

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges
Eigentum

Internationales Büro

(43) Internationales
Veröffentlichungsdatum
24. Dezember 2014 (24.12.2014)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2014/202275 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:

G01N 29/04 (2006.01) G01S 15/89 (2006.01)
G01N 29/06 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2014/059318

(22) Internationales Anmeldedatum:
7. Mai 2014 (07.05.2014)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
102013211616.0 20. Juni 2013 (20.06.2013) DE

(71) Anmelder: SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT
[DE/DE]; Wittelsbacherplatz 2, 80333 München (DE).

(72) Erfinder: BÖHM, Rainer; Görziger Straße 43a, 15848
Rietz-Neuendorf (DE). FENDT, Karl; Vogelweideplatz 1,
81677 München (DE). HEINRICH, Werner; Am
Wiesenweg 17, 16727 Oberkrämer OT Bärenklau (DE).
MOOSHOFER, Hubert; Thierschstraße 44, 80538
München (DE).

(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL,

AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW,
BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK,
DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM,
GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP,
KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD,
ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI,
NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU,
RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH,
TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA,
ZM, ZW.

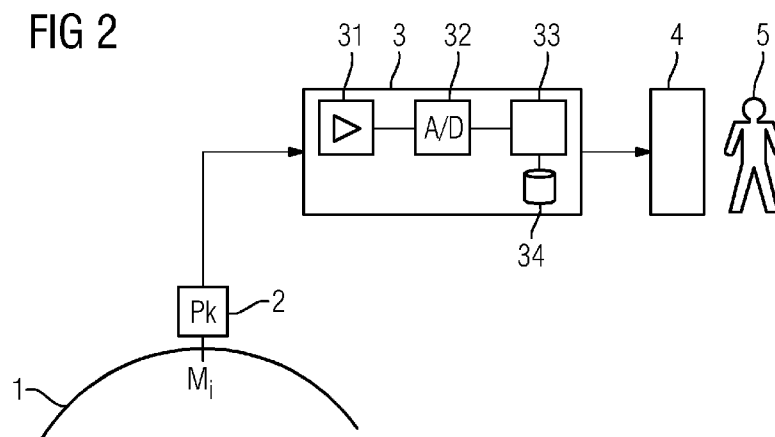
(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW,
GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ,
TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ,
RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH, CY,
CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT,
LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE,
SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA,
GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

— mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz
3)

(54) Title: METHOD AND DEVICE FOR EVALUATING DEFECT VARIABLES BY MEANS OF A SAFT (SYNTHETIC
APERTURE FOCUSING TECHNIQUE) METHOD

(54) Bezeichnung : VERFAHREN UND VORRICHTUNG ZUR DEFLEKTGRÖSSENBEWERTUNG MITTELS SAFT
(SYNTHETIC APERTURE FOCUSING TECHNIQUE)



(57) Abstract: The invention relates to a method and a device for evaluating defect variables in an object to be tested during an ultrasonic test. In the process, the invention also allows a controlled detection of defect variables on the basis of the SAFT method in particular. For this purpose, defects in an object to be tested are simulated on the basis of a specified test scenario, and the simulations are compared with real detected measurement values.

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung für eine Defektgrößenbewertung von Defekten in einem Prüfobjekt bei einer Ultraschallprüfung. Dabei ermöglicht die vorliegende Erfindung insbesondere auch eine gezielte Bestimmung von Defektgrößen basierend auf der SAFT-Methode. Hierzu werden basierend auf einem vorgegebenen Prüfzenario Defekte in einem Prüfobjekt simuliert und diese Simulationen mit real erfassten Messwerten verglichen.

WO 2014/202275 A1

Beschreibung

VERFAHREN UND VORRICHTUNG ZUR DEFECTGRÖSSENBEWERTUNG MITTELS SAFT (SYNTHETIC APERTURE FOCUSSED TECHNIQUE)

- 5 Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Defektgrößenbewertung von einem Defekt innerhalb eines Prüfobjekts und insbesondere zur Defektgrößenbewertung von einem Defekt mittels Ultraschall.
- 10 Prüfobjekte wie beispielsweise maschinelle Bauteile oder ähnliches werden nach ihrer Herstellung dahingehend geprüft, ob sie Defekte, wie zum Beispiel kleine Hohlräume oder Risse aufweisen. Eine solche Prüfung erfolgt dabei vorzugsweise mittels Ultraschall. Für eine solche Ultraschallprüfung ist
- 15 das sogenannte SAFT (Synthetic Aperture Focussing Technique)-Verfahren bekannt, um auch sehr kleine Defekte innerhalb des Prüfobjektes zu detektieren und von anderen Defekten abzugrenzen. Das SAFT-Verfahren ermöglicht eine Verbesserung der lateralen Defektauflösung, der Defekttrennung und des SNR
- 20 (Signal-Rausch-Verhältnis) bei der Ultraschallprüfung.

Von zentraler Bedeutung für die Beurteilung der Prüfergebnisse ist dabei die Bewertung der Größe von Defekten, anhand deren Zulässigkeit bestimmt wird. Bei Defekten, die im Ver-

25 gleich zu der verwendeten Ultraschall-Wellenlänge groß sind, kann dabei das Ergebnis der SAFT-Auswertung direkt ausgemessen werden. Dagegen ist eine Bewertung von kleinen Defekten bei Einsatz des SAFT-Verfahrens nur eingeschränkt möglich.

- 30 Zur Größenbewertung kleiner Defekte sind bei der klassischen Ultraschallprüfung beispielsweise die sogenannte Vergleichskörpermethode und das AVG (Abstand-Verstärkung-Größe)-Verfahren bekannt. Dabei wird aus der maximalen Echoamplitude eine sogenannte Ersatzfehlergröße bestimmt, die ein idealisierter Reflektor dieser Größe verursachen würde. Bei der
- 35 Vergleichskörpermethode werden in einem Vergleichskörper mit den gleichen Ultraschalleigenschaften wie das Prüfobjekt gezielt Testfehler in unterschiedlichem Abstand zur Messfläche

eingebraucht und daraus eine Echoamplitude in Abhängigkeit vom Schallweg bestimmt. Alternativ hierzu kann bei der AVG-Methode die Echoamplitude in Abhängigkeit vom Schallweg aus einem vom Prüfkopfhersteller gelieferten AVG-Diagramm abgeleitet werden.

Im Gegensatz zu der klassischen Ultraschallprüfung sind die Ergebnisse des SAFT-Verfahrens Amplitudensummen, also Summen von Amplitudenwerten der Ultraschallechos. Abhängig von Prüfobjekt, Prüfraster (d.h. der Anordnung der Messpunkte auf dem Prüfobjekt) und Prüfkopf bestehen diese Amplitudensummen aus unterschiedlich vielen Beiträgen, die sowohl Echos von Hauptstrahlen als auch von Nebenstrahlen des Prüfkopf-Schallbündels umfassen können. Daher lassen sich die konventionellen Methoden zur Größenbewertung kleiner Defekte nicht auf das SAFT-Verfahren übertragen.

Die Druckschrift EP 2 147 300 A1 beschreibt ein modifiziertes SAFT-Verfahren, bei dem die SAFT-Amplitudensummen so berechnet werden, dass sie mit der klassischen Echoamplitude vergleichbar sind. Die zu untersuchenden Defekte dürfen dabei einerseits jedoch nicht zu klein sein, damit eine klassische Amplitudenbewertung zulässig ist. Andererseits müssen die Defekte jedoch klein genug sein, damit die Reflektion richtungsunabhängig ist. Andernfalls würde eine Unterbewertung der Defekte erfolgen.

