



(10) **DE 10 2011 055 840 A1** 2012.05.31

(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2011 055 840.3**

(22) Anmeldetag: **29.11.2011**

(43) Offenlegungstag: **31.05.2012**

(51) Int Cl.: **A61B 8/00 (2011.01)**
G03B 42/06 (2011.01)

(30) Unionspriorität:
12/957,289 30.11.2010 US

(71) Anmelder:
General Electric Co., Schenectady, N.Y., US

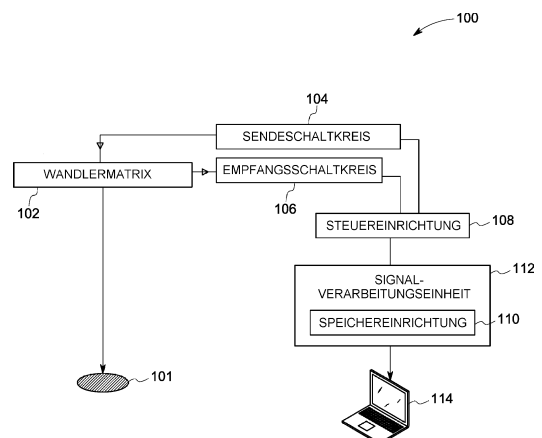
(74) Vertreter:
Rüger, Barthelt & Abel, 73728, Esslingen, DE

(72) Erfinder:
**Lin, Feng, Niskayuna, N.Y., US; Hazard,
Christopher Robert, Niskayuna, N.Y., US;
Washburn, Michael Joseph, 12309, Niskayuna,
New York, US**

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **Systeme und Verfahren zur Schallstrahlintensitätsimpulsbildung (ARFI) mit verbesserter Leistung**

(57) Zusammenfassung: Geschaffen sind Verfahren und Systeme zur Ultraschallbildgebung. Zu dem Verfahren gehören die Schritte: Anordnen mehrerer Öffnungen in einer Wandlermatrix einer Ultraschallbildgebungsanordnung, wobei die Öffnungen ein oder mehrere Wandlerelemente enthalten. Weiter werden ein oder mehrere Referenzpulse zu mehreren Zielgebieten gesendet, um entsprechende Anfangspositionen zu erfassen. Darüber hinaus wird durch wenigstens zwei der mehreren Öffnungen ein Stoßpuls zu mindestens zwei der mehreren Zielgebiete gesendet. Zu jenem Zweck werden die mehreren Öffnungen unter Verwendung eines zusammengesetzten Verzögerungsprofils auf spezielle Zielgebiete in den mehreren Zielgebieten fokussiert. Daran anschließend werden ein oder mehrere Verfolgungspulse zu den mehreren Zielgebieten gesendet, um entsprechende Verschiebungen wenigstens der speziellen Zielgebiete in den mehreren Zielgebieten zu detektieren. Weiter sind auch Ultraschallbildgebungsverfahren beschrieben, die mehrere kurze Stoßpulssegmente und/oder Verfolgungspulse zu entsprechenden Zielgebieten in einer überlagernden Weise senden.



Beschreibung**HINTERGRUND**

[0001] Ausführungsbeispiele der Beschreibung beziehen sich auf die Ultraschallbildgebung und speziell auf die Schallstrahlintensitätsimpulsbildgebung (ARFI) mit verbesserter Leistung.

[0002] Die Ultraschallbildgebung ist eine auf Ultraschall basierende diagnostische medizinische Bildgebungstechnik, die genutzt wird, um Muskeln, Sehnen und viele innere Organe sichtbar zu machen, um deren Größe, Struktur und eventuelle pathologische Läsionen anhand von nahezu in Echtzeit gewonnenen Bildern zu erfassen. Ultraschallbildgebung kommt auch in therapeutischen Verfahren zur Anwendung, wo Ultraschall genutzt wird, um interventionelle Verfahren wie Biopsien oder eine Drainage von Fluidansammlungen zu unterstützen. Sonographiesysteme nach dem Stand der Technik arbeiten durch Anwendung von Schallenergie mit einer Frequenz von beispielsweise 1–18 MHz, obwohl in gewissen Anwendungen auch höhere Frequenzen eingesetzt werden.

[0003] Ein typisches Sonographiesystem verwendet eine Sonde, die ein oder mehrere akustische Messwertgeber, beispielsweise piezoelektrische Messwertgeber, aufweist, um kurze Ultraschallpulse zu einem Zielgebiet zu senden. Dementsprechend kann die Sonde mit einem Ultraschallscanner verbunden sein, der elektrische Signale erzeugt, um die Ultraschallpulse in Richtung des Zielgebiets zu übertragen. Die abgestrahlten Pulse werden zum Teil von dem Zielgebiet reflektiert und rufen nach einem Empfang in dem Wandler Schwingungen hervor. Der Wandler wandelt die Schwingungen in Signale um, die sich zu dem Ultraschallscanner bewegen, wo sie verarbeitet und in ein digitales Abbild des Zielgebiets, beispielsweise biologischer Gewebe, transformiert werden.

[0004] Eine spezielle Anwendung der Ultraschallbildgebung beinhaltet in diesem Sinne das Messen von Gewebesteifigkeit. Ein Messen des Scher- oder Youngschen Moduls eines Gewebes, oder vereinfachend ausgedrückt, ein Messen der "Steifigkeit" des Gewebes, ist ein nützliches Werkzeug zur Unterscheidung von gesunden, erkrankten und verletzten biologischen Geweben. Gewöhnlich kann wenigstens ein Abschnitt eines Gewebes gegenüber umgebendem Gewebe steifer werden, was den Beginn oder das Vorhandensein einer Erkrankung anzeigt. Beispielsweise kann ein verhältnismäßig steifer Bereich eines Gewebes Krebs, Tumor, Fibrose, Steatose oder andere derartige Bedingungen anzeigen.

[0005] Die Schallstrahlintensitätsimpulsbildgebung (ARFI) ist eine auf Strahlungskraft basierende Bildgebungstechnik, die Daten über örtliche mechanische Eigenschaften, beispielsweise Gewebesteifigkeit, erzeugt. Speziell nutzt ARFI-Bildgebung fokussierten Ultraschall, um auf ein geringes Volumen eines Gewebes kurzzeitig örtliche Strahlkraftpulse auszuüben. Diese Impulse oder Stoßpulse erzeugen gewöhnlich örtliche Verschiebungen des Gewebes in der Größenordnung von 1–10 µm. Herkömmliche B-Mode-Bildgebungspulse werden anschließend verwendet, um die in Reaktion auf die Stoßpulse erzeugten Gewebeverschiebungen zu verfolgen. Durch eine Wiederholung von ARFI-Sequenzen längs mehreren Bildzeilen können zweidimensionale (2D-) oder dreidimensionale (3D-) Bilder der Gewebeverschiebungen erzeugt werden. ARFI-Bildgebung eignet sich somit zur Beobachtung von Läsionen, die sich mittels herkömmlicher Sonographie nur schwer sichtbar machen lassen, die jedoch steifer oder weicher sind als umgebende Gewebe.

[0006] Herkömmliche ARFI-Bildgebung weist jedoch die Nachteile einer zeitaufwendigen Datenakquisition, hoher Anforderungen an die Prozessorleistung, Fokusverluste, niedriger Frameraten und einer beträchtlichen Erwärmung des Gewebes und des Wandlers auf. Diese Probleme sind zum Teil auf die lange Ausbreitungszeit für den Hin- und Rückweg der Pulse entlang jeder Abtastzeile und auf den Bedarf einer großen Anzahl von Stoßpositionen und Rechengängen zur Bildgebung großer Bereiche des Gewebes zurückzuführen. Einige ARFI-Bildgebungstechniken schlagen eine Normierung der Gewebeverschiebung über eine Tiefe oder kleinere Öffnungen vor, um Strahlfokussierungsprobleme zu verringern. Solche Techniken sind jedoch gewöhnlich mit einer geringeren Strahlintensität und einem schlechten Signal-Rausch-Verhältnis außerhalb eines Fokusbereichs verbunden. Eine weitere Technik verwendet Mehrfachzeilenakquisition, um eine Framerate während der Bildgebung zu verbessern, indem für jeden gesendeten Puls mehrere Abtastzeilen parallel akquiriert werden. Mehrfachzeilenakquisition führt jedoch zu einer reduzierten Strahlintensität und kann außerdem Artefakte hervorrufen, die die Bildqualität verschlechtern.

[0007] Es besteht daher ein Bedarf, wirkungsvolle Verfahren und Systeme zur Verbesserung der Leistung der ARFI-Bildgebung zu entwickeln. Speziell besteht ein Bedarf nach Verfahren und Systemen, die beispielsweise einen tatsächlichen Tiefenbereich der ARFI-Bildgebung erweitern und die Framerate und die räumliche Auflösung verbessern, während die Ultraschallstrahlendosis verringert wird.

KURZBESCHREIBUNG

[0008] Gemäß Aspekten der vorliegenden Erfindung ist ein Ultraschallbildgebungsverfahren unterbreitet. Zu dem Verfahren gehören die Schritte: Anordnen mehrerer Öffnungen in einer Wandlermatrix einer Ultraschallbildgebungsanordnung, wobei die mehreren Öffnungen ein oder mehrere Wandlerelemente in der Wandlermatrix enthalten. Weiter werden ein oder mehrere Referenzpulse zu mehreren Zielgebieten gesendet, um Anfangspositionen der mehreren Zielgebiete zu erfassen. Darüber hinaus wird durch wenigstens zwei der mehreren Öffnungen ein Stoßpuls zu mindestens zwei der mehreren Zielgebiete gesendet. Zu jenem Zweck werden die mehreren Öffnungen unter Verwendung eines zusammengesetzten Verzögerungsprofils auf spezielle Zielgebiete in den mehreren Zielgebieten fokussiert. Daran anschließend werden ein oder mehrere Verfolgungspulse zu den mehreren Zielgebieten gesendet, um entsprechende Verschiebungen wenigstens der speziellen Zielgebiete in den mehreren Zielgebieten zu detektieren.

[0009] Gemäß einem weiteren Aspekt der vorliegenden Erfindung wird ein weiteres Ultraschallbildgebungsverfahren beschrieben. Zu dem Verfahren gehören die Schritte: Senden eines oder mehrerer Referenzpulse zu mehreren Zielgebieten, um entsprechende Anfangspositionen zu erfassen. Das Verfahren beschreibt ferner eine Aufteilung von zwei oder mehr Stoßpulsen in mehrere kürzere Stoßpulssegmente. Die mehreren kürzeren Stoßpulssegmente, die jeweils den zwei oder mehreren Stoßpulsen entsprechen, werden in einer überlagernden Weise zu entsprechenden Zielgebieten gesendet. Daran anschließend werden ein oder mehrere Verfolgungspulse zu den mehreren Zielgebieten gesendet, um eine Verschiebung jedes der mehreren Zielgebiete zu erfassen.

[0010] Gemäß einem weiteren Aspekt der vorliegenden Erfindung ist ein nicht flüchtiges, von einem Rechner lesbares Speichermedium offenbart, auf dem ein ausführbares Programm zur Ultraschallbildgebung gespeichert ist. Speziell veranlasst das ausführbare Programm eine Prozessoreinheit dazu, ein oder mehrere Referenzpulse zu mehreren Zielgebieten zu senden, um entsprechende Anfangspositionen zu erfassen. Als Nächstes veranlasst das Programm die Prozessoreinheit, einen Druckpuls zu einer speziellen Position zu senden. Darüber hinaus werden in einer überlagernden Weise ein oder mehrere Verfolgungspulse zu den mehreren Zielgebieten gesendet, um eine Verschiebung jedes der mehreren Zielgebiete in Reaktion auf den Stoßpuls zu erfassen, der in Abhängigkeit von Programmweisungen zu der speziellen Position gesendet ist.

