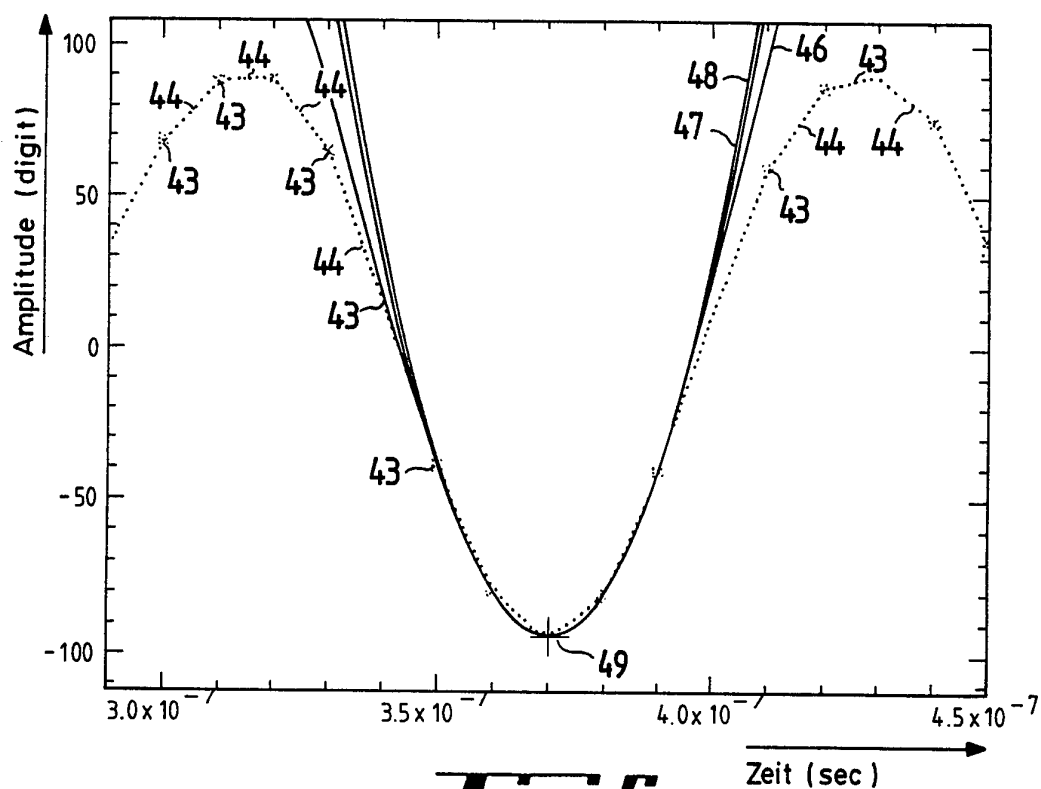
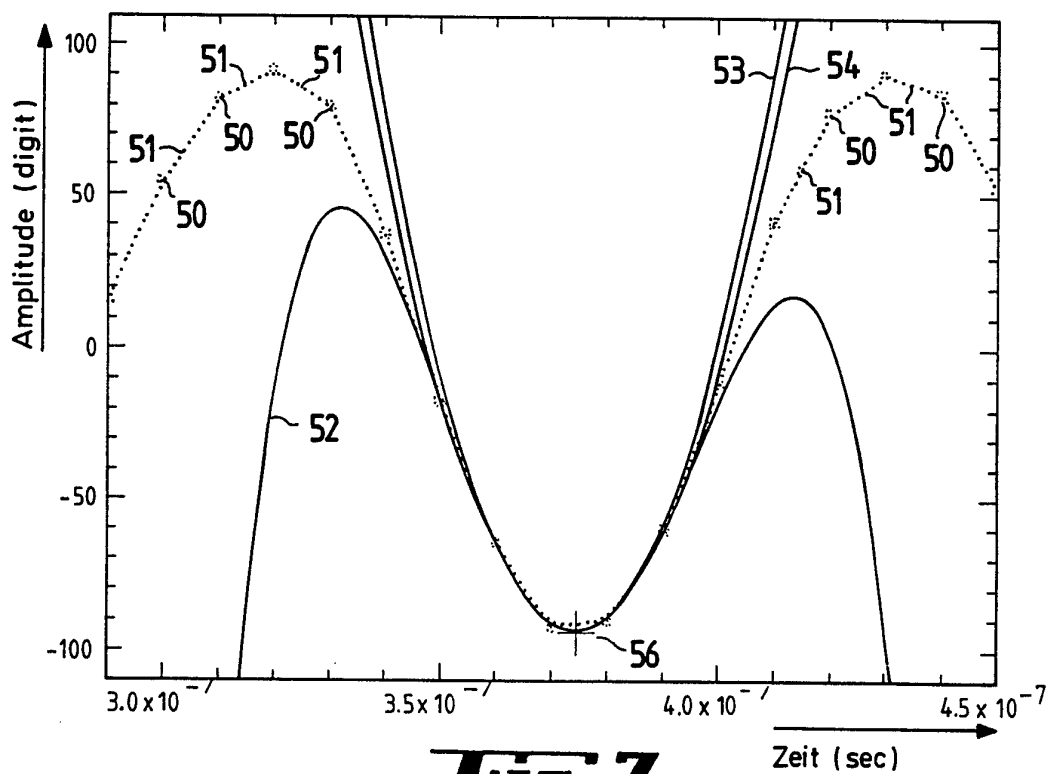
2/6