Es ist daher eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Defektgrößenbewertung von einem Defekt innerhalb eines Prüfobjekts zu schaffen, das die oben genannten Nachteile und Einschränkungen vermeidet und eine breit einsetzbare Defektgrößenbewertung in der Größenordnung der Wellenlänge und darunter ermöglicht.

Gemäß einem Aspekt schafft die Erfindung ein Verfahren zur Defektgrößenbewertung von einem Defekt innerhalb eines Prüfobjekts mit den Schritten des Ermitteln eines Messdatensatzes des Prüfobjekts; des Durchführens einer SAFT (Synthetic

Aperture Focussing Technique)-Auswertung des ermittelten Messdatensatzes; des Berechnens von Ultraschall-Echosignalen für eine Mehrzahl von Defektgrößen in dem Prüfobjekt; des Durchführens einer SAFT-Auswertung für die berechneten Ultraschall-Echosignale jeder der Mehrzahl von Defektgrößen; und des Bewertens einer Defektgröße in der SAFT-Auswertung des ermittelten Messdatensatzes unter Verwendung der SAFT-Auswertung der berechneten Ultraschall-Echosignale.

10 Gemäß einem weiteren Aspekt schafft die Erfindung eine Vorrichtung zur Defektgrößenbewertung von einem Defekt innerhalb eines Prüfobjekts mit einem Prüfkopf zum Einschallen eines Ultraschallsignals an verschiedenen Messpunkten in das Prüfobjekt zur Ermittlung mindestens eines Messdatensatzes; und
15 einer Auswerteeinheit, die dazu ausgelegt ist, eine SAFT-Auswertung des ermittelten Messdatensatzes durchzuführen, Ultraschall-Echosignale für eine Mehrzahl von Defektgrößen in dem Prüfobjekt zu berechnen, eine SAFT-Auswertung für die berechneten Ultraschall-Echosignale jeder der Mehrzahl von Defektgrößen durchzuführen, und eine Defektgröße in der SAFT-Auswertung des ermittelten Messdatensatzes unter Verwendung der SAFT-Auswertung der berechneten Ultraschall-Echosignale zu bewerten.

25 Es ist eine Idee der vorliegenden Erfindung, Amplitudensummen für Defekte abgestufter Größen an repräsentativen Defektpositionen durch SAFT-Auswertung simulierter Ultraschall-Echosignale zu berechnen und durch einen Vergleich mit den Amplitudensummen, die aus der SAFT-Auswertung der Prüfdaten hervorgehen, die Größe von solchen Defekten zu bewerten, die im
30 Vergleich zu der eingesetzten Ultraschall-Wellenlänge klein sind oder in derselben Größenordnung liegen.

Die erfindungsgemäße Defektgrößenbewertung bietet den Vorteil, dass auch Defekte, die bei einer klassischen Ultraschallprüfung im Rauschen untergehen würden, nun detektiert und bewertet werden können.

Ein weiterer Vorteil besteht darin, dass nahe benachbarte Defekte als einzelne Defekte bewertet werden können, bei denen bisher nur eine gemeinsame Bewertung möglich war. Eine Materialprüfung mit einer erfindungsgemäßen Defektgrößenbewertung liefert somit mehr Informationen über die Materialqualität und ermöglicht eine Prüfung bzw. Selektion von Bauteilen, die für besonders hohe Belastungen ausgelegt sein müssen, wie dies beispielsweise im Energiemaschinenbau, der Luftfahrt oder in der Eisenbahn der Fall ist.

Eine mögliche Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens umfasst ferner einen Schritt zum Ermitteln einer Defektposition in dem Prüfobjekt aus der SAFT-Auswertung des ermittelten Messdatensatzes, wobei der Schritt zum Berechnen von Ultraschall-Echosignalen die Ultraschall-Echosignale für einen Defekt an der ermittelten Defektposition im Prüfobjekt berechnet.

Dies bietet den Vorteil, dass die Berechnung von simulierten Ultraschall-Echosignalen und die nachgeschaltete SAFT-Auswertung auf Positionen beschränkt werden, bei denen sich im Prüfobjekt tatsächlich ein Defekt befindet.

Bei einer alternativen Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens berechnet der Schritt zum Berechnen von Ultraschall-Echosignalen die Ultraschall-Echosignale für Defekte an einer Mehrzahl von Positionen innerhalb des Prüfobjekts und führt für jede berechnete Defektposition eine SAFT-Auswertung der berechneten Ultraschall-Echosignale durch.

Werden diese Simulationen der Defekte im Prüfobjekt bereits vor der tatsächlichen Untersuchung des Prüfobjektes durchgeführt, kann der Rechenaufwand während der Objektprüfung minimiert werden.

Bei einer weiteren möglichen Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens werden in dem Schritt zum Berechnen von Ultraschall-Echosignalen die Ultraschall-Echosignale für ein

Prüfobjekt mit einer Mehrzahl von Defekten innerhalb des Prüfobjekts berechnet.

5 Die hat den Vorteil, dass die Durchführung der SAFT-Auswertung für die berechneten Ultraschallsignale innerhalb eines Schrittes erfolgt.

10 Bei einer weiteren Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens werden in dem Schritt zum Berechnen von Ultraschall-Echosignalen die Ultraschall-Echosignale für eine Mehrzahl von Prüfobjekten mit jeweils mindestens einem Defekt berechnet.

15 Bei einer weiteren möglichen Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens wird zur Bewertung der Defektgröße eine Ortsinterpolation und/oder eine Defektgrößeninterpolation der SAFT-Auswertungen der berechneten Ultraschall-Echosignale durchgeführt.

20 Dies bietet den Vorteil, dass auf Basis einer relativ geringen Anzahl von simulierten Defekten in dem Prüfobjekt eine sehr genaue Aussage über die Defektgröße und/oder Defektposition getroffen werden kann.

25 Eine mögliche weitere Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens umfasst ferner einen Schritt zum Bereitstellen von Parametern eines Prüf szenarios, wobei der Schritt zum Berechnen von Ultraschall-Echosignalen für eine Mehrzahl von Defektgrößen in dem Prüfobjekt unter Verwendung der bereitgestellten Parameter des Prüf szenarios durchgeführt wird.

35 Solche Parameter für das Prüf szenario können beispielsweise das Material oder die Geometrie des Prüfobjekts, ein Prüfraster oder Prüfkopfparameter sein. Solche Parameter für das Prüf szenario können beispielsweise Prüfkopfparameter, Angaben über ein Prüfraster, das Material und/oder die Geometrie des Prüfobjekts sein.

Hierdurch wird vorteilhafterweise eine genaue Berechnung der Ultraschall-Echosignale für die jeweiligen Defekte ermöglicht.

5 Eine weitere mögliche Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens umfasst ferner einen Schritt zum Bereitstellen von externen Zusatzinformationen über einen Defekt innerhalb des Prüfbobjekts, wobei der Schritt zur Bewertung einer Defektgröße die Defektgröße unter Verwendung der bereitgestellten externen Zusatzinformationen bewertet.

Liegen beispielsweise weitere Daten über das Prüfbobjekt und/oder den konkreten Messaufbau vor, so können diese vorteilhafterweise mit in den Prüfprozess, insbesondere in die Defektgrößenbewertung miteinfließen.

In einer speziellen Ausführungsform sind die Zusatzinformationen Informationen über die Orientierung des Defekts in dem Prüfbobjekt.

20 In einer möglichen weiteren Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens wird eine Mehrzahl von Messdatensätzen ermittelt, und die SAFT-Auswertung unter Verwendung der Mehrzahl von ermittelten Messdatensätzen durchgeführt.

25 Auf diese Weise kann durch diese Prüfung des Prüfbobjekts mit mehreren einzelnen Messdatensätzen die Genauigkeit der Prüfung noch weiter verbessert werden. Beispielsweise können mehrere Messdatensätze mit unterschiedlichen Einschallwinkeln durchgeführt werden.