[0011] Gemäß Aspekten des vorliegenden Systems ist ein Ultraschallbildgebungssystem dargelegt. Das System enthält eine Wandlermatrix mit mehreren Wandlerelementen, die eine Pulssequenz erzeugen, die wenigstens einen Verfolgungspuls und wenigstens einen Stoßpuls aufweist. Das System enthält ferner eine Steuereinrichtung, die mit der Wandlermatrix verbunden ist. Die Steuereinrichtung gruppiert die mehreren Wandlerelemente in eine oder mehrere Öffnungen, um die Pulssequenz auf ein oder mehrere Zielgebiete zu fokussieren. Darüber hinaus berechnet die Steuereinrichtung ein zusammengesetztes Verzögerungsprofil, um eine Sendungszeit und eine Sendungsposition der durch die zwei oder mehr Öffnungen zu sendenden Pulssequenz zu steuern. Darüber hinaus konfiguriert die Steuereinrichtung außerdem die zwei oder mehr Öffnungen, um die Pulssequenz zu dem einen oder den mehreren Zielgebieten unter Verwendung des zusammengesetzten Verzögerungsprofils zu senden. Das System enthält daher außerdem eine Signalverarbeitungseinheit, um Daten zu verarbeiten, die in Reaktion auf die Pulssequenzen von dem einen oder den mehreren Zielgebieten her aufgenommen sind.

ZEICHNUNGEN

[0012] Diese und weitere Merkmale, Aspekte und Vorteile der vorliegenden Erfindung werden nach dem Lesen der nachfolgenden detaillierten Beschreibung in Verbindung mit den beigefügten Zeichnungen verständlicher, in denen übereinstimmende Teile durchgängig mit übereinstimmenden Bezugszeichen versehen sind:

[0013] [Fig. 1](#) zeigt in einer schematischen Darstellung ein exemplarisches ARFI-Bildgebungssystem gemäß Aspekten des vorliegenden Systems;

[0014] [Fig. 2](#) veranschaulicht in einem Flussdiagramm ein exemplarisches ARFI-Bildgebungsverfahren, das eine maßgeschneiderte fokale Einstellung verwendet, gemäß Aspekten der vorliegenden Erfindung;

[0015] [Fig. 3A](#) zeigt in einer schematischen Darstellung eine exemplarische Konfiguration einer maßgeschneiderten fokalen Einstellung und eines zusammengesetzten Verzögerungsprofils, das für ARFI-Bildgebung verwendet wird, gemäß Aspekten der vorliegenden Erfindung;

[0016] [Fig. 3B](#) zeigt in einer grafischen Darstellung eine durch die Verwendung der maßgeschneiderten fokalen Einstellung von [Fig. 3A](#) erreichte exemplarische Verteilung der Strahlintensität über die Tiefe hinweg;

[0017] [Fig. 4](#) veranschaulicht in einem Flussdiagramm ein exemplarisches ARFI-Bildgebungsverfahren;

ren zur Bildgebung eines Zielgebiets, wobei das Verfahren überlagerte Stoßpulssegmente verwendet, gemäß Aspekten der vorliegenden Erfindung;

[0018] Fig. 5 zeigt in einer grafischen Darstellung eine exemplarische Sequenz des Sendens von Stoßpulssegmenten bei unterschiedlichen fokalen Zonen in dem Zielgebiet unter Verwendung des Verfahrens von Fig. 4;

[0019] Fig. 6 veranschaulicht in einem Flussdiagramm ein exemplarisches ARFI-Bildgebungsverfahren, das eine sequentielle Abtastsequenz zum Detektieren von Verschiebungen mehrerer Zielgebiete nutzt, die durch einen Stoßpuls hervorgerufen sind, der zu einer einzelnen Position gesendet ist, gemäß Aspekten der vorliegenden Erfindung; und

[0020] Fig. 7 zeigt eine grafische Darstellung einer exemplarischen Sequenz des Sendens von zeitlich überlagerten Verfolgungspulsen zum Detektieren von Verschiebungen mehrerer Zielpositionen, die durch einen Stoßpuls hervorgerufen sind, der mittels des Verfahrens von Fig. 6 zu einer Position gesendet ist.

AUSFÜHRLICHE BESCHREIBUNG

[0021] Die folgende Beschreibung offenbart Systeme und Verfahren für eine verbesserte ARFI-Bildgebung. Insbesondere beschreiben hierin veranschaulichte spezielle Ausführungsbeispiele die Systeme und die Verfahren, die einen tatsächlichen Tiefenbereich der ARFI-Bildgebung erweitern sowie Framerate und eine räumliche Auflösung bei der Bildgebung eines Zielobjekts, beispielsweise eines biologischen Gewebes, verbessern. Obwohl die folgende Beschreibung nur wenige Ausführungsbeispiele beinhaltet, können die ARFI-Bildgebungssysteme und -verfahren in vielfältigen sonstigen Bildgebungssystemen und -anwendungen verwendet werden, um Bilder hoher Qualität zu erreichen, während die Dosisüberwachung optimiert ist. Beispielsweise können die ARFI-Bildgebungssysteme und -verfahren verwendet werden, um die gezielte Zuführung von Medikamenten und Genen und eine zerstörungsfreie Untersuchung elastischer Materialien zu überwachen, beispielsweise von Kunststoffen und Luft- und Raumfahrtverbundstoffen, die möglicherweise für die Ultraschallbildgebung geeignet sind. Eine exemplarische Umgebung, die für eine Verwirklichung vielfältiger Durchführungen des vorliegenden Systems geeignet ist, wird mit Bezug auf Fig. 1 in den folgenden Abschnitten beschrieben.

[0022] Fig. 1 veranschaulicht ein Ultraschallbildgebungssystem 100 zur Bildgebung eines Zielgebiets 101 mittels einer oder mehrerer ARFI-Pulssequenzen. Beispielsweise kann das Zielgebiet 101 ein oder mehrere biologische Gewebe beinhalten, beispiels-

weise kardiale Gewebe, Lebergewebe, Brustgewebe, Prostatagewebe, Schilddrüsengewebe, Lymphknoten, vaskuläre Strukturen und/oder sonstige Objekte, die sich für eine Ultraschallbildgebung eignen. Dementsprechend enthält das System 100 in einem Ausführungsbeispiel eine eindimensionale (1D-) oder eine zweidimensionale (2D-)Wandlermatrix 102, die beispielsweise auf eine zweidimensionale Ebene oder auf ein dreidimensionales Volumen gerichtet ist, das das Zielgebiet 101 enthält. Zu jenem Zweck enthält die Wandlermatrix 102 ein oder mehrere akustische Messwertgeber, z. B. piezoelektrische Messwertgeber, die eine oder mehrere gewünschte Formen aufweisen und in einem gewünschten Muster angeordnet sind. Weiter ist die Wandlermatrix 102 im Wesentlichen in einer Sonde untergebracht und weist ein Sendefenster auf, das die eine oder die mehreren Pulssequenzen zu dem Zielgebiet 101 sendet und die reflektierten Signale aufnimmt.

[0023] Gewöhnlich steht die Wandlermatrix 102 während des Sendens der Pulssequenzen mit dem Gewebe, das das Zielgebiet 101 enthält, physikalisch in Berührung. In einer Abwandlung kann die Wandlermatrix 102 die Pulssequenzen unter Verwendung eines geeigneten Mediums, beispielsweise mittels einer Gelmatte, eines Übertragungsfluids oder eines beliebigen sonstigen koppelnden Materials, zu dem Zielgebiet 101 senden. Darüber hinaus kann jede Pulssequenz beispielsweise ein oder mehrere Verfolgungspulse, ein oder mehrere Stoßpulse, ein oder mehrere Referenzpulse, oder Kombinationen davon beinhalten. In dem hier verwendeten Sinne bezeichnet der Begriff "Verfolgungspuls" einen Ultraschallstrahl, der genutzt wird, um die Position eines Gewebes zu erfassen. Weiter bezeichnet der Begriff "Stoßpuls" einen Ultraschallstrahl, der eine relativ hohe Sendeenergie aufweist, um das Gewebe zu verschieben. Darüber hinaus kann die Pulssequenz auch einen "Referenzpuls" beinhalten, der einem normalen Verfolgungspuls ähnelt, der zu einer Zeit abgegeben wird, zu der nur geringe Bewegung erwartet wird, oder zu der das Maß einer Bewegung bekannt ist. Der Referenzpuls wird gewöhnlich vor einem Stoßpuls oder lange nach einem Stoß zu einem Zeitpunkt abgegeben, bei dem davon ausgegangen wird, dass das Gewebe in eine Ruhe- oder Gleichgewichtsposition zurückgekehrt ist.

[0024] Die Wandlermatrix 102 für das ARFI-System 100 sendet den einen oder die mehreren Referenzpulse, Verfolgungspulse und/oder Stoßpulse in einer speziellen Sendungssequenz unter Verwendung eines zusammengesetzten Verzögerungsprofils zu dem Zielgebiet 101. In dem hier verwendeten Sinne bezeichnet der Begriff "zusammengesetztes Verzögerungsprofil" mehreren Zeitverzögerungen zwischen Ultraschallpulsabgaben an jedem Wandlerelement der Wandlermatrix 102. Speziell sind die relativen Zeitverzögerungen so gewählt, dass der von je-

dem Wandlerelement ausgehende Puls in Abhängigkeit spezieller Anwendungsanforderungen phasengleich bei einem speziellen fokalen Fleck hinzugefügt wird. Weiter bezeichnet der Begriff "Sendungssequenz" eine besondere Sequenz, in der der Sendeschaltkreis **104** die Ultraschallpulse sendet, um bei einer dem Zielgebiet **101** entsprechenden gewünschten Tiefe und/oder räumlichen Position zu fokussieren. Speziell spezifiziert die Sendungssequenz die Art des (Stoß-, Referenz- oder Verfolgungs-)Pulses und/oder die Zeit und räumliche Position für jedes Abfeuern unter Verwendung der zusammengesetzten Verzögerung.

[0025] Gemäß Aspekten der vorliegenden Erfindung kann das zusammengesetzte Verzögerungsprofil genutzt werden, um ARFI-Pulssequenzen zu einem Zielgebiet zu senden, um eine im Wesentlichen gleichmäßige Strahlintensität über die Tiefe hinweg zu erreichen, Frameraten zu verbessern und die Datenakquisitionszeit und Dosierung für die Bildgebung des Zielgebiets zu reduzieren. Exemplarische ARFI-Bildgebungsverfahren, die eine maßgeschneiderte fokale Einstellung und ein zusammengesetztes Verzögerungsprofil nutzen, sind eingehender mit Bezug auf [Fig. 2-Fig. 7](#) beschrieben.

[0026] In speziellen Ausführungsbeispielen enthält das System **100** einen Sendeschaltkreis **104**, der betriebsmäßig mit der Wandlermatrix **102** verbunden ist, um die Ultraschallpulse unter Verwendung des zusammengesetzten Verzögerungsprofils zu dem Zielgebiet zu senden. Dementsprechend kann der Sendeschaltkreis **104** beispielsweise einen Sendestrahlförderer, eine Prozessoreinheit und/oder einen Zeitsteuerschaltkreis beinhalten (nicht gezeigt). Der Sendeschaltkreis **104** sendet den einen oder die mehreren Verfolgungs- und/oder Stoßpulse zu der Wandlermatrix **102** in Entsprechung zu einer Abtastsequenz, die räumlich entlang von Geraden zentriert ist, die im Allgemeinen als Sendeabtastzeilen bezeichnet sind. In einem Ausführungsbeispiel beinhalten die Sendepulse ein oder mehrere Verfolgungspulse und Stoßpulse, die zu dem Zielgebiet **101** in der ermittelten Abtastsequenz gesendet sind, die längs der Sendeabtastzeilen zentriert ist. Die Sendeabtastzeilen können mittels der ermittelten Abtastsequenz geeignet beabstandet sein, um basierend auf den Anforderungen einer Bildgebung eine planare lineare, eine planare sektorielle oder eine sonstige Wiedergabe des Zielgebiets auf einem Display hervorzubringen.