3/6

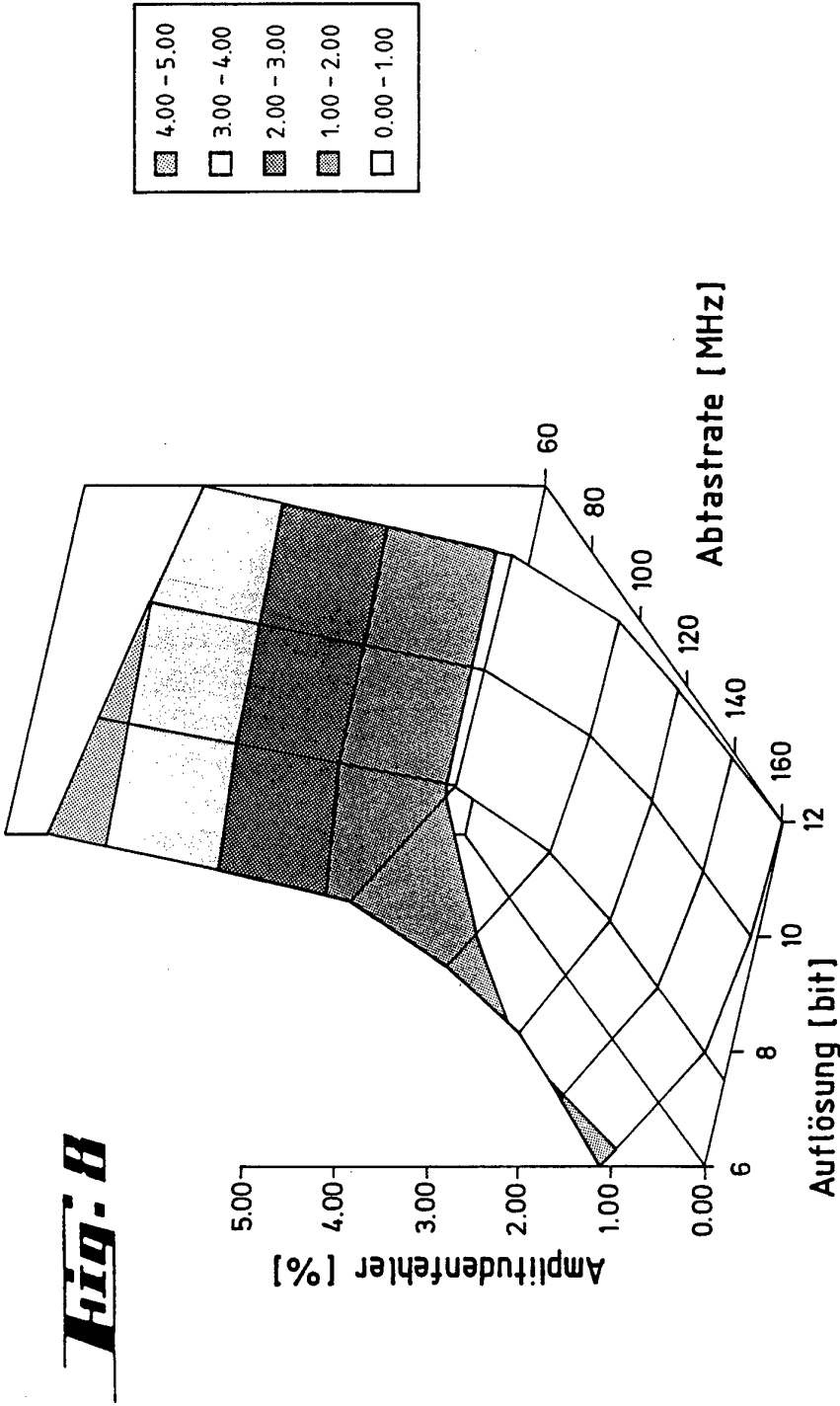
**Fig. 4****Fig. 5**

4/6