Bei einer möglichen weiteren Ausführungsform der erfindungsgemäßen Vorrichtung umfasst die Auswerteeinheit ferner eine Speichervorrichtung, die dazu ausgelegt ist, Amplitudensummen aus der SAFT-Auswertung für die berechneten Ultraschall-Echosignale zu speichern, wobei die Auswerteeinheit dazu ausgelegt ist, die gespeicherten Amplitudensummen für die berechneten Ultraschall-Echosignale aus der Speichereinheit auszu-

lesen und die ausgelesenen Amplitudensummen für die Bewertung der Defektgröße in der SAFT-Auswertung des ermittelten Messdatensatzes anzupassen.

- 5 Dies hat den Vorteil, dass auch bereits die Simulationsergebnisse von Defekten aus vorherigen Simulationen weiter verwendet und gegebenenfalls angepasst werden können.

10 Im Folgenden werden mögliche Ausführungsformen der erfindungsgemäßen Vorrichtung und des erfindungsgemäßen Verfahrens zur Defektgrößenbewertung von einem Defekt innerhalb eines Prüfobjekts unter Bezugnahme auf die beigefügten Figuren näher erläutert.

15 Es zeigen:

Fig. 1: ein Diagramm zur Erläuterung der Funktionsweise des erfindungsgemäßen Verfahrens und der erfindungsgemäßen Vorrichtung zur Defektgrößenbewertung gemäß eines Ausführungsbeispiels der vorliegenden Erfindung;

20

Fig. 2: ein Blockschaltbild zur Darstellung eines Ausführungsbeispiels der erfindungsgemäßen Vorrichtung zur Defektgrößenbewertung; und

25

Fig. 3: ein Ablaufdiagramm zur Darstellung eines Ausführungsbeispiels des erfindungsgemäßen Verfahrens zur Defektgrößenbewertung.

30

Figur 1 zeigt schematisch ein Ausführungsbeispiel der erfindungsgemäßen Vorrichtung zur Defektgrößenbewertung von einem Defekt 10 innerhalb eines Prüfobjekts 1. In dem dargestellten Beispiel ist das Prüfobjekt 1 zylinderförmig bzw. rotations-symmetrisch ausgebildet. Prüfobjekte 1 mit einer hiervon abweichenden Geometrie sind jedoch ebenso möglich. Der Prüfkopf 2 kann in seiner Lage relativ zu dem Prüfobjekt 1 verändert werden. Hierzu kann beispielsweise der Prüfkopf 2 an der

35

Oberfläche des Prüfobjekts 1 entlang bewegt werden. Alternativ kann das Prüfobjekt 1 relativ zu dem Prüfkopf 2 bewegt werden. Auf diese Weise gelangt der Prüfkopf 2 zu verschiedenen Messpunkten M_i . Der Prüfkopf 2 dient dabei zum Einschallen eines Ultraschallsignals an den verschiedenen Messpunkten M_i des Prüfobjekts 1. Dabei wird zur Ermittlung eines Messdatensatzes jeweils das Ultraschallsignal mit einem bestimmten Einschallwinkel in das Prüfobjekt 1 eingeschallt. Der Einschallwinkel kann dabei zur Ermittlung verschiedener Messdatensätze für jeden Messdatensatz variiert werden. Der Einschallwinkel des Prüfkopfs 2 kann beispielsweise mittels Keilen, die zwischen dem Prüfkopf 2 und dem Prüfobjekt 1 angebracht werden, variiert werden. Ferner kann der Einschallwinkel auch durch zeitversetzte Ansteuerung des Prüfkopfs 2 verändert werden, wenn es sich bei dem Prüfkopf 2 um einen Gruppenstrahler oder ähnliches handelt. Grundsätzlich ist es dabei auch möglich, dass anstelle eines Prüfkopfes 2, der gleichzeitig als Sender und Empfänger der Ultraschallsignale dient, für das Aussenden der Ultraschallsignale und den Empfang der Echosignale separate Komponenten verwendet werden können. Die aufgenommenen Zeitsignale werden über eine Signalleitung zu einer Auswerteeinheit 3 übertragen. An diese Auswerteeinheit 3 ist beispielsweise eine Anzeigeeinheit 4 für einen Prüfer 5 angeschlossen.

Die Auswerteeinheit 3 führt für jeden ermittelten Messdatensatz eine SAFT (Synthetic Aperture Focussing Technique)-Auswertung durch. Die Ergebnisse dieser SAFT-Auswertung können daraufhin nach einer geeigneten Aufbereitung an der Anzeigevorrichtung 4 dargestellt werden. Diese Aufbereitung der SAFT-Auswertung umfasst dabei beispielsweise die Defektgrößenbewertung, wie sie nachfolgend näher erläutert wird. Dabei können auch mehrere Messdatensätze für ein Prüfobjekt 1 erfasst und ausgewertet werden. Vorzugsweise werden dabei alle SAFT-Auswerteergebnisse der einzelnen Messdatensätze basierend auf einem gemeinsamen Rekonstruktionsgitter aufbereitet.

Weist das Prüfobjekt 1 dabei einen im Vergleich zur verwendeten Wellenlänge relativ großen Defekt 10 auf, so kann die Größe dieses Defekts 10 direkt ausgemessen werden. Beispielsweise kann hierzu mittels Halbwertmethode eine Größenbewertung durchgeführt werden.

Bei relativ kleinen Defekten ist eine solche direkte Größenbestimmung nicht möglich. Der Übergang, bei dem eine direkte Defektgrößenbewertung nicht mehr möglich ist, ist dabei fließend. Insbesondere wird jedoch ist bei Defekten deren Größe kleiner oder gleich der Wellenlänge der verwendeten Ultraschallfrequenz ist als schwierig bis nicht mehr möglich. Eine Defektgrößenbewertung von solch kleinen Defekten erfolgt daher durch Gegenüberstellung von Simulationsergebnissen mit Messwerten. Hierzu führt die Auswerteeinheit 3 für verschiedene Defekte abgestufter Größe und für verschiedene Defektpositionen im Prüfobjekt 1 eine Simulation von Echosignalen für das auszuwertende Prüfscenario durch. Als Eingangsparameter erhält die Auswerteeinheit 3 hierzu eine möglichst detaillierte Beschreibung des Prüfscenarios. Diese Beschreibung des Prüfscenarios umfasst beispielsweise Parameter wie Material und/oder Geometrie des Prüfobjekts 1, das Prüfraster, das dieser Messung zugrunde liegt, sowie die bekannten Prüfkopfparameter des Prüfkopfs 2. Weitere verfügbare Informationen und auch gegebenenfalls weitere zusätzliche Informationen über das Prüfobjekt 1 sowie die Rahmenbedingungen der Prüfumgebung können ebenfalls in den Simulationsprozess mit einfließen.

Basierend auf den zur Verfügung gestellten Informationen über das Prüfscenario führt die Auswerteeinheit 3 eine Simulation der Echosignale aus. Dabei berechnet die Auswerteeinheit 3 die möglichen Ultraschall-Echosignale für verschiedene Größen und/oder verschiedene Positionen eines Defekts 10 innerhalb des Prüfobjekts 1. Die Simulationen der Ultraschall-Echosignale können dabei mittels bekannter konventioneller Simulationsverfahren berechnet werden, die dazu geeignet sind, die Schallausbreitung in dem Material des Prüfobjekts 1, die

Eigenschaft des Prüfkopfs 2 sowie die Ultraschallreflektion in dem Material in geeigneter Weise zu simulieren. Solche Simulationsverfahren können beispielsweise strahlen- oder gitterbasierte Verfahren, wie zum Beispiel Punktquellensynthese, Elastodynamische Finite Integrationstechnik (EFIT) oder Finite Elemente (FE)-Methode sein. Andere Simulationsverfahren, die dazu geeignet sind, die Ultraschall-Echosignale für einen Defekt 10 innerhalb des Prüfobjekts 1 in geeigneter Weise zu berechnen, sind jedoch ebenso möglich.