[0027] Speziell sendet der Sendeschaltkreis **104** den Sendepuls sequentiell oder gleichzeitig längs verschiedener Abtastzeilen oder verschiedener Schärfentiefen längs derselben Abtastzeile (zusammengesetzter Fokus), um wenigstens einen Abschnitt des Zielgebiets **101** abzubilden. Der von der Wandlermatrix **102** stammende fokussierte Sendepuls durchquert das Zielgebiet, und wenigstens ein

Teil des Ultraschallsignals wird zu der Wandlermatrix **102** zurück reflektiert. Gewöhnlich hängt der Teil des zu der Wandlermatrix **102** zurückgeworfenen Ultraschallsignals von Materialeigenschaften ab, beispielsweise von der unterschiedlichen Gewebedichte, die die Steifigkeit oder eine Dicke des Zielgebiets **101** kennzeichnet.

[0028] Darüber hinaus enthält das System **100** einen Empfangsschaltkreis **106**, der betriebsmäßig mit der Wandlermatrix **102** verbunden ist, um das reflektierte Ultraschallsignal und zugeordnete Daten aus dem Zielgebiet **101** aufzunehmen. Speziell fokussiert der Empfangsschaltkreis **106** Empfangsechos entlang von Geraden oder gewissen räumlich gekrümmten Pfaden, die als Empfangsabtastzeilen bezeichnet werden. Gewöhnlich ist eine Hin- und Rückwegverzögerungszeit für eine Position, die sich gegenüber der Wandlermatrix **102** am nächsten befindet, am kürzesten, und sie ist am längsten für eine Position, die von der Wandlermatrix **102** am weitesten entfernt ist. Dementsprechend können sich die Empfangsabtastzeilen in einem Ausführungsbeispiel von der geringsten interessierenden Schärfentiefe bis zu der tiefsten interessierenden Schärfentiefe des Zielgebiets **101** erstrecken. Der Empfangsschaltkreis **106** tastet somit die Empfangsechos an mehreren Schärfentiefen längs sämtlicher Empfangsabtastzeilen ab, um Daten zu ermitteln, die den reflektierten Signalen entsprechen, die durch die Wandlermatrix **102** aufgenommen sind.

[0029] Weiter sind der Sendeschaltkreis **104** und/oder der Empfangsschaltkreis **106** gemäß gewissen Aspekten des vorliegenden Systems mit einer Steuereinrichtung **108** elektronisch verbunden, um den Datenstrom durch das System **100** hindurch zu steuern. Speziell berechnet die Steuereinrichtung **108** das zusammengesetzte Verzögerungsprofil, um die Sendungssequenz der verschiedenen Pulse, die Häufigkeit des Sendens der Verfolgungspulse und der Stoßpulse, eine Zeitverzögerung zwischen zwei verschiedenen Pulsen, die Strahlintensität und/oder sonstige Bildgebungssystemparameter zu steuern. Darüber hinaus ist die Steuereinrichtung **108** dazu eingerichtet, die von dem Zielgebiet **101** her aufgenommenen Daten in einer Speichereinrichtung **110** für eine weitere Verarbeitung zu speichern. Hierfür kann die Speichereinrichtung **110** Speichervorrichtungen enthalten, beispielsweise einen RAM-Speicher, einen Festwertspeicher, ein Laufwerk, eine Halbleiterspeichereinrichtung und/oder ein Flashmemory.

[0030] In speziellen Ausführungsbeispielen verarbeitet eine Signalverarbeitungseinheit **112** die in der Speichervorrichtung **110** gespeicherten Daten, um Bilder hoher Qualität zur Veranschaulichung einer oder mehrerer mechanischer Eigenschaften des Zielgebiets zu erzeugen. Obwohl [Fig. 1](#) die Speicherein-

richtung **110** als ein Teil der Signalverarbeitungseinheit **112** veranschaulicht, können abgewandelte Ausführungsbeispiele eine Speichereinrichtung verwenden, die unabhängig ist oder eine Komponente eines weiteren Systems ist, das in Datenaustausch mit dem System **100** verbunden ist. Speziell kann die Signalverarbeitungseinheit **112** diese Bilder auch auf einem Display wiedergeben, drucken, speichern oder zur Durchsicht und Analyse an andere Beteiligte übermitteln. In speziellen Ausführungsbeispielen kann die Signalprozessoreinheit **112** die Daten unmittelbar von dem Controller **108** aufnehmen, um gemeinsam mit den Bildern, die die dem Zielgebiet entsprechenden mechanischen Eigenschaften kennzeichnen, Ultraschallbilder zu erzeugen. Hierfür kann die Signalverarbeitungseinheit **112** einen digitalen Signalverarbeitungsprozessor, einen Mikroprozessor, einen Mikrocomputer, einen Mikrocontroller, ein Bildgebungssystem und/oder eine beliebige sonstige Vorrichtung enthalten. Darüber hinaus kann die Signalverarbeitungseinheit **112** in das System **100** integriert sein oder über ein verdrahtetes und/oder ein drahtloses Kommunikationsnetzwerk, beispielsweise über das Internet, betriebsmäßig mit dem System **100** verbunden sein. In speziellen Ausführungsbeispielen ist die Signalverarbeitungseinheit **112** jedoch möglicherweise keine gesonderte Einheit und kann als Teil der Steuereinrichtung **108** vorgesehen sein, um die Signaldaten zu verarbeiten und Bilder hoher Qualität zu erzeugen, die dem Zielgebiet **101** entsprechen.

[0031] Außerdem kann das System **100** eine Anzeigevorrichtung **114**, beispielsweise einen Monitor, enthalten, der dazu dient, die durch die Signalverarbeitungseinheit **112** erzeugten Bilder anzuzeigen. In einem Ausführungsbeispiel kann die Anzeigevorrichtung **114** außerdem eine graphische Benutzerschnittstelle (GUI) umfassen, um einem Benutzer konfigurierbare Optionen zur Bildgebung des Zielgebiets anzubieten. Beispielsweise können die konfigurierbaren Optionen einen auswählbaren interessierenden Bereich (ROI), eine fokale Einstellung, ein Verzögerungsprofil, eine für die Sendung der Pulse verwendete Abtastsequenz und/oder Bildgebungssystemvorgabewerte zum Erzeugen von Bildern beinhalten, die die Steifigkeit des Zielgebiets aufzeigen. Ein zur Bildgebung des Zielgebiets dienendes exemplarisches Verfahren, das ein zusammengesetztes Verzögerungsprofil verwendet, um Mehrfachfokusanordnungen innerhalb eines einzelnen Sendevorgangs maßzuschneidern, wird eingehender mit Bezug auf [Fig. 2](#) beschrieben.

[0032] Anhand von [Fig. 2](#) wird ein Flussdiagramm **200** dargelegt, das ein exemplarisches ARFI-Bildgebungsverfahren gemäß gewissen Aspekten der vorliegenden Erfindung veranschaulicht. Das exemplarische Verfahren **200** kann in einem allgemeinen Zusammenhang mit von einem Computer ausführbaren Anweisungen auf einem Rechnersys-

tem oder einem Prozessor beschrieben sein. Allgemein können von einem Computer ausführbaren Anweisungen Programmroutinen, Programme, Objekte, Komponenten, Datenstrukturen, Prozeduren, Module, Funktionen und dergleichen beinhalten, die spezielle Funktionen ausführen oder spezielle abstrakte Datentypen verwenden. Das exemplarische Verfahren kann auch in einer dezentralen Computerumgebung genutzt werden, wo Optimierungsfunktionen durch entfernt angeordnete Verarbeitungsvorrichtungen durchgeführt werden, die über ein Kommunikationsnetzwerk verbunden sind. In der dezentralen Computerumgebung können die von einem Computer ausführbaren Anweisungen sowohl in einem lokalen als auch in entfernt angeordneten Computerspeichermedien, zu denen auch Arbeitsspeichervorrichtungen gehören, angeordnet sein.

[0033] Weiter ist das exemplarische Verfahren in [Fig. 2](#) als eine Zusammenstellung von Blöcken in einem logischen Flussdiagramm veranschaulicht, das Arbeitsschritte repräsentiert, die in Hardware, Software oder als Kombinationen davon verwirklicht sein können. Die vielfältigen Arbeitsschritte sind in den Blöcken dargestellt, um die Funktionen zu veranschaulichen, die allgemein während verschiedener Phasen des exemplarischen ARFI-Bildgebungsverfahrens ausgeführt werden. Im Zusammenhang mit Software repräsentieren die Blöcke Programmanweisungen, die, wenn sie durch ein oder mehrere Verarbeitungssubsysteme ausgeführt werden, die genannten Arbeitsschritte durchführen. Die Reihenfolge, in der das exemplarische Verfahren beschrieben ist, ist nicht als beschränkend zu erachten, und es können beliebig viele der beschriebenen Blöcke in jeder Reihenfolge zusammengestellt werden, um das hierin beschriebene exemplarische Verfahren oder ein äquivalentes alternatives Verfahren durchzuführen. Darüber hinaus können gewisse Blöcke von dem exemplarischen Verfahren entfernt werden oder durch weitere Blöcke, die zusätzliche Funktionalität aufweisen, erweitert werden, ohne von dem Schutzzumfang der hierin beschriebenen Erfindung abzuweichen. Für Zwecke der Erörterung ist das exemplarische Verfahren mit Bezug auf die Elemente von [Fig. 1](#) beschrieben.

[0034] ARFI-Bildgebung wird verwendet, um zwischen gesunden und erkrankten Geweben auf der Grundlage einer Beziehung zwischen Kraft und Verschiebung zwischen den gesunden und erkrankten Geweben zu unterscheiden. In diesem Sinne kann ARFI-Bildgebung genutzt werden, um zwei- oder dreidimensionale Bilder für diagnostische und/oder prognostische Zwecke zu erzeugen. Gewöhnlich wird der Fokus des Bildgebungssystems während einer ARFI-Bildgebung auf ein Zielgebiet eingestellt. Beispielsweise kann das Zielgebiet Regionen beinhalten, die eine erhöhte oder verminderte Steifigkeit in Bezug auf das durchschnittliche umliegende Gewebe

aufweisen können, beispielsweise Tumore, karzinöse Gewebe, abladierte Gewebe und/oder verhärtete Blutgefäße. Obwohl ein Bildgebungsstrahl bei einem entsprechenden fokalen Fleck in einem herkömmlichen ARFI-Bildgebungssystem einen schärferen Fokus aufweisen kann, wird der Fokus in von dem fokalen Fleck beabstandeten Regionen fortschreitend schwächer, was die Bildgebungsleistung schmälert.

[0035] Daher wird eine fokale Einstellung eines Bildgebungssystems, beispielsweise des Systems **100** von **Fig. 1**, konfiguriert, um eine ARFI-Pulssequenz zu mehreren Fokuspositionen zu senden. Speziell wird die fokale Einstellung in einem Ausführungsbeispiel mittels der Wandler Elemente in einer eindimensionalen oder zweidimensionalen Wandlermatrix einer Ultraschallbildgebungsvorrichtung konfiguriert, um über unterschiedliche Tiefen hinweg eine im Wesentlichen gleichmäßige Strahlintensität zu erreichen. Zu jenem Zweck werden in Schritt **202** ein oder mehrere Wandler Elemente in der Wandlermatrix so konfiguriert, dass sie mehrere Aperturen (Öffnungen) bilden, um die Ultraschallpulse auf mehrere Zielgebiete zu fokussieren. In der gegenwärtig in Erwägung gezogenen Konstruktion können die mehreren Zielgebiete verschiedenen räumlichen Positionen oder unterschiedlichen Tiefen entsprechen, die denselben oder anderen räumlichen Positionen auf dem Zielgewebe entsprechen.