**Fig. 6****Fig. 7**

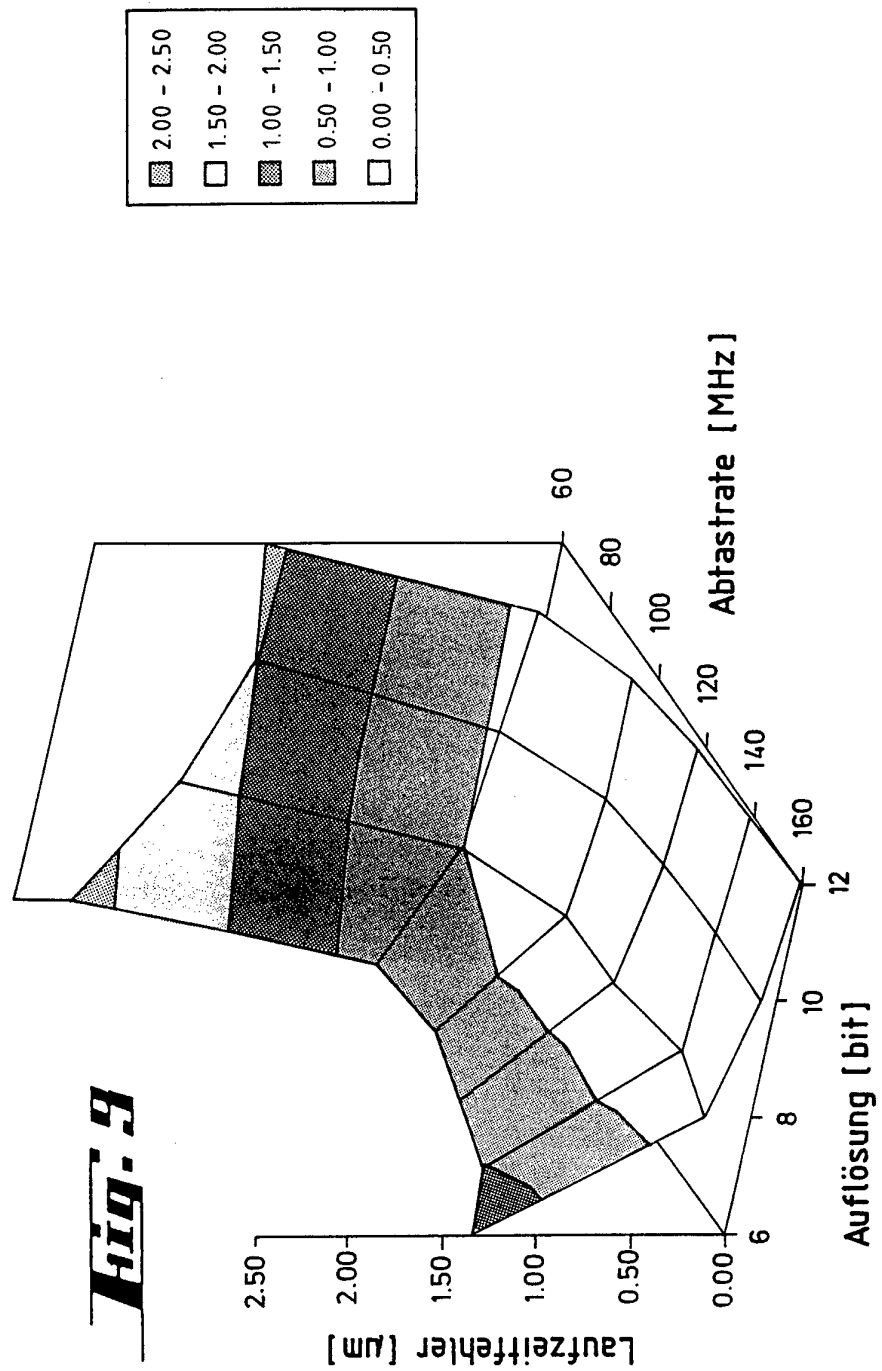
SUBSTITUTE SHEET (RULE 26)