Die Auswerteeinheit 3 berechnet dabei für mögliche Defekte innerhalb des Prüfobjekts 1 die Ultraschall-Echosignale für verschieden große Defekte 10. Die Defekte 10, wie sie dieser Berechnung zugrunde liegen, können dabei beispielsweise oberflächenparallel ausgerichtet sein. Alternative Orientierungen der Defekte 10 sind jedoch ebenso möglich. Weiterhin kann auch die Geometrie des für die Berechnung zugrunde liegenden Defekts 10 in geeigneter Weise gewählt werden. So ist es beispielsweise möglich, die angenommenen Defekte als Kreisscheiben oder sphärische Defekte anzunehmen. Solche kreis- oder kugelförmigen Defekte als Grundlage für die Simulation haben den Vorteil, dass bei der später folgenden Bewertung der Defektgrößen die jeweilige Defektgröße auf solche standardisierten Formen wie einen Kreis oder eine Kugel bezogen werden kann. Darüber hinaus ist jedoch ebenso auch eine beliebige andere Geometrie für die Defekte möglich, die der Simulation zugrunde gelegt werden kann.

Ist die Position eines Defekts 10 innerhalb des Prüfobjekts 1 bereits vorab bekannt, so kann die Berechnung der simulierten Ultraschall-Echosignale auch diese bereits bekannten Defektposition begrenzt werden. Somit kann der erforderliche Rechenaufwand minimiert werden. Die Bestimmung der Defektposition innerhalb des Prüfobjekts 1 kann bereits durch eine vorgelagerte Auswertung eines oder mehrerer Messdatensätze erfolgen.

Nach der Simulation der Ultraschall-Echosignale für verschiedene Defektgrößen erfolgt eine SAFT-Auswertung der berechneten Simulationsergebnisse in der Umgebung der Defektpositionen. Anschließend werden die Maxima der Amplitudensummen der SAFT-Auswertung in der Umgebung der Defektpositionen bestimmt. Diese Amplitudensummen der Simulationsergebnisse für unterschiedliche Defektgrößen und gegebenenfalls unterschiedliche Defektpositionen werden anschließend in einer Bewertungsmatrix zusammengestellt. Zur Verringerung des Rechenaufwands und des erforderlichen Speicherbedarfs, kann dabei die Abstufung der Defektgrößen und/oder der Defektpositionen während der Simulation in einem relativ groben Raster erfolgen. Das heißt, es ist während der Berechnung der Simulationsergebnisse nicht erforderlich, für jede mögliche Defektgröße und/oder jede mögliche Gitterposition innerhalb des Prüfobjekts 1 eine separate Simulation der Ultraschall-Echosignale und nachgeschalteten SAFT-Auswertung durchzuführen. Vielmehr ist es durch geeignete Interpolation möglich, nachträglich eine feinere Abstufung zu erreichen. Hierzu ist grundsätzlich jedes mögliche Interpolationsverfahren möglich.

Insbesondere bietet es sich für die Ortsinterpolation von Defekten 10 innerhalb des Prüfobjekts 1 an, eine lineare Interpolation zwischen den einzelnen Defektpositionen anzuwenden. Für die Interpolation der Amplitudensummen in Bezug auf unterschiedliche Defektgrößen sind dabei besonders lineare Interpolationen im doppellogarithmischen Maßstab bzw. quadratische Interpolationen besonders vorteilhaft, da diese die typischen Abhängigkeiten zwischen Ersatzfehlergröße und Amplitudensummen im Falle flächiger Ersatzfehler besonders gut berücksichtigen. Aber auch hier sind grundsätzlich andere Interpolationsarten möglich. Die Amplitudensummen, die aus der SAFT-Auswertung des ermittelten Messdatensatzes hervorgehen, werden daraufhin unter Verwendung der SAFT-Auswertungen der berechneten Ultraschall-Echosignale, beispielsweise unter Verwendung der erstellten Bewertungsmatrix analysiert. Dabei kann für die SAFT-Auswertung eines ermittelten Messdatensatzes die Defektgröße und die Defektposition bestimmt werden,

die den Werten der Bewertungsmatrix am Nächsten kommen. Zur weiteren Präzisierung kann dabei eine geeignete Interpolation erfolgen.

5 Figur 2 zeigt ein Ausführungsbeispiel der erfindungsgemäßen Vorrichtung zur Defektgrößenbewertung von einem Defekt 10 innerhalb eines Prüfobjekts 1. Zur Ermittlung eines Messdatensatzes des Prüfobjekts 1 mittels eines Prüfkopfs 2 wird ein Ultraschallsignal bei den Messpunkten M_i in das Prüfobjekt 1
10 eingeschallt. Die an den verschiedenen Messpunkten M_i von dem Prüfobjekt 1 zurückreflektierten Ultraschall-Echosignale werden durch den Prüfkopf 2 erfasst und als Zeitsignal für den jeweiligen Messpunkt M_i an die Auswerteeinheit 3 übertragen. Das empfangene Ultraschall-Echosignal für den jeweiligen
15 Messpunkt M_i wird durch einen Signalverstärker 31 verstärkt und durch einen Analog-Digital-Wandler 32 der Auswerteeinheit 3 zu Messpunkt-Echodaten digitalisiert, die den Messdatensatz des Prüfobjekts 1 bilden. Der Messdatensatz kann anschließend in einer Datenverarbeitungseinheit 33, beispielsweise in einem Prozessor oder ähnlichem, ausgewertet und verarbeitet
20 werden. Die Datenverarbeitungseinheit 33 führt für jeden Messdatensatz eine SAFT-Auswertung durch. Weiterhin erfolgt in der Datenverarbeitungseinheit 33 eine Berechnung der Ultraschall-Echosignale innerhalb des Prüfobjekts, wobei verschiedene Defektgrößen und gegebenenfalls auch verschiedene Defektpositionen simuliert werden. Basierend auf diesen simulierten Ultraschall-Echosignalen wird ebenfalls in der Datenverarbeitungseinheit 33 eine SAFT-Auswertung der berechneten Ultraschall-Echosignale durchgeführt. Die so gewonnenen Amplitudensummen der SAFT-Auswertung der berechneten Ultra-
25 schall-Echosignale werden in einer Bewertungsmatrix zusammengefasst.

Anschließend werden detektierte kleinere Defekte 10 innerhalb
35 des Prüfobjekts 1 beispielsweise basierend auf einer zuvor beschriebenen Bewertungsmatrix durch die Datenverarbeitungseinheit 33 bewertet. Die SAFT-Auswertung und insbesondere die

Defektgrößenbewertung können anschließend auf einer Anzeigevorrichtung 4 für einen Benutzer 5 dargestellt werden.

Wie zuvor beschrieben, kann dabei die Berechnung des Simulationsergebnisses bereits eine Defektposition aus der SAFT-Auswertung der Messdaten mit einbeziehen. Um die Wartezeit aufgrund des hohen Simulationsaufwandes während der Auswertung zu reduzieren, können die Simulation und die Erstellung der Bewertungsmatrix auch bereits vorab erfolgen. Zu diesem Zeitpunkt ist jedoch noch keine konkrete Defektposition bekannt. Es muss in diesem Fall daher auch die Defektposition innerhalb des Prüfobjektes während der Simulation variiert werden und eine Simulation für die verschiedenen Defektpositionen durchgeführt werden, da die Vergleichsgröße zur der Bewertung der Defektgröße positionsabhängig ist.