[0036] Weiter sendet in Schritt **204** ein Sendeschaltkreis, beispielsweise der Sendeschaltkreis **104** von **Fig. 1**, ein oder mehrere Referenzpulse zu den mehreren Zielgebieten, um entsprechende Anfangspositionen jedes der mehreren Zielgebiete zu ermitteln. Daran anschließend sendet der Sendeschaltkreis in Schritt **206** durch wenigstens zwei der mehreren Öffnungen einen Stoßpuls zu mindestens zwei der mehreren Zielgebiete. Speziell werden die mehreren Öffnungen gemäß Aspekten der vorliegenden Erfindung unter Verwendung eines zusammengesetzten Verzögerungsprofils auf spezielle Zielgebiete fokussiert, die speziellen Tiefen und/oder speziellen räumlichen Positionen entsprechen.

[0037] Wie zuvor festgestellt, bezeichnet der Begriff "zusammengesetztes Verzögerungsprofil" relative Zeitverzögerungen, die auf die Wandler Elemente in jeder der mehreren Öffnungen angewendet werden, um den auf die speziellen Zielgebiete fokussierten Stoßpuls abzufeuern. In einem Ausführungsbeispiel berechnet das Bildgebungssystem das zusammengesetzte Verzögerungsprofil mittels eines Algorithmus zur Aufteilung der Öffnungen und unter Verwendung der Geometrie der Messwertgebelemente und der speziellen Zielgebiete in Abhängigkeit von den Bildgebungsanforderungen. Speziell berechnet das Bildgebungssystem die mehreren relativen Verzögerungen in dem zusammengesetzten Verzögerungsprofil, so dass der Stoßpuls durch die mehre-

ren Öffnungen gesendet wird, um einen größeren Bereich in dem Gewebe oder einige gesonderte Geweberegionen zu verschieben.

[0038] In einer Abwandlung können die relativen Verzögerungen in dem zusammengesetzten Verzögerungsprofil mittels einer erschöpfenden Suche oder einer in einem Satz von möglichen einzelnen Verzögerungen durchgeführten gezielten Suche ausgewählt werden, die einen axialen Spitzendruck und/oder die Gleichmäßigkeit des axialen Spitzendrucks längs einer gewünschten Feldtiefe optimiert. Speziell kann in einem Ausführungsbeispiel ein erster Satz von Verzögerungen ausgewählt werden, so dass die Schallimpulse, die von einem speziellen Satz von Wandler Elementen ausgehen, die einer ersten Öffnung entsprechen, bei einem ersten Zielgebiet gleichzeitig ankommen, um konstruktive Interferenz zu ermöglichen. Ein weiterer Satz von Wandler Elementen, die einer zweiten Öffnung entsprechen, kann jedoch einen unterschiedlichen Satz von Verzögerungen verwenden, um eine konstruktive Interferenz bei einem zweiten Zielgebiet zu ermöglichen.

[0039] Darüber hinaus können in speziellen Ausführungsbeispielen unterschiedliche Arten von Kurven, beispielsweise solche, die einer Axicon-Fokussfunktion, einer parabolischen Fokussfunktion oder einer Polynomfunktion entsprechen, genutzt werden, um das zusammengesetzte Verzögerungsprofil zu berechnen. In solchen Ausführungsbeispielen wird die Verzögerung zwischen Wandler Elementen, die in der Mitte der Wandlermatrix angeordnet sind, und den Wandler Elementen, die an einem Rand der Wandlermatrix angeordnet sind, ständig variiert, während sich die Fokusposition in Abhängigkeit von einem Abstand von der Mitte der Öffnung linear zwischen zwei Werten ändert. Die kontinuierliche Änderung der Verzögerung gestattet es dem Bildgebungssystem, den Stoßpuls bei unterschiedlichen Tiefen oder räumlichen Positionen zu fokussieren, so dass die Schallleistung über die unterschiedlichen Tiefen/räumlichen Positionen verteilt wird, um eine gleichmäßigere Verschiebung zu erreichen. Beispielsweise kann ein ausgewähltes Verzögerungsprofil die Wandler Elemente, die in der Mitte der Wandlermatrix angeordnet sind, bei geringen Tiefen fokussieren, während es die Wandler Elemente, die an dem Rand der Wandlermatrix angeordnet sind, bei größeren Tiefen fokussiert.

[0040] Abgewandelte Ausführungsbeispiele können ein elliptisches Verzögerungsprofil oder ein frequenzabhängiges Fokussieren verwenden, um den Stoßpuls zu mehreren Zielgebieten zu senden. Beispielsweise erzeugt der Sendeschaltkreis in Falle eines frequenzabhängigen Fokussierens eine erste Frequenzkomponente und eine zweite Frequenzkomponente, die ein Fokussieren des Stoßstrahls auf mehrere Fokuspositionen ermöglichen. Beispielsweise bewirkt die erste Frequenzkomponente eine Fo-

kussierung des Stoßpulses bei einer ersten Tiefe und/oder räumlichen Position, die einem ersten Zielgebiet entspricht. In ähnlicher Weise bewirkt die zweite Frequenzkomponente eine Fokussierung des Stoßpulses bei einer zweiten Tiefe und/oder räumlichen Position, die einem zweiten Zielgebiet entspricht. Einige weitere Ausführungsbeispiele benutzen eine Mehrfachzeilenabstrahlkonfiguration, wobei unter Verwendung von zwei unterschiedlichen Verzögerungsprofilen, die im Wesentlichen gleichzeitig bei zwei Positionen fokussieren, durch ein und dieselbe Öffnung gefeuert wird.

[0041] Weitere Verbesserungen der ARFI-Bildgebung können erzielt werden, indem das zusammengesetzte Verzögerungsprofil gemeinsam mit einem selektiven Fokussieren einzelner Zeilen in mehrzeiligen Wandlermatrices genutzt wird. Beispielsweise kann eine komplexe mechanische Linse in Verbindung mit dem zusammengesetzten Verzögerungsprofil genutzt werden, um jede Zeile in dem mehrzeiligen Wandler wahlweise bei einer speziellen Tiefe oder räumlichen Position zu fokussieren, und auf diese Weise in einem einzelnen Sendevorgang einen Mehrfachfokusbetrieb zu erzielen. Darüber hinaus können spezielle Ausführungsbeispiele eine komplexe Öffnungsfunktion verwenden, die eine Apodisation oder Schattierung mit dem Einsatz des zusammengesetzten Verzögerungsprofils kombiniert, um eine größere Gleichmäßigkeit der Verschiebung jedes der mehreren Zielgebiete zu erreichen, um nachfolgende ARFI-Bildgebungsschritte zu vereinfachen.

[0042] Mit Bezug auf Schritt 208 sendet der Sendeschaltkreis ein oder mehrere Verfolgungspulse zu den mehreren Zielgebieten, um durch den Stoßpuls verursachte Verschiebungen wenigstens der speziellen Zielgebiete zu detektieren. Die Verschiebung der Zielgebiete kann sich umgekehrt proportional zu einer Elastizität jedes der Zielgebiete verhalten. Dementsprechend können der eine oder die mehreren Verfolgungspulse in einem Ausführungsbeispiel mittels einer Kreuzkorrelation mit dem Referenzpuls oder einem sonstigen Verfolgungspuls einen Pegel der Verschiebung jedes speziellen Zielgebiets in den mehreren Zielgebieten erfassen. Zur Berechnung der Verschiebung können von der Kreuzkorrelation abweichende Verfahren genutzt werden, beispielsweise, jedoch ohne es darauf beschränken zu wollen, eine Summe der absoluten Differenzen, Nulldurchgangstechniken, ein Quadratsummenfehler, eine Methode der Abschätzung der kleinsten Quadrate oder sonstige geeignete Bewegungsberechnungsverfahren. In einem Ausführungsbeispiel kann das Bewegungsberechnungsverfahren beispielsweise Hochfrequenz-(HF)-Signale, demodulierte komplexe analytische oder Basisbandsignale, die Intensität und ein logarithmisch erfasstes Signal, oder Signale von einer beliebigen sonstigen Stufe der Verar-

beitung verwenden, um die Abschätzungen von 1D-, 2D- oder 3D-Verschiebungen zu ermitteln.

[0043] Zu jenem Zweck kann eine Prozessoreinheit, beispielsweise die Signalverarbeitungseinheit 112 von Fig. 1, eine Karte der Verschiebungen erzeugen, die an den verschiedenen räumlichen Positionen und/oder Tiefen über eine gewisse Zeitspanne erfasst sind. Speziell kann die Prozessoreinheit die Verschiebungskarte erzeugen, indem sie die bei den unterschiedlichen Tiefen und/oder räumlichen Positionen erfassten Ultraschallsignale in Beziehung zu der Zeit setzt. Die Verschiebungskarten können weiter verarbeitet werden, um Karten einer oder mehrerer Eigenschaften eines Zielgewebes zu erstellen, beispielsweise einer Steifigkeit, einer Belastung, einer Geschwindigkeit, einer Verschiebung in einem spezifizierten Zeitpunkt, einer maximalen Verschiebung, einer Zeit des Erreichens einer maximalen Verschiebung und/oder einer Zeit des Abbaus der maximalen Verschiebung. Die ermittelten Gewebeeigenschaften können dann verwendet werden, um das Vorhandensein einer Erkrankung oder Anomalie in dem Zielgewebe zu identifizieren.

[0044] Weiter veranschaulicht Fig. 3A in einer grafischen Darstellung 300 eine exemplarische Konfiguration einer fokalen Einstellung in einem Bildgebungssystem, beispielsweise dem System 100 von Fig. 1. Die exemplarische Konfiguration veranschaulicht mehrere Fokuspositionen und die Verwendung eines zusammengesetzten Verzögerungsprofils, wie es mit Bezug auf Fig. 2 beschrieben ist, um einen Stoßpuls zu den mehreren Fokuspositionen zu senden. In einem Ausführungsbeispiel gehören zu der fokalen Einstellung unter Verwendung eines zusammengesetzten Verzögerungsprofils 310 eine erste Sendeöffnung 302, um den Stoßpuls bei einer ersten Fokusposition 304 zu fokussieren, und eine zweite Sendeöffnung 306, um den Stoßpuls bei einer zweiten Fokusposition 308 zu fokussieren.

[0045] Das zusammengesetzte Verzögerungsprofil 310 kann, wie es mit Bezug auf Schritt 206 von Fig. 2 beschrieben ist, bestimmt werden, um eine Verschiebung der ersten Fokusposition 304 und der zweiten Fokusposition 308 über eine gewünschte Feldtiefe hinweg zu optimieren. Es ist zu beachten, dass die Strahlungskraft proportional zu der Ultraschallintensität ist, die sich über die Tiefe des abgestrahlten Stoßpulses hinweg ändert. Dementsprechend ändert sich die Strahlungskraft über die Tiefe des Zielgebiets hinweg, so dass die Strahlungskraft an der Fokusposition des Stoßpulses am größten ist und in Regionen vor und nach dieser Fokusposition in fortschreitendem Maße abnimmt. Das zusammengesetzte Verzögerungsprofil 310 kann daher bestimmt werden, um den Stoßpuls durch mehrere Öffnungen zu mehreren Fokuspositionen zu senden, um einen größeren Bereich in dem Gewebe zu verschieben.