Summe aus Mittelwert und Standardabweichung des Amplitudenfehlers
(Polynom 5ten Grades)



6/6

Summe aus Mittelwert und Standardabweichung des Laufzeitfehlers
(Polynom 5ten Grades)



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/EP 94/01437

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC 5 G01S15/10 G01S7/52 G01N29/22

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 5 G01S G01N

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	SENSORS AND ACTUATORS A, vol.A32, no.1/3, April 1992, LAUSANNE CH pages 550 - 554, XP287373 ROS ET AL. 'Digital techniques improve range measurements with ultrasound sensor' see page 550 - page 552 ---	1,3-7
A	US,A,4 460 890 (BUSBY) 17 July 1984 see abstract; figure 2 ---	1
A	EP,A,0 471 223 (WESTINGHOUSE) 19 February 1992 see abstract -----	1,7

☐ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

* Special categories of cited documents :

- * "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- * "E" earlier document but published on or after the international filing date
- * "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- * "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- * "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

* "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

* "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

* "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

* "&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

31 August 1994

Date of mailing of the international search report

23. 09. 94

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+ 31-70) 340-2040, Tx. 31 651 cpo nl,
Fax: (+ 31-70) 340-3016

Authorized officer

Zaccà, F

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No.

PCT/EP 94/01437

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US-A-4460890	17-07-84	CA-A- 1193014	03-09-85
		DE-A- 3373856	29-10-87
		EP-A, B 0084945	03-08-83
		JP-C- 1756639	23-04-93
		JP-B- 4039811	30-06-92
		JP-A- 58154943	14-09-83

EP-A-0471223	19-02-92	CA-A- 2048930	14-02-92
		JP-A- 4297965	21-10-92

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen
PCT/EP 94/01437

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
IPK 5 G01S15/10 G01S7/52 G01N29/22

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

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierte Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
IPK 5 G01S G01N

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	SENSORS AND ACTUATORS A, Bd.A32, Nr.1/3, April 1992, LAUSANNE CH Seiten 550 - 554, XP287373 ROS ET AL. 'Digital techniques improve range measurements with ultrasound sensor' siehe Seite 550 - Seite 552 ---	1,3-7
A	US,A,4 460 890 (BUSBY) 17. Juli 1984 siehe Zusammenfassung; Abbildung 2 ---	1
A	EP,A,0 471 223 (WESTINGHOUSE) 19. Februar 1992 siehe Zusammenfassung -----	1,7

☐ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Field C zu entnehmen

☒ Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

"E" älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

"I" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderscher Tätigkeit beruhend betrachtet werden

"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderscher Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

31. August 1994

Abscenddatum des internationalen Recherchenberichts

3. 09. 94

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+ 31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+ 31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Zaccà, F

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichung... , die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen
PCT/EP 94/01437

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US-A-4460890	17-07-84	CA-A- 1193014	03-09-85
		DE-A- 3373856	29-10-87
		EP-A, B 0084945	03-08-83
		JP-C- 1756639	23-04-93
		JP-B- 4039811	30-06-92
		JP-A- 58154943	14-09-83

EP-A-0471223	19-02-92	CA-A- 2048930	14-02-92
		JP-A- 4297965	21-10-92