Der Rechenaufwand kann dabei reduziert werden, indem eine bereits zuvor berechnete Bewertungsmatrix in einer Speichervorrichtung 34 abgespeichert wird, und diese zuvor abgespeicherte Bewertungsmatrix für nachfolgende Auswertungen und Bewertungen von Defektgrößen mehrfach verwendet werden.

Sollte sich bei einer nachfolgenden Prüfung das Prüfscenario leicht ändern, so kann dennoch ausgehend von einer zuvor erstellten Bewertungsmatrix durch geeignete Interpolation und/oder durch Rechenoperationen auf Basis der zuvor gespeicherten Bewertungsmatrix eine neue verfeinerte oder angepasste Bewertungsmatrix mit reduziertem Rechenaufwand erstellt werden. Insbesondere wenn ein Formelzusammenhang zwischen verschiedenen unterschiedlichen Prüfscenarien bekannt ist, so kann aus zuvor erstellten Bewertungsmatrizen mit reduziertem Rechenaufwand eine neue Bewertungsmatrix für ein angepasstes Prüfscenario abgeleitet werden. Beispielsweise bewirkt eine Verfeinerung des Prüfrasters eine entsprechende Vervielfachung der Amplitudensummen.

Weiterhin ist es auch möglich, bei der SAFT-Auswertung die Beiträge verschiedener Messpunkte unterschiedlich zu gewich-

ten. Beispielsweise kann eine unterschiedliche Gewichtung in Abhängigkeit von der Richtung vom Messpunkt zum auszuwertenden Punkt erfolgen. In diesem Fall werden die Beiträge der SAFT-Auswertung im Rahmen der Simulation in gleicher Weise gewichtet, wie dies bei der Auswertung der Messdaten der Fall ist.

Es ist beispielsweise möglich, mehrere Simulationen Ultraschall-Echosignale für Prüfobjekte mit jeweils einem Defekt durchzuführen und diese Simulationen anschließend auszuwerten. Alternativ ist es jedoch ebenso möglich, ein Prüfobjekt mit mehreren Defekten zu simulieren. In diesem Fall muss jedoch ein ausreichender Abstand zwischen den einzelnen Defekten sichergestellt sein, um eine gegenseitige Beeinflussung dieser Defekte zu vermeiden. Ferner ist es auch möglich, die zuvor genannten beiden Verfahren zu kombinieren. In diesem Fall können jeweils separat mehrere Prüfobjekte mit einer vorgegebenen Anzahl von Defekten simuliert werden und ausgewertet werden.

Figur 3 zeigt ein Ablaufdiagramm zur Darstellung eines Ausführungsbeispiels des erfindungsgemäßen Verfahrens zur Defektgrößenbewertung von einem Defekt innerhalb eines Prüfobjekts 1.

In einem Schritt S1 wird zunächst mindestens ein Messdatensatz eines Prüfobjekts 10 ermittelt.

In einem weiteren Schritt S2 wird für jeden ermittelten Messdatensatz eine SAFT-Auswertung durchgeführt.

Weiterhin wird in Schritt S3 eine Berechnung von Ultraschall-Echosignalen für eine Mehrzahl von Defektgrößen in dem Prüfobjekt 1 durchgeführt. Die Defektgröße wird dabei innerhalb eines vorgegebenen Wertebereiches in Stufen variiert. Vorzugsweise handelt es sich dabei um Defektgrößen, die im Vergleich zu der verwendeten Wellenlänge der Ultraschallsignale klein oder zumindest nicht wesentlich größer sind und daher

auf konventionelle Weise keine direkte Größenbestimmung möglich ist. Für die in Schritt S3 berechneten Ultraschall-Echosignale erfolgt daraufhin in Schritt S4 eine SAFT-Auswertung für alle berechneten Ultraschall-Echosignale der einzelnen Defektgrößen.

In Schritt S5 erfolgt eine Bewertung der Defektgröße in der SAFT-Auswertung des ermittelten Messdatensatzes unter Verwendung der SAFT-Auswertung der berechneten Ultraschall-Echosignale. Diese Bewertung der Defektgrößen kann zum Beispiel durch Vergleich der SAFT-Auswertung des ermittelten Messdatensatzes mit einer in einer Bewertungsmatrix tabellierten Amplitudensumme der einzelnen SAFT-Auswertungen der berechneten Ultraschall-Echosignale erfolgen. Basierend auf dieser Bewertung ist eine Bestimmung der Ersatzfehlergröße möglich. Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren kommen die Vorteile der SAFT-Auswertung auch bei sehr kleinen Defektgrößen zum Tragen, da nun auch eine qualitative Bewertung kleinerer Defekte möglich ist. Die erfindungsgemäße Defektgrößenbewertung von einem Defekt innerhalb eines Prüfobjekts ist gleichermaßen zur Bewertung von Defekten mit gerichteter oder mit ungerichteter Reflexion möglich. Weiterhin ist die erfindungsgemäße Defektgrößenbewertung in gleichem Maß für Prüfköpfe mit kleinem oder auch mit großem Öffnungswinkel des Schallfelds möglich.

Ein exemplarischer Ablaufs einer Ultraschallprüfung mit einer erfindungsgemäßen Defektgrößenbewertung kann dabei wie folgt ablaufen: Ein Prüfobjekt 1, beispielsweise ein sicherheitsrelevantes Bauteil des Energiemaschinenbaues, eines Flugzeugs oder einer Eisenbahn, wird mittels eines Prüfkopfs 2 einer Ultraschallprüfung unterzogen. Hierzu werden über den Prüfkopf 2 in das Prüfobjekt 1 an verschiedenen Messpunkten M_i Ultraschallwellen in das Prüfobjekt eingeschallt und die Ultraschall-Echosignale aus dem Prüfobjekt 1 von dem Prüfkopf 2 erfasst. Als Frequenzen für die Ultraschallprüfung sind beispielsweise 500 kHz bis 20 MHz, vorzugsweise 2MHz möglich.

Dies entspricht in Stahl einer Wellenlänge von ca. 3 mm bzw. ca. 1,6 mm.

Die Ultraschall-Echosignale werden dabei von der Auswerteeinheit 3 mittels SAFT-Verfahren ausgewertet und auf der Anzeigevorrichtung 4 dargestellt. Befindet sich innerhalb des Prüfbobjekts 1 ein Defekt 10, so kann dieser Defekt von der Auswerteeinheit 3 erkannt und auf der Anzeigevorrichtung 4 visualisiert werden.

Um auch für kleine Defekte 10, die aufgrund des begrenzten räumlichen Auflösungsvermögens nicht mehr direkt vermessen werden können, noch eine zuverlässige Abschätzung der Größe treffen zu können, erfolgt die Größenbewertung durch Vergleich mit Simulationswerten. Die Datenverarbeitungseinheit 33 der Auswerteeinheit 3 simuliert hierzu für das vorgegebene Prüfscenario (Prüfbobjekt, Prüfkopf, Prüfraster, etc.) für mehrere Defektgrößen. Kann das System beispielsweise Defekte von weniger als 3mm nicht direkt auflösen, so werden für verschiedene Defektgrößen kleiner als 3mm Berechnungen durchgeführt, die die Ultraschall-Echosignale entsprechend kleiner Defekte simulieren. Dabei kann die Abstufung der angenommenen Defekte 10 in dem Prüfbobjekt 1 beispielsweise linear in Schritten von 0,5 mm oder 0,2 mm erfolgen. Anschließend führt die Datenverarbeitungseinheit 33 eine SAFT-Auswertung der berechneten Simulationswerte durch. Ist zum Zeitpunkt der Berechnung des simulierten Defekts die Position des Defekts nicht bekannt, so muss während der Simulation der Defekte 10 auch die Position innerhalb des Prüfbobjekts variiert werden und für verschiedene Defektpositionen jeweils die Defektgröße wie oben beschrieben variiert werden, da die Vergleichsgröße zur Defektgrößenbewertung positionsabhängig ist.