[0046] Speziell kann das zusammengesetzte Verzögerungsprofil **312** berechnet werden, um geeignete Verzögerungen für die Wandlerelemente zu ermitteln, die der ersten Sendeöffnung **302** und der zweiten Sendeöffnung **306** entsprechen. Die in dieser Weise ermittelten Verzögerungen werden auf den geeigneten Satz von Wandlerelementen in der ersten Sendeöffnung **302** angewendet, um den Stoßpuls bei der ersten Fokusposition **304** zu fokussieren, und in der zweiten Sendeöffnung **306** angewendet, um den Stoßpuls an der zweiten Fokusposition **308** zu fokussieren. Beispielsweise kann ein zentraler Abschnitt einer gesamten Sendeöffnung auf einen Abschnitt geringer Tiefe eines Zielgebiets in der Nähe des Wandlers fokussiert sein, und die äußeren Ränder können bei einer größeren Tiefe des Zielgebiets fokussiert sein. In einem Ausführungsbeispiel kann das Verzögerungsprofil **312** genutzt werden, um den Stoßpuls in einer überlagernden Weise, gleichzeitig und/oder nach einer ermittelten Zeit, beispielsweise einer ermittelten Ausbreitungsverzögerung, auf der Grundlage von Anwendungsanforderungen zu mehreren Brennpunkten zu senden.

[0047] Wie anhand einer grafischen Darstellung **314** in **Fig. 3B** veranschaulicht, vereinfacht der Einsatz des zusammengesetzten Verzögerungsprofils **312** zum Senden von Stoßpulsen durch die verschiedenen Sendeöffnungen zu mehreren Brennpunkten in dem Zielgebiet im Vergleich zu einem einzelnen engen Fokus eine wesentlich gleichmäßigere Verteilung der Strahlintensität über die Tiefe hinweg. Darüber hinaus erhält die Verwendung der mehreren Sendeöffnungen in speziellen Ausführungsbeispielen eine große Schallleistung aufrecht und ermöglicht daher die Erzeugung von Verschiebungsbildern hoher Qualität.

[0048] Weiter veranschaulicht **Fig. 4** in einem Flussdiagramm **400** ein weiteres exemplarisches ARFI-Bildgebungsverfahren zur Bildgebung eines Zielgebiets mittels überlagerter Stoßpulse. Speziell beschreibt das Verfahren ein Senden von Stoßpulsen hoher Intensität zu mehreren Fokuspositionen in einer überlagernden Weise. Aus Gründen der Übersichtlichkeit wird das vorliegende Verfahren mit Bezug auf einen ersten und einen zweiten Stoßpuls beschrieben, die zu einem ersten und einem zweiten Zielgebiet gesendet werden. Es ist jedoch zu beachten, dass die Anzahl von Stoßpulsen und der Zielgebiete basierend auf Anwendungsanforderungen angepasst werden kann, um größer als zwei zu sein.

[0049] Das Verfahren beginnt in Schritt **402**, in dem ein oder mehrere Referenzpulse zu mehreren Zielgebieten gesendet werden, um Anfangspositionen zu erfassen, die jeweils den mehreren Zielgebieten entsprechen. Beispielsweise entsprechen die mehreren Zielgebiete mehreren Tiefen an einer speziellen Stelle eines Zielgewebes. In speziellen Ausführungs-

beispielen können die mehreren Zielgebiete jedoch mehreren Tiefen und/oder mehreren räumlichen Positionen auf dem Zielgewebe entsprechen.

[0050] Die durch den Stoßpuls verursachte Verschiebung des Zielgebiets ist direkt proportional zu der Länge des Stoßpulses. Gewöhnlich bewirken längere Stoßpulse eine größere Verschiebung und lassen sich daher leichter erfassen. Längere Stoßpulse erfordern jedoch eine längere Datenakquisitionszeit. Dementsprechend werden in dem vorliegenden ARFI-Bildgebungsverfahren der erste und der zweite Stoßpulse in Form von mehreren kürzeren Stoßpulssegmenten zu dem ersten und zweiten Zielgebiet gesendet. Zu jenem Zweck sind sowohl der erste Stoßpuls als auch der zweite Stoßpuls in mehrere kürzere Stoßpulssegmente unterteilt. Speziell können der erste und zweite Stoßpuls in Schritt **404** in mehrere kürzere erste Stoßpulssegmente bzw. kürzere zweite Stoßpulssegmente aufgeteilt sein. Im Gegensatz zu einer herkömmlichen ARFI-Bildgebung können die mehreren kürzeren ersten und die zweiten Stoßpulssegmente in dem vorliegenden ARFI-Bildgebungsverfahren zu dem ersten bzw. dem zweiten Zielgebiet gesendet werden, ohne zwischen der Anzahl von ersten und zweiten kürzeren Stoßpulssegmenten Verfolgungspulse zu senden.

[0051] Darüber hinaus werden die ersten und zweiten kürzeren Stoßpulssegmente so erzeugt, dass sie in Abhängigkeit von Bildgebungsanforderungen entweder dieselben oder andere Parameter, beispielsweise der Frequenz, der Amplitude, der Pulslänge und/oder des Schalldrucks, aufweisen. Beispielsweise kann die Schallleistung der ersten und zweiten kürzeren Stoßpulssegmente gemäß einer im Zusammenhang mit einem speziellen Zielgebiet vorliegenden Wärmebeschränkung angepasst werden. Darüber hinaus werden die ersten und zweiten kürzeren Stoßpulssegmente in einer überlagernden Weise zu dem ersten bzw. zweiten Zielgebiet gesendet, so dass Verschiebungen bei den beiden Zielgebieten in etwa übereinstimmen. Zu jenem Zweck werden eine Anzahl N der ersten und zweiten kürzeren Stoßpulssegmente und entsprechende Pulslängen ermittelt. Speziell werden die Anzahl N und die Pulslängen geeignet bestimmt, so dass ein Abfeuern der kürzeren Stoßpulssegmente mit einer speziellen Wiederholrate eine gewünschte Verschiebung jedes der mehreren Zielgebiete hervorruft.

[0052] Herkömmliche ARFI-Bildgebungstechniken stoßen und verfolgen eine Verschiebung bei mehreren fokalen Bereichen sequentiell hintereinander, um den ARFI-Tiefenbereich zu verbessern. Ein solches sequentielles Stoßen und Verfolgen ist jedoch zeitaufwendig und ergibt verringerte Frameraten. Das vorliegende ARFI-Bildgebungsverfahren beschreibt jedoch das Senden der kürzeren ersten Stoßpulssegmente, die auf das erste Zielgebiet fokussiert sind,

und das Senden der kürzeren zweiten Stoßpulssegmente, die auf das zweite Zielgebiet fokussiert sind, als in einer überlagernden Weise nacheinander ausgeführt. In Schritt **406** wird daher eine Zählvariable mit einem Wert Null initialisiert. Weiter wird in Schritt **408** eines der mehreren kürzeren ersten Stoßpulssegmente zu dem ersten Zielgebiet gesendet. In ähnlicher Weise wird in Schritt **410** eines der mehreren kürzeren zweiten Stoßpulssegmente zu dem zweiten Zielgebiet gesendet. Danach wird die Zählvariable in Schritt **412** um den Wert "1" inkrementiert.

[0053] Weiter wird der Wert der Zählvariablen in Schritt **414** mit dem Wert "N" verglichen. Falls der Wert der Zählvariablen kleiner als "N" ist, übergibt das Verfahren die Steuerung wieder an Schritt **408**, so dass weitere kürzere erste und zweite Stoßpulssegmente zu dem ersten bzw. zweiten Zielgebiet gesendet werden, bis der Wert der Zählvariablen gleich "N" ist. Wenn der Wert der Zählvariablen in Schritt **416** gleich "N" ist, werden ein oder mehrere Verfolgungspulse zu dem ersten und zweiten Zielgebiet gesendet, um die Verschiebungen zu erfassen, die durch die ersten und zweiten kürzeren Stoßpulse hervorgerufen sind. Speziell können die Verschiebungen erfasst werden, indem die Anfangspositionen der Zielgebiete mit entsprechenden verschobenen Positionen der Zielgebiete verglichen werden, wie sie durch die Verfolgungspulse erfasst sind. Die in dieser Weise bei den mehreren Zielgebieten erfassten Verschiebungen können zusätzlich genutzt werden, um ein ARFI-Bild für diagnostische Zwecke zu erzeugen.

[0054] Weiter veranschaulicht [Fig. 5](#) eine grafische Darstellung **500** einer exemplarischen Sequenz des Sendens von Stoßpulsen in Form mehrerer Pulse bei unterschiedlichen fokalen Zonen, wie es mit Bezug auf [Fig. 4](#) beschrieben ist. Speziell veranschaulicht die grafische Darstellung **500** eine Pulssequenz, die einen Satz von Referenzpulsen **502** und **504** enthält, die zu einem oder mehreren Zielgebieten gesendet werden, um entsprechende Anfangspositionen der Zielgebiete zu erfassen. In einem Ausführungsbeispiel kann die Länge der Referenzpulse **502** und **504** beispielsweise kürzer als 2 Mikrosekunden sein. Darüber hinaus wird ein Zeitintervall zwischen dem Senden der Referenzpulse **502** und **504** ausreichend lang beibehalten, um es dem Schallsignal zu erlauben, in eine äußerste Tiefe eines signifikanten Signals und zurück zu dem Wandler zu gelangen. Die Pulssequenz **500** enthält außerdem mehrere kürzere erste Stoßpulssegmente **506**, **508** und **510**, die zu dem ersten Zielgebiet gesendet sind, überlagert mit dem Senden mehrerer kürzerer zweiter Stoßpulssegmente **512**, **514** und **516** zu dem zweiten Zielgebiet.

[0055] Beispielsweise werden in einem Ausführungsbeispiel sowohl ein erster als auch ein zweiter Stoßpuls von 5 MHz, die dazu bestimmt sind, bei dem ersten und zweiten Zielort für jeweils etwa 200 Mikro-

sekunden einen Stoß auszuüben, in die drei kürzeren ersten Stoßpulssegmente **506**, **508** und **510** und in die drei kürzeren zweiten Stoßpulssegmente **512**, **514** und **516** aufgeteilt. Eine Anzahl "N" sowie weitere Parameter der kürzeren Stoßpulssegmente werden geeignet bestimmt, so dass das Abfeuern der kürzeren ersten und zweiten Stoßpulssegmente mit speziellen Wiederholraten eine gewünschte Verschiebung sowohl des ersten als auch des zweiten Zielgebiets hervorruft. Weiter wechselt sich gemäß Aspekten der vorliegenden Erfindung das Senden der ersten kürzeren Stoßpulssegmente **506**, **508** und **510** zu dem ersten Zielgebiet mit dem Senden von drei kürzeren zweiten Stoßpulssegmenten **512**, **514** und **516** zu dem zweiten Zielgebiet ab. In einem Ausführungsbeispiel wird daher einer Zählvariablen ein Anfangswert Null zugewiesen, der nach jedem Senden entweder des ersten oder zweiten kürzeren Stoßpulssegments zu dem ersten bzw. zweiten Zielgebiet um 1 inkrementiert wird. Beispielsweise wird der kürzere erste Stoßpuls **506** zu dem ersten Zielgebiet für etwa 67 Mikrosekunden gesendet, gefolgt von dem Senden des kürzeren zweiten Stoßpulses **512** zu dem zweiten Zielgebiet für etwa 67 Mikrosekunden, weiter gefolgt von dem Senden des Pulses **508** zu dem ersten Gebiet und des Pulses **514** zu dem zweiten Gebiet, und so fort.

[0056] In speziellen Ausführungsbeispielen können das erste und zweite Zielgebiet unterschiedlichen Tiefen bei derselben räumlichen Position eines Zielgewebes entsprechen. Speziell werden in einem Ausführungsbeispiel zwischen dem Senden der mehreren kürzeren ersten Stoßpulssegmente **506**, **508** und **510** und dem Senden der mehreren kürzeren zweiten Stoßpulssegmente **512**, **514** und **516** zu dem ersten und zweiten Zielgebiet keine Verfolgungspulse gesendet. Wenn die Zählvariable jedoch gleich N ist, können die Verfolgungspulse **518** und **520** genutzt werden, um Verschiebungen bei dem ersten bzw. zweiten Zielgebiet zu erfassen. Diese Verschiebungswerte können außerdem genutzt werden, um in Abhängigkeit von Anwendungsanforderungen ein ARFI-Bild der Zielgebiete zu erzeugen.