Eine schematische Darstellung einer beispielhaften Bewertungsmatrix für ein Prüfbobjekt 1 mit einer zylinderförmigen Geometrie ist in der nachfolgenden Tabelle 1 dargestellt. Dabei entsprechen die Zeilen unterschiedlichen Defektpositionen und die Spalten unterschiedlichen Defektgrößen. In den Fel-

dern der Bewertungsmatrix sind jeweils die Amplitudensummen aus der berechneten SAFT-Auswertung enthalten.

Abstand [mm]	Ersatzfehlergröße		
	0,5 mm	1,0 mm	2,0 mm
250	57,0	255,3	1025,9
300	55,2	247,3	992,9
350	54,7	244,8	981,5
400	53,8	240,8	962,9
450	53,2	237,7	947,0
500	52,5	234,6	928,8
550	51,6	229,7	899,3

5 Tabelle 1: Beispiel einer Bewertungsmatrix

Die Defektpositionen können dabei für alle möglichen Gitterpunkte in der Bildebene der SAFT-Auswertung variiert werden.

10 Zur Verringerung des Rechenaufwands können jedoch auch nur für bestimmte, ausgewählte Defektpositionen eine Simulation durchgeführt werden. Die genaue Defektposition kann in diesem Fall beispielsweise durch Interpolation später noch präzisiert werden.

15 Anschließend erstellt die Datenverarbeitungseinheit 33 eine Bewertungsmatrix, in der die Amplitudensummen der SAFT-Auswertungen mehrerer Defektgrößen und gegebenenfalls auch für verschieden Positionen zusammengefasst werden.

20 Die Simulation der Defektpositionen, also die Berechnung der Ultraschall-Echosignale, die SAFT-Auswertung der berechneten Ultraschall-Echosignale und die Erstellung der Bewertungsmatrix kann dabei bereits vor der eigentlichen Vermessung des Prüfobjekts 1 erfolgen. Somit ist während des Prüfvorgangs
25 nur eine geringere Rechenleistung erforderlich. Da in diesem Fall während der Simulation die Defektposition noch nicht bekannt ist, müssen zwingend auch Simulationen für verschieden Defektpositionen durchgeführt werden.

Alternativ kann die Berechnung der Ultraschall-Echosignale, die SAFT-Auswertung der berechneten Ultraschall-Echosignale und die Erstellung der Bewertungsmatrix auch erst erfolgen, nachdem ein Defekt 10 in dem Prüfobjekt detektiert wurde. In diesem Fall kann die Simulation der Defekte auf die detektierte Defektposition begrenzt werden. Auch können in diesem Fall die bereits vorhandenen Messwerte als erste Abschätzung für eine Defektgröße herangezogen werden. Die Simulation der Defektgröße kann in diesem Fall auf Größen im Bereich des Schätzwerts begrenzt werden. Legt z.B. das Messergebnis nahe, dass der Defekt etwa eine Größe im Bereich von 1mm hat, so kann die Simulation auf Defektgrößen im Bereich von 0,5 mm bis 2mm eingeschränkt werden, wodurch sich eine weitere Reduktion der erforderlichen Rechenleistung ergibt.

Liegen SAFT-Auswertung der Messwerte und Bewertungsmatrix vor, erfolgt anschließend ein Vergleich. Dabei wird derjenige Wert der Bewertungsmatrix bestimmt, der den Messwerten am nächsten kommt. Hieraus kann dann auf die tatsächliche Defektgröße und ggf. Defektposition geschlossen werden.

Durch eine Interpolation benachbarter Werte der Bewertungsmatrix kann darüber hinaus die abgeschätzte Defektgröße und -position noch weiter angenähert werden.

Nachdem die Größe und ggf. die Position eines Defekts 10 auf die oben beschriebene Weise ermittelt wurde, werden die ermittelten Werte auf der Anzeigevorrichtung 4 dem Benutzer angezeigt.

Durch eine erfindungsgemäße Defektgrößenbewertung ist nun auch ein direkter Vergleich zwischen konventionellen Ultraschall-Analyseverfahren und SAFT-basierten Ultraschall-Verfahren möglich. Beliebige Fehler lassen sich mit dem Ersatzfehlertyp Kreisscheibe vergleichen. Auf diese Weise kann zum Beispiel ein differenzierter Vergleich mit den Belastungen bei der Konstruktion gezogen werden. Bei der Simulation der Ultraschall-Echosignale kann darüber hinaus berücksich-

tigt werden, dass bei sehr kleinen Kreisscheiben die Echohöhe nicht mehr proportional zu d^2 ist, wobei d der Durchmesser der Ersatzfehlergröße darstellt. Somit können auch diese Fälle richtig bewertet werden. Darüber hinaus lässt das erfindungsgemäße Verfahren auch die Einbeziehung weiterer Zusatzinformationen über einen Defekt 10 zu. So können beispielsweise Orientierungen von Defekten berücksichtigt werden, indem eine Serie von Defekten abgestufter Größe mit der bekannten Orientierung zur Bewertung herangezogen wird.

10

Zusammenfassend betrifft die vorliegende Erfindung eine Defektgrößenbewertung von Defekten 10 in einem Prüfobjekt 1 bei einer Ultraschallprüfung. Dabei ermöglicht die vorliegende Erfindung insbesondere auch eine gezielte Bestimmung von Defektgrößen basierend auf der SAFT-Methode. Hierzu werden basierend auf einem vorgegebenen Prüfszenario Defekte 10 in einem Prüfobjekt 1 simuliert und diese Simulationen mit real erfassten Messwerten verglichen.

20

Patentansprüche

1. Verfahren zur Defektgrößenbewertung von einem Defekt (10) innerhalb eines Prüfobjektes (1), mit den Schritten:

- 5 - Ermitteln (S1) eines Messdatensatzes des Prüfobjekts (1);
- Durchführen (S2) einer SAFT-Auswertung des ermittelten Messdatensatz;
- Berechnen (S3) von Ultraschall-Echosignalen für eine Mehrzahl von Defektgrößen in dem Prüfobjekt (1);
- 10 - Durchführen (S4) einer SAFT-Auswertung für die berechneten Ultraschall-Echosignale jeder der Mehrzahl von Defektgrößen;
- Bewertung (S5) einer Defektgröße in der SAFT-Auswertung des ermittelten Messdatensatzes unter Verwendung der SAFT-
- 15 201310195 Auswertungen der berechneten Ultraschall-Echosignale.

2. Verfahren nach Anspruch 1, ferner umfassend einen Schritt zum Ermitteln einer Defektposition in dem Prüfobjekt (1) aus
20 der SAFT-Auswertung des ermittelten Messdatensatzes; wobei der Schritt (S3) zum Berechnen von Ultraschall-Echosignalen die Ultraschall-Echosignale für einen Defekt (10) an der ermittelten Defektposition im Prüfobjekt (1) berechnet.

25 3. Verfahren nach Anspruch 1, wobei der Schritt (S3) zum Berechnen von Ultraschall-Echosignalen die Ultraschall-Echosignale für Defekte (10) an einer Mehrzahl von Positionen innerhalb des Prüfobjekts (1) berechnet; und für jede berechnete Defektposition eine SAFT-Auswertung der berechneten Ultraschall-Echosignale durchgeführt wird.
30

4. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche 1 bis 3, wobei der Schritt (S3) zum Berechnen von Ultraschall-Echosignalen die Ultraschall-Echosignale für ein Prüfobjekt (1) mit
35 einer Mehrzahl von Defekten (10) innerhalb des Prüfobjekts (1) berechnet.

5. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche 1 bis 3, wobei der Schritt (S3) zum Berechnen von Ultraschall-Echosignalen die Ultraschall-Echosignale für eine Mehrzahl von Prüfobjekten (1) mit jeweils mindestens einem Defekt (10) berechnet.

6. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche 1 bis 5, wobei die SAFT-Auswertungen (S4) der berechneten Ultraschall-Echosignale für mehrere Prüfobjekte (1) mit jeweils mindestens einem Defekt (10) durchgeführt werden.

7. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche 1 bis 6, wobei der Schritt zur Bewertung (S5) eine Ortsinterpolation und/oder eine Defektgrößeninterpolation der SAFT-Auswertungen der berechneten Ultraschall-Echosignale umfasst.

8. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche 1 bis 7, ferner umfassend einen Schritt zum Bereitstellen von Parametern eines Prüf szenarios; wobei der Schritt zum Berechnen (S3) von Ultraschall-Echosignalen für eine Mehrzahl von Defektgrößen in dem Prüfobjekt (1) unter Verwendung der bereitgestellten Parameter des Prüf szenarios durchgeführt wird.

9. Verfahren nach Anspruch 8, wobei die bereitgestellten Parameter des Prüf szenarios mindestens Angaben über Prüfkopfparameter, ein Prüfraster, Material und/oder Geometrie des Prüfobjekts (1) umfassen.

10. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche 1 bis 9, ferner umfassend einen Schritt zum Bereitstellen von externen Zusatzinformationen über einen Defekt (10) innerhalb des Prüfobjekts; wobei der Schritt (S5) zur Bewertung einer Defektgröße die Defektgröße unter Verwendung der bereitgestellten externen Zusatzinformationen bewertet.

11. Verfahren nach Anspruch 10, wobei die bereitgestellten externen Zusatzinformationen mindestens Angaben über eine Orientierung des Defekts (11) in dem Prüfobjekt (1) umfassen.

12. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche 1 bis 11, wobei eine Mehrzahl von Messdatensätzen ermittelt werden; und die SAFT-Auswertung (S2) der unter Verwendung der Mehrzahl von ermittelten Messdatensätzen durchgeführt wird.

13. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche 1 bis 12, wobei zur Ermittlung der Mehrzahl von Messdatensätzen jeweils ein Ultraschallsignal an verschiedenen Messpunkten in das Prüfobjekt (1) mit einem Einschallwinkel eingeschallt wird, welcher zur Ermittlung der Messdatensätze für jeden Messdatensatz verändert wird.

14. Vorrichtung zur Defektgrößenbewertung von einem Defekt (10) innerhalb eines Prüfobjektes (1), mit

- einem Prüfkopf (2) zum Einschallen eines Ultraschallsignals an verschiedenen Messpunkten (Mi) in das Prüfobjekt (1) zur Ermittlung mindestens eines Messdatensatzes, und
- einer Auswerteeinheit (3), die dazu ausgelegt ist, eine SAFT-Auswertung des ermittelten Messdatensatzes durchzuführen, Ultraschall-Echosignale für eine Mehrzahl von Defektgrößen in dem Prüfobjekt (1) zu berechnen, eine SAFT-Auswertung für die berechneten Ultraschall-Echosignale jeder der Mehrzahl von Defektgrößen durchzuführen, und eine Defektgröße in der SAFT-Auswertung des ermittelten Messdatensatzes unter Verwendung der SAFT-Auswertungen der berechneten Ultraschall-Echosignale zu bewerten.

15. Vorrichtung nach Anspruch 14, wobei die Auswerteeinheit (3) ferner eine Speichervorrichtung (34) umfasst, die dazu ausgelegt ist, Amplitudensummen aus der SAFT-Auswertung für die berechneten Ultraschall-Echosignale zu speichern, und wobei die Auswerteeinheit (3) dazu ausgelegt ist, eine gespeicherten Amplitudensummen für die berechneten Ultraschall-Echosignale aus der Speichereinheit auszulesen und die ausgelesenen Amplitudensummen für die Bewertung der Defektgröße in der SAFT-Auswertung des ermittelten Messdatensatzes anzupassen.