[0057] Obwohl das in [Fig. 5](#) gezeigte Ausführungsbeispiel zwei Referenzpulse, zwei Verfolgungspulse und drei kürzere Stoßpulssegmente darstellt, die zu jedem der beiden Zielgebiete gesendet werden, können andere Ausführungsbeispiele eine kleinere oder größere Anzahl von Pulsen und kürzere Pulssegmente und Zielgebiete verwenden. Allgemein können die Anzahl und Eigenschaften dieser Pulse von vielfältigen Faktoren abhängen, beispielsweise von der Anzahl von Zielgebieten, von der Größe einer Bewegungsfunktion, von dem Typ eines ARFI-Bilds und von sonstigen Anwendungsanforderungen. Darüber hinaus können die Referenz- und/oder die Verfolgungspulse in speziellen Ausführungsbeispielen außerdem in einer überlagernden Weise zu je-

dem der mehreren Zielgebiete gesendet werden, um vielfältige Arten von ARFI-Bilder zu erzeugen und den Einsatz anderer Bildverarbeitungsfunktionen zu ermöglichen, beispielsweise einen Bewegungsausgleichsalgorithmus, um ein zusätzliches Glätten hinzuzufügen.

[0058] Weiter veranschaulicht [Fig. 6](#) ein weiteres exemplarisches ARFI-Bildgebungsverfahren, das eine exemplarische sequentielle Abtastsequenz **600** zum Detektieren von Verschiebungen an Positionen verwendet, die sich von der fokalen Position während einer Bildgebung unterscheiden. In einem Ausführungsbeispiel kann ein ausführbares Programm, das auf einem nicht flüchtigen, von einem Rechner lesbaren Speichermedium gespeichert ist, geeignete Befehle an eine Prozessoreinheit ausgeben, um die vielfältigen Schritte des vorliegenden Verfahrens auszuführen. Speziell veranlasst das Programm in Schritt **602** die Prozessoreinheit, einen oder mehrere Referenzpulse zu mehreren Zielgebieten zu senden, um mittels eines Verschachtelungsschemas Anfangspositionen zu erfassen, die jeweils den mehreren Zielgebieten entsprechen. In einem Ausführungsbeispiel entsprechen die mehreren Zielgebiete beispielsweise mehreren lateral getrennten räumlichen Positionen auf einem Zielgewebe. In abgewandelten Ausführungsbeispielen können die mehreren Zielgebiete mehreren Tiefen und/oder mehreren räumlichen Positionen auf dem Zielgewebe entsprechen.

[0059] Als Nächstes wird in Schritt **604** ein Stoßpuls zu einer speziellen Position (Stoßposition) gesendet. Hierfür kann die räumliche Breite des Stoßpulses angepasst werden, um einen großen Bereich eines Zielgewebes abzudecken. In einem Ausführungsbeispiel beinhaltet der große Bereich einen Teil oder sämtliche der mehreren Zielgebiete. Gewöhnlich ist die räumliche Breite (Halbwertsbreite) des Stoßpulses gleich dem Blendenwert (dem Verhältnis von Schärfentiefe zur Öffnungsabmessung) multipliziert mit der Stoßpulswellenlänge. In einem Ausführungsbeispiel kann die Breite des Stoßpulses verändert werden, indem ein Verzögerungsprofil und/oder eine oder mehrere Eigenschaften einer Öffnung eingestellt werden, die verwendet wird, um den Stoßpuls zu senden. Speziell können das Verzögerungsprofil und/oder die Eigenschaften der Öffnung verändert werden, um den Blendenwert des Stoßpulses zu erhöhen, so dass die Breite des Stoßpulses zunimmt. Ein breiter Stoßpuls kann jedoch zu einer Verringerung des zu jedem Zielgebiet gesendeten Schalldrucks führen, was zu einem unzureichenden Stoß bei den mehreren Zielgebieten führt. Ein unzureichender Stoß kann die Detektion einer Verschiebungsantwort bei den mehreren Zielgebieten beeinträchtigen. Die Breite des Stoßpulses ist somit durch die Größe des für die mehreren Zielgebiete erforderlichen Schalldrucks beschränkt.

[0060] Weiter werden in Schritt **606** beispielsweise unter Verwendung eines Verschachtelungsschemas ein oder mehrere Verfolgungspulse zu den mehreren Zielgebieten gesendet, um eine Verschiebung jedes der mehreren Zielgebiete in Reaktion auf den Stoßpuls zu erfassen, der zu der speziellen Position gesendet ist. Dementsprechend können in dem vorliegenden ARFI-Bildgebungsverfahren mittels eines einzelnen Stoßpulses Daten von mehreren Positionen gesammelt werden, so dass Frameraten verbessert werden und eine raschere Bilderzeugung erzielt wird. Darüber hinaus verringert die Verwendung eines einzigen Stoßpulses für die Sammlung von Daten aus den mehreren Zielorten die Höhe der Ultraschallleistung, die dem Zielgewebe zugeführt wird. Eine Verringerung der Ultraschallleistung reduziert den Wärmeeintrag in dem Zielgewebe während die dem Patienten verabreicht Strahlendosis optimiert wird. In [Fig. 7](#) ist eine exemplarische Sequenz veranschaulicht, die zu den mehreren Zielgebieten gesendet wird, gemäß dem vorliegenden ARFI-Bildgebungsverfahren.

[0061] Speziell veranschaulicht [Fig. 7](#) eine exemplarische Sequenz des Sendens von Stoßpulsen bei verschiedenen Verfolgungspositionen unter Verwendung des mit Bezug auf [Fig. 6](#) beschriebenen Verfahrens. Wie zu sehen, werden mehrere Referenzpulse **702**, **704**, **706** und **708** in einer überlagernden Weise zu mehreren Zielgebieten gesendet. Wie zuvor festgestellt, werden die Referenzpulse **702**, **704**, **706** und **708** genutzt, um eine Anfangs- oder Referenzposition der mehreren Zielgebiete zu bestimmen. Anschließend kann ein Stoßpuls **710** zu einer speziellen Stoßposition gesendet werden. Das Senden eines Stoßpulses mit einer geeigneten Breite und/oder Schallleistung zu der Stoßposition bewirkt Verschiebungen an dem Punkt des Eintreffens der Sendung sowie in den mehreren Zielgebieten. Diese Verschiebungen können durch die mehreren Verfolgungspulse **712**, **714**, **716** und **718** erfasst werden, die in einer überlagernden Weise zu den mehreren Zielgebieten gesendet sind. Aus den mehreren Zielgebieten gesammelte Verschiebungsdaten, die durch einen einzelnen Stoßpuls hervorgerufen sind, werden somit genutzt, um einen Bereich eines Verschiebungsbildes zu erzeugen. In speziellen Ausführungsbeispielen kann das vorliegende ARFI-Verfahren gemeinsam mit den zeitlich überlappten Verfolgungspulsen **712**, **714**, **716** und **718** auch Mehrfachzeilenempfangsakquisition verwenden, um eine raschere Bilderzeugung mit einer optimierten Strahlendosis zu ermöglichen.

[0062] Die anhand von [Fig. 2](#), [Fig. 4](#) und [Fig. 6](#) beschriebenen exemplarischen ARFI-Bildgebungsverfahren können einzeln oder in Kombination genutzt werden, um die Leistung der ARFI-Bildgebung wesentlich zu verbessern, und die Framerate, Auflösung und Wärmedosis zu optimieren. Beispielsweise

se kann das Verfahren von [Fig. 4](#) mit dem Verfahren von [Fig. 2](#) kombiniert werden, so dass die ersten und zweiten kürzeren Stoßpulssegmente unter Verwendung eines zusammengesetzten Verzögerungsprofils in einer überlagernden Weise gesendet werden können. Speziell kann das zusammengesetzte Verzögerungsprofil mittels unterschiedlicher Abschnitte der gesamten Sendeöffnung ein Fokussieren der Stoßpulse auf die mehreren Zielgebiete ermöglichen, um die Schallleistung über die unterschiedlichen Tiefen hinweg zu verteilen. Die Verteilung der Schallleistung bewirkt eine gleichmäßigere Verschiebung, wobei auf zusätzliche Sendeereignisse verzichtet werden kann, so dass die Strahlungsdosis reduziert ist. Darüber hinaus ermöglicht die Verwendung geeigneter Verzögerungsprofile eine Annäherung an einen optimalen axialen Spitzendruck und an eine optimale Verschiebung des Zielgewebes. Die optimalen Verschiebungswerte können dann genutzt werden, um genauere Daten über das Zielgewebe zu bestimmen.

[0063] Darüber hinaus beinhaltet die vorliegende Beschreibung Ausführungsbeispiele, die die Verschiebungsantwort des Zielgebiets mit Blick auf die Pulssequenzen beschreiben.

[0064] Abgewandelte Ausführungsbeispiele können jedoch auch andere Antworten der Gewebe, beispielsweise Belastung, Belastungsrate und Veränderung der Amplitude der Verfolgungspulse, verwenden, um mechanische Eigenschaften eines Zielgebiets zu untersuchen. Zu jenem Zweck können Speckle Tracking Techniken, Summe der absoluten Differenzen, iteratives Annähern an den Phasennullwert, Schätzfunktionen der unmittelbaren Belastung, Kreuzkorrelations- und Autokorrelationstechniken verwendet werden, um die Verschiebung und/oder sonstige Parameterwerte zu erfassen, die einem Zielgewebe entsprechen.

[0065] Die hierin im Vorausgehenden beschriebenen Systeme und Verfahren können daher genutzt werden, um mechanische Eigenschaften eines Gewebes oder eines beliebigen sonstigen Materials zu bewerten, das für eine ARFI-Bildgebung geeignet ist. Beispielsweise erleichtern die Systeme und Verfahren eine Charakterisierung einer arteriellen Steifigkeit, eine Einschätzung eines Muskeltonus und eine Einschätzung einer Nierensteifigkeit mit Blick auf eine Unterscheidung von gesunden und erkrankten Geweben. Darüber hinaus können die exemplarischen ARFI-Bildgebungsverfahren auch in Hochfrequenz-(HF)-Ablationstherapie genutzt werden, wie sie beispielsweise für Leberkrebs verwendet wird, um den Fortschritt der Therapie nahezu in Echtzeit zu überwachen.

[0066] Während hierin lediglich gewisse Merkmale der vorliegenden Erfindung veranschaulicht und be-

schrieben wurden, erschließen sich dem Fachmann viele Abwandlungen und Veränderungen. Es ist daher selbstverständlich, dass die beigefügten Patentansprüche sämtliche Abwandlungen und Veränderungen abdecken sollen, die in den wahren Schutzbereich der Erfindung fallen.

[0067] Geschaffen sind Verfahren und Systeme zur Ultraschallbildgebung. Zu dem Verfahren gehören die Schritte: Anordnen mehrerer Öffnungen in einer Wandlermatrix einer Ultraschallbildgebungsanordnung, wobei die Öffnungen ein oder mehrere Wandlerelemente enthalten. Weiter werden ein oder mehrere Referenzpulse zu mehreren Zielgebieten gesendet, um entsprechende Anfangspositionen zu erfassen. Darüber hinaus wird durch wenigstens zwei der mehreren Öffnungen ein Stoßpuls zu mindestens zwei der mehreren Zielgebiete gesendet. Zu jenem Zweck werden die mehreren Öffnungen unter Verwendung eines zusammengesetzten Verzögerungsprofils auf spezielle Zielgebiete in den mehreren Zielgebieten fokussiert. Daran anschließend werden ein oder mehrere Verfolgungspulse zu den mehreren Zielgebieten gesendet, um entsprechende Verschiebungen wenigstens der speziellen Zielgebiete in den mehreren Zielgebieten zu detektieren. Weiter sind auch Ultraschallbildgebungsverfahren beschrieben, die mehrere kurze Stoßpulssegmente und/oder Verfolgungspulse zu entsprechenden Zielgebieten in einer überlagernden Weise senden.

Bezugszeichenliste

100	Bildgebungssystem
101	Zielgebiet
102	Wandlermatrix
104	Sendeschaltkreis
106	Empfangsschaltkreis
108	Steuereinrichtung
110	Speichereinrichtung
112	Signalverarbeitungseinheit
114	Anzeigevorrichtung
200	Flussdiagramm eines exemplarischen ARFI-Bildgebungsverfahrens
202–208	Schritte eines Flussdiagramms zur Veranschaulichung eines exemplarischen ARFI-Bildgebungsverfahrens
300	Grafische Darstellung einer exemplarischen Konfiguration einer fokalen Einstellung in einem Bildgebungssystem der Art des Systems 100 von Fig. 1
302	Erste Sendeöffnung
304	Erste Fokusposition
306	Zweite Sendeöffnung
308	Zweite Fokusposition
310	Zusammengesetztes Verzögerungsprofil
312	Grafische Darstellung der Verwendung des zusammengesetzten Ver-

- zögerungsprofils **312**, um im Vergleich zu einem einzelnen scharfen Fokus eine wesentlich gleichförmigere Verteilung der Strahlintensität über die Tiefe hinweg zu erzielen
- 400** Flussdiagramm eines weiteren exemplarischen ARFI-Bildgebungsverfahrens zur Bildgebung eines Zielgebiets mittels überlagerter Stoßpulse
- 402–416** Schritte eines Flussdiagramms eines weiteren exemplarischen ARFI-Bildgebungsverfahrens zur Bildgebung eines Zielgebiets mittels überlagerter Stoßpulse
- 500** Grafische Darstellung einer exemplarischen Sequenz des Sendens von Stoßpulsen in Form mehrerer Pulse bei unterschiedlichen fokalen Zonen, wie es mit Bezug auf [Fig. 4](#) beschrieben ist
- 502–504** Referenzpulse
- 506–510** Kürzere erste Stoßpulssegmente
- 512–516** Kürzere zweite Stoßpulssegmente
- 518–520** Verfolgungspulse
- 600** Exemplarische sequentielle Abtastsequenz zum Detektieren von Verschiebungen an Positionen, die während einer Bildgebung von der fokalen Position abweichen
- 602–606** Schritte eines weiteren exemplarischen ARFI-Bildgebungsverfahrens, das eine exemplarische sequentielle Abtastsequenz **600** zum Detektieren von Verschiebungen an Positionen verwendet, die während einer Bildgebung von der fokalen Position abweichen.
- 702–708** Referenzpulse
- 710** Stoßpuls
- 712–718** Verfolgungspulse

Patentansprüche

1. Ultraschallbildgebungsverfahren, mit den Schritten:

Anordnen mehrerer Aperturen in einer Wandlermatrix einer Ultraschallbildgebungsanordnung, wobei die mehreren Aperturen ein oder mehrere Wandlerelemente in der Wandlermatrix beinhalten;

Senden eines oder mehrerer Referenzpulse zu mehreren Zielgebieten, um Anfangspositionen der mehreren Zielgebiete zu erfassen;

Senden eines Stoßpulses zu mindestens zwei der mehreren Zielgebiete durch wenigstens zwei der mehreren Aperturen, wobei die mehreren Aperturen unter Verwendung eines zusammengesetzten Verzögerungsprofils auf spezielle Zielgebiete in den mehreren Zielgebieten fokussiert sind; und

Senden eines oder mehrerer Verfolgungspulse zu den mehreren Zielgebieten, um entsprechende Verschiebungen wenigstens der speziellen Zielgebiete in den mehreren Zielgebieten zu detektieren.

2. Verfahren nach Anspruch 1, zu dem ferner der Schritt gehört, das Verzögerungsprofil auf der Grundlage der Geometrie der Wandlermatrix und einer gewünschten Feldtiefe zu berechnen.

3. Verfahren nach Anspruch 2, wobei das Anordnen mehrerer Aperturen in einer Wandlermatrix die folgenden Schritte beinhaltet:

Auswählen spezieller Zielgebiete in den mehreren Zielgebieten, wobei jedes der speziellen Zielgebiete eine spezielle Tiefe aufweist, die einer gewünschten Feldtiefe entspricht;

Gruppieren des einen oder der mehreren Wandlerelemente, die in der Wandlermatrix vorhanden sind, in die mehreren Aperturen; und

Berechnen des zusammengesetzten Verzögerungsprofils, um die mehreren Aperturen so anzuordnen, dass der Stoßpuls zu jedem der speziellen Zielgebiete gesendet wird, das die spezielle Tiefe aufweist.

4. Verfahren nach Anspruch 2, wobei der Schritt des Berechnens des Verzögerungsprofils den Schritt beinhaltet, eine Verzögerung zwischen dem einen oder den mehreren Wandlerelementen in Abhängigkeit von einem Abstand des einen oder der mehreren Wandlerelemente von der Mitte einer entsprechenden Apertur fortlaufend zu verändern.

5. Verfahren nach Anspruch 1, zu dem ferner der Schritt gehört, den einen oder die mehreren Referenzpulse, den einen oder die mehreren Verfolgungspulse, oder eine Kombination davon in einer überlagernden Weise zu senden.

6. Ultraschallbildgebungsverfahren, mit den Schritten:

Senden eines oder mehrerer Referenzpulse zu mehreren Zielgebieten, um Anfangspositionen zu erfassen, die jeweils den mehreren Zielgebieten entsprechen;

Aufteilen von zwei oder mehreren Stoßpulsen in mehrere kürzere Stoßpulssegmente;

Senden der mehreren kürzeren Stoßpulssegmente, die jeweils den zwei oder mehreren Stoßpulsen entsprechen, zu entsprechenden Zielgebieten in einer überlagernden Weise; und

Senden eines oder mehrerer Verfolgungspulse zu den mehreren Zielgebieten, um eine Verschiebung jedes der mehreren Zielgebiete zu erfassen.

7. Verfahren nach Anspruch 6, wobei der Schritt des Aufteilens von zwei oder mehr Stoßpulsen ein Erzeugen der kürzeren Stoßpulssegmente mit denselben oder unterschiedlichen Eigenschaften beinhaltet, wobei die Eigenschaften eine Frequenz, eine Ampli-

tude, eine Pulslänge, einen Schalldruck, oder Kombinationen davon beinhalten.

8. Verfahren nach Anspruch 6, ferner mit dem Schritt des Sendens der mehreren Stoßpulssegmente unter Verwendung eines zusammengesetzten Verzögerungsprofils, das berechnet ist, um die Verschiebung jedes der mehreren Zielgebiete über eine gewünschte Feldtiefe hinweg zu optimieren.

9. Nicht flüchtiges, von einem Rechner lesbares Speichermedium, auf dem ein ausführbares Programm für Ultraschallbildgebung gespeichert ist, wobei das Programm eine Prozessoreinheit veranlasst, die folgenden Schritte durchzuführen:

Senden eines oder mehrerer Referenzpulse zu mehreren Zielgebieten, um Anfangspositionen zu erfassen, die jeweils den mehreren Zielgebieten entsprechen;

Senden eines Stoßpulses zu einer speziellen Position; und

Senden eines oder mehrerer Verfolgungspulse zu den mehreren Zielgebieten in einer überlagernden Weise, um in Reaktion auf den Stoßpuls, der zu der speziellen Position gesendet ist, eine Verschiebung jedes der mehreren Zielgebiete zu erfassen.

10. Ultraschallbildgebungssystem (**100**), zu dem gehören:

eine Wandlermatrix (**102**) mit mehreren Wandlerelementen, die eine Pulssequenz erzeugen, die wenigstens einen Verfolgungspuls und wenigstens einen Stoßpuls aufweist;

eine Steuereinrichtung (**108**), die mit der Wandlermatrix (**102**) verbunden ist, wobei die Steuereinrichtung (**108**):

die mehreren Wandlerelemente in eine oder mehrere Aperturen gruppiert, um die Pulssequenz bei einem oder mehreren Zielgebiete (**101**, **304**, **308**) zu fokussieren;

ein zusammengesetztes Verzögerungsprofil (**310**) berechnet, um eine Sendungszeit und eine Sendungsposition der Pulssequenz durch die zwei oder mehr Aperturen hindurch zu steuern; und

die zwei oder mehr Aperturen (**302**, **306**) anordnet, um die Pulssequenz zu dem einen oder den mehreren Zielgebieten (**101**, **304**, **308**) unter Verwendung des zusammengesetzten Verzögerungsprofils (**310**) zu senden; und

eine Signalverarbeitungseinheit (**112**), die dazu dient, Daten zu verarbeiten, die in Reaktion auf die Pulssequenzen von dem einen oder den mehreren Zielgebieten her aufgenommen sind.