FIG 1

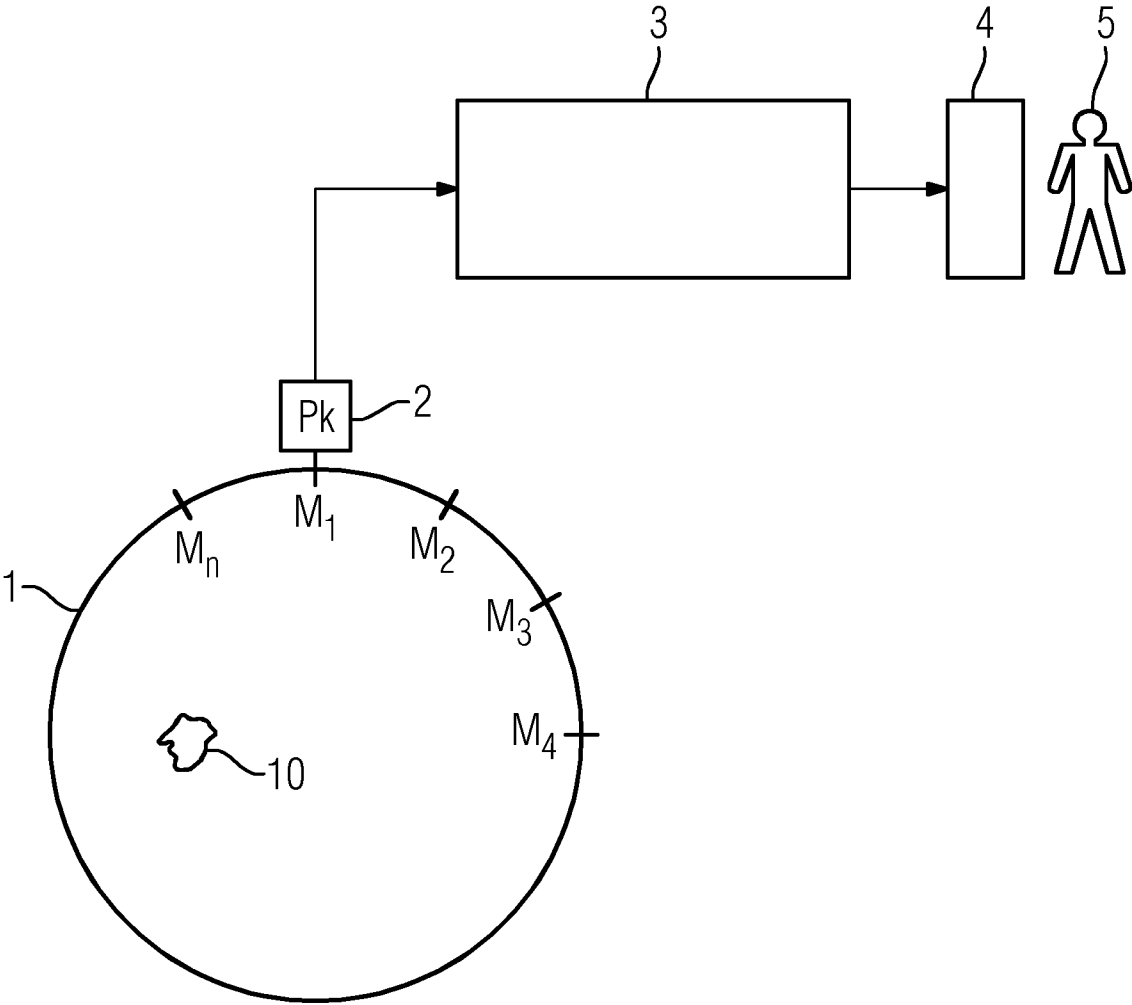


FIG 2

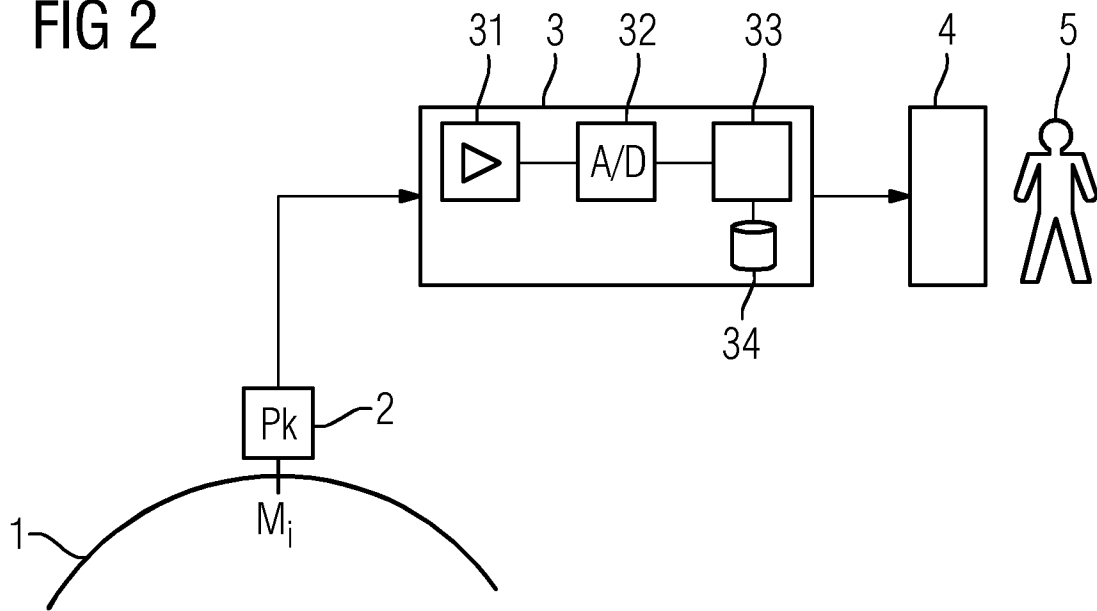
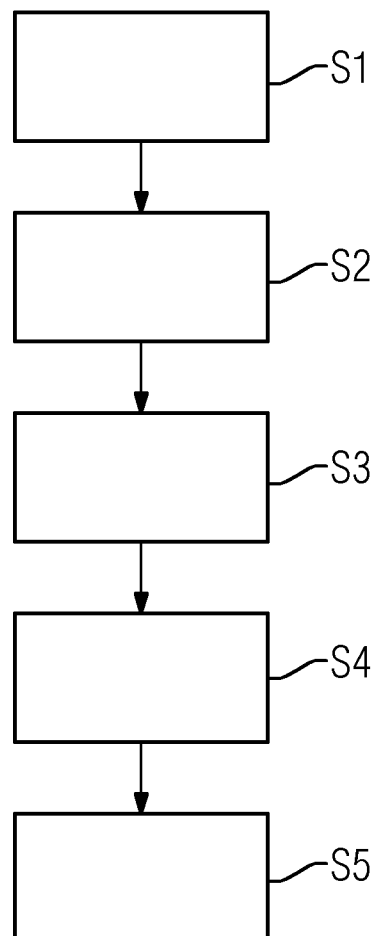


FIG 3



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2014/059318

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. G01N29/04 G01N29/06 G01S15/89
ADD.

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)
G01N G01S

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

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

EPO-Internal, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	LANGENBERG K J ET AL: "IMAGING AND INVERSE SCATTERING IN NONDESTRUCTIVE EVALUATION WITH ACOUSTIC AND ELASTIC WAVES", ACOUSTICAL IMAGING. NANJING, SEPT. 12 - 14, 1992; [PROCEEDINGS OF THE INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON ACOUSTICAL IMAGING], NEW YORK, PLENUM PRESS, US, vol. 20, 12 September 1992 (1992-09-12), pages 165-172, XP000448545, figures 4-6 page 165, last paragraph - page 172, last paragraph ----- -/--	1-15



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents :

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

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

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

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

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

14 August 2014

Date of mailing of the international search report

26/08/2014

Name and mailing address of the ISA/

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

Authorized officer

Uttenthaler, Erich

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No

PCT/EP2014/059318

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	MCGARRITY J P ET AL: "A facet ensemble approach for evaluation of array performance in ultrasonic NDE", IEEE TRANSACTIONS ON ULTRASONICS, FERROELECTRICS AND FREQUENCY CONTROL, IEEE, US, vol. 41, no. 1, 1 January 1994 (1994-01-01), pages 19-25, XP011439033, ISSN: 0885-3010, DOI: 10.1109/58.265816 abstract; figures 6,7 page 23, right-hand column, paragraph 2 - page 24, right-hand column, last paragraph -----	1-15
X	EP 2 120 045 A1 (BAM BUNDESANSTALT MATFORSCHUNG [DE]) 18 November 2009 (2009-11-18) abstract; figures 6-12 paragraphs [0032] - [0042] -----	1,14

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2014/059318

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date	
EP 2120045	A1	18-11-2009	DE 102008023862 A1	26-11-2009
			EP 2120045 A1	18-11-2009

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
INV. G01N29/04 G01N29/06 G01S15/89
ADD.

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

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
G01N G01S

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

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

EPO-Internal, WPI Data

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	LANGENBERG K J ET AL: "IMAGING AND INVERSE SCATTERING IN NONDESTRUCTIVE EVALUATION WITH ACOUSTIC AND ELASTIC WAVES", ACOUSTICAL IMAGING. NANJING, SEPT. 12 - 14, 1992; [PROCEEDINGS OF THE INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON ACOUSTICAL IMAGING], NEW YORK, PLENUM PRESS, US, Bd. 20, 12. September 1992 (1992-09-12), Seiten 165-172, XP000448545, Abbildungen 4-6 Seite 165, letzter Absatz - Seite 172, letzter Absatz ----- -/-	1-15



Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen



Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

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

"E" frühere Anmeldung oder Patent, die bzw. das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

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

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

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

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

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

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

"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

14. August 2014

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

26/08/2014

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde

Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040,
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Uttenthaler, Erich

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	MCGARRITY J P ET AL: "A facet ensemble approach for evaluation of array performance in ultrasonic NDE", IEEE TRANSACTIONS ON ULTRASONICS, FERROELECTRICS AND FREQUENCY CONTROL, IEEE, US, Bd. 41, Nr. 1, 1. Januar 1994 (1994-01-01), Seiten 19-25, XP011439033, ISSN: 0885-3010, DOI: 10.1109/58.265816 Zusammenfassung; Abbildungen 6,7 Seite 23, rechte Spalte, Absatz 2 - Seite 24, rechte Spalte, letzter Absatz -----	1-15
X	EP 2 120 045 A1 (BAM BUNDESANSTALT MATFORSCHUNG [DE]) 18. November 2009 (2009-11-18) Zusammenfassung; Abbildungen 6-12 Absätze [0032] - [0042] -----	1,14

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

PCT/EP2014/059318

Formblatt PCT/ISA/210 (Anhang Patentfamilie) (April 2005)