Es folgen 6 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

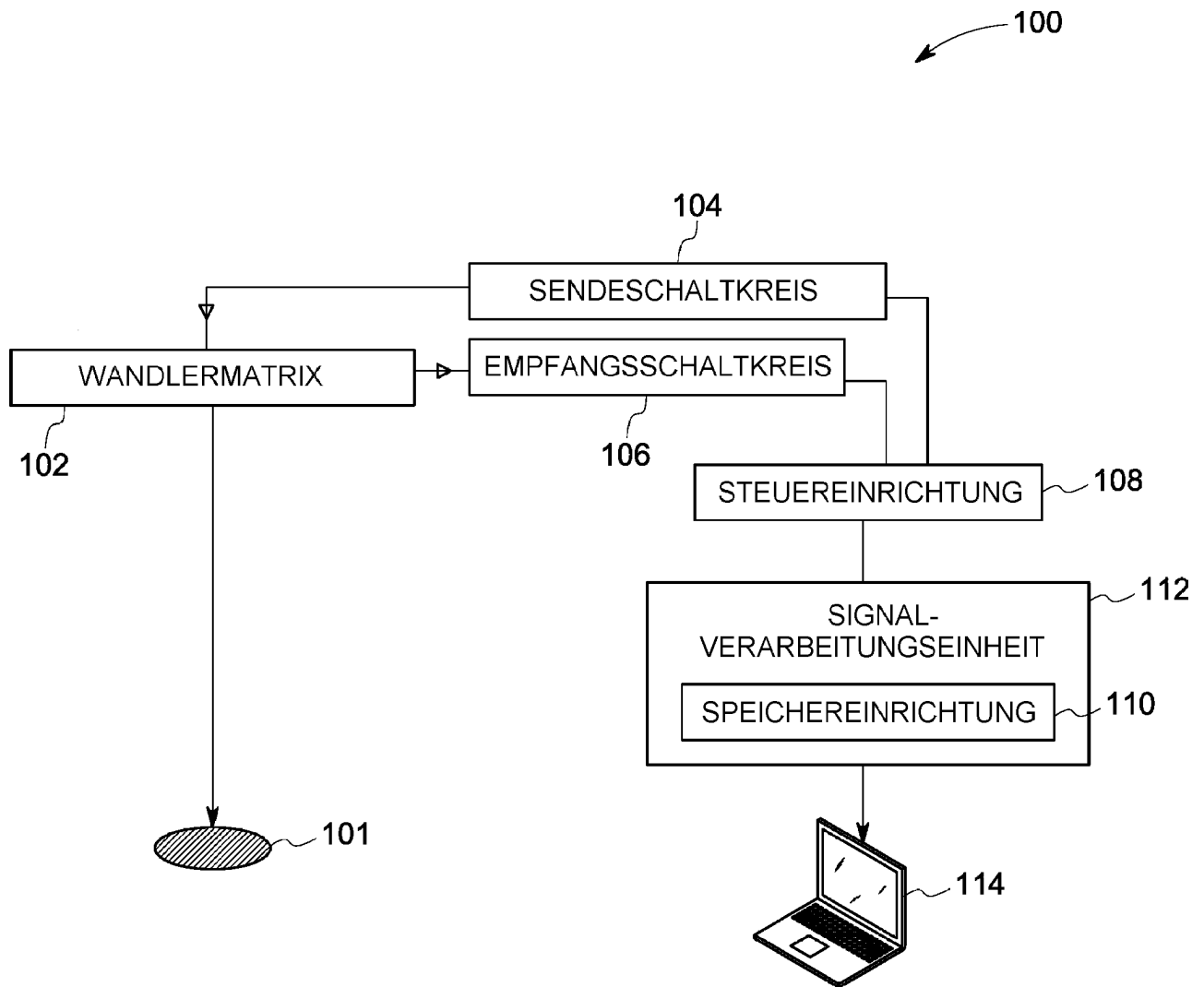


FIG. 1

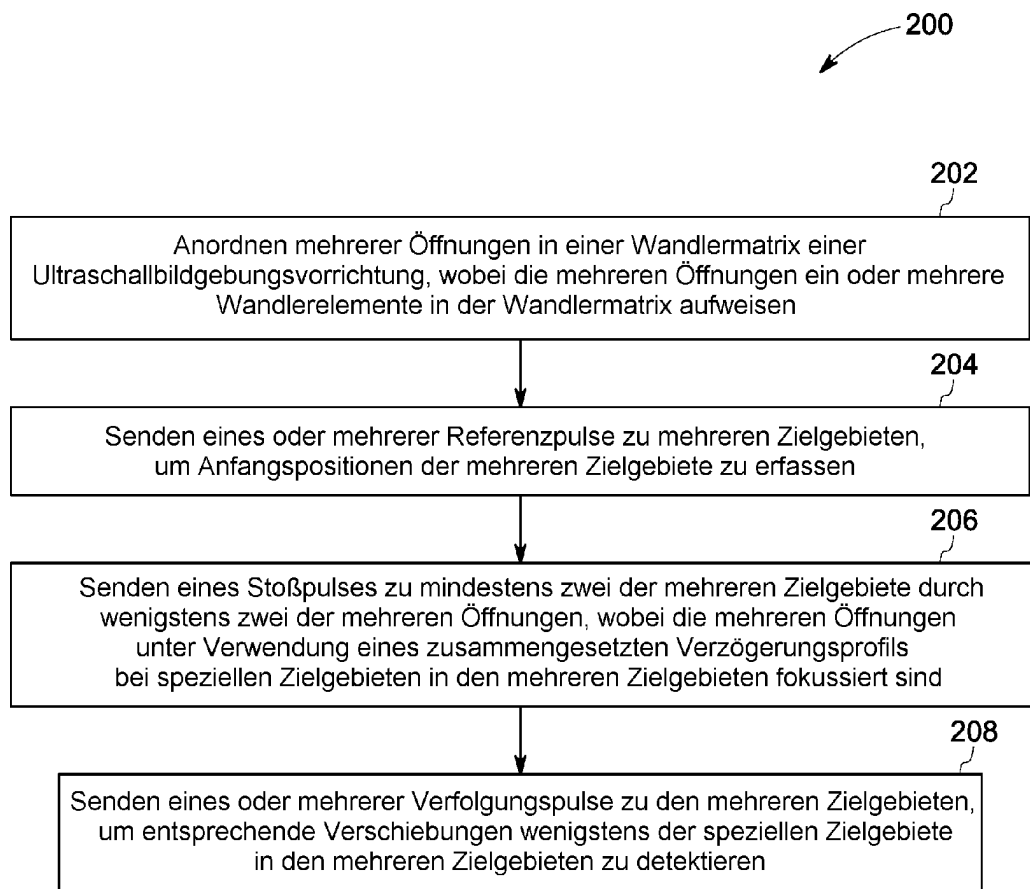
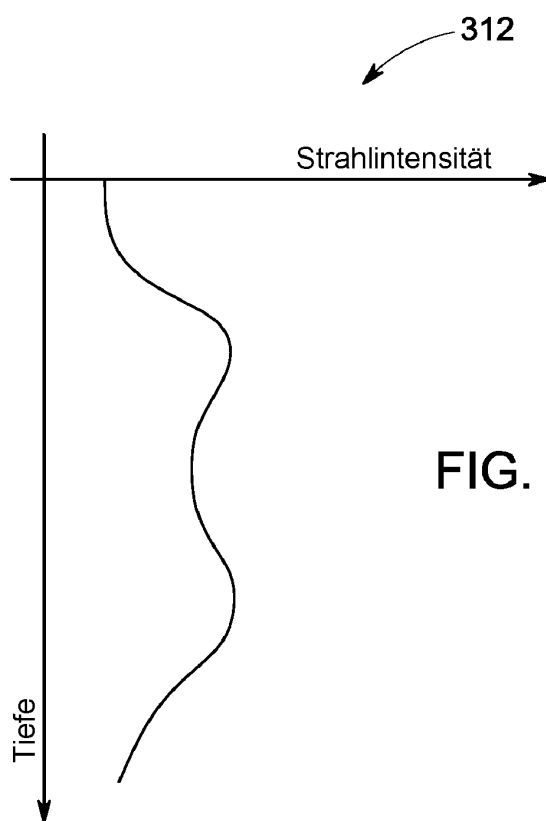
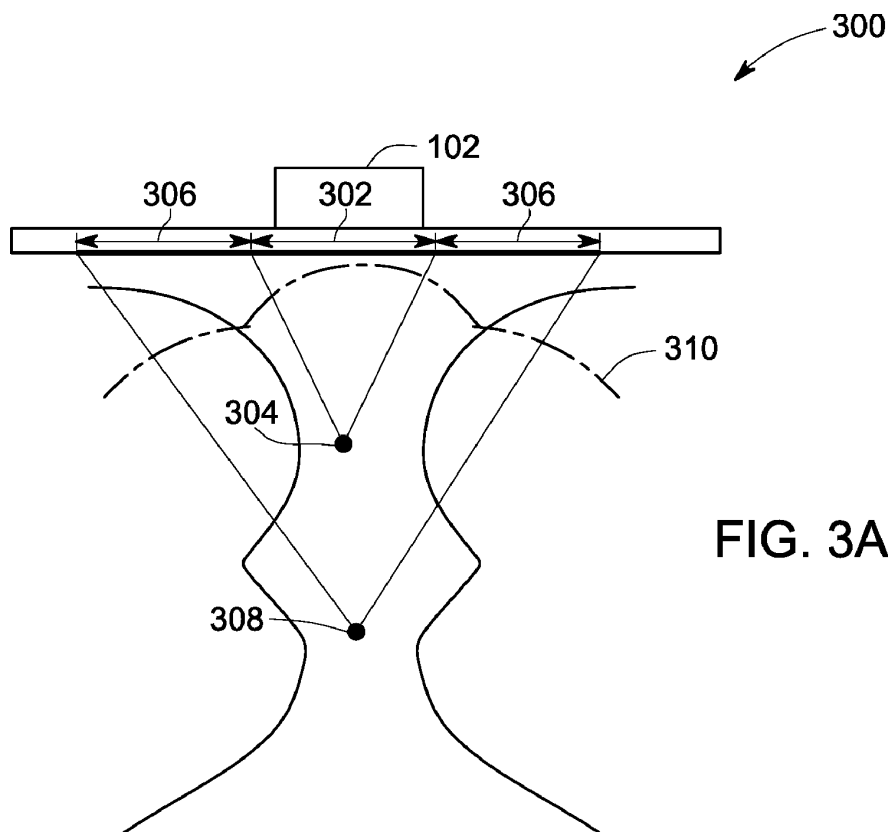


FIG. 2



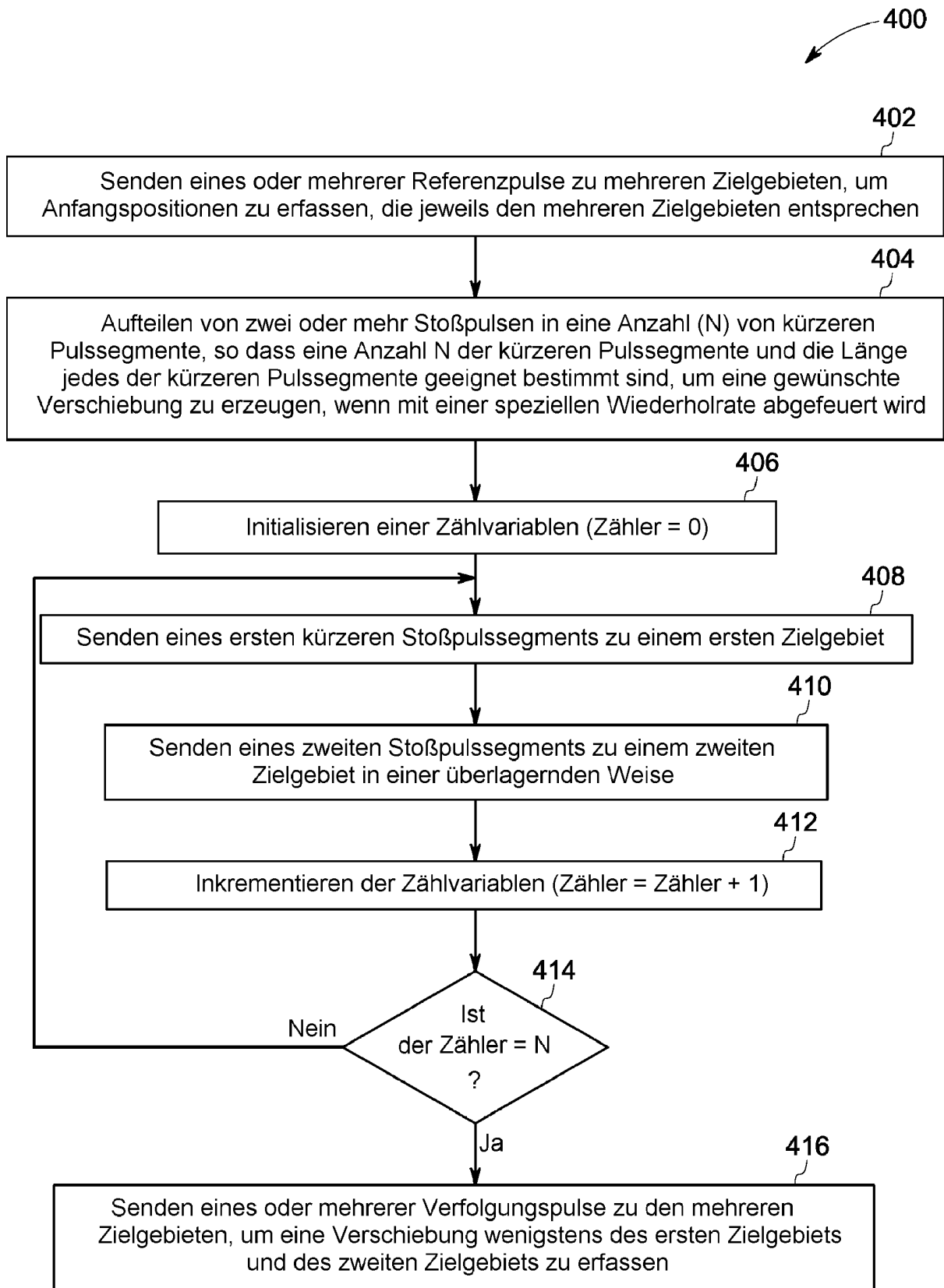


FIG. 4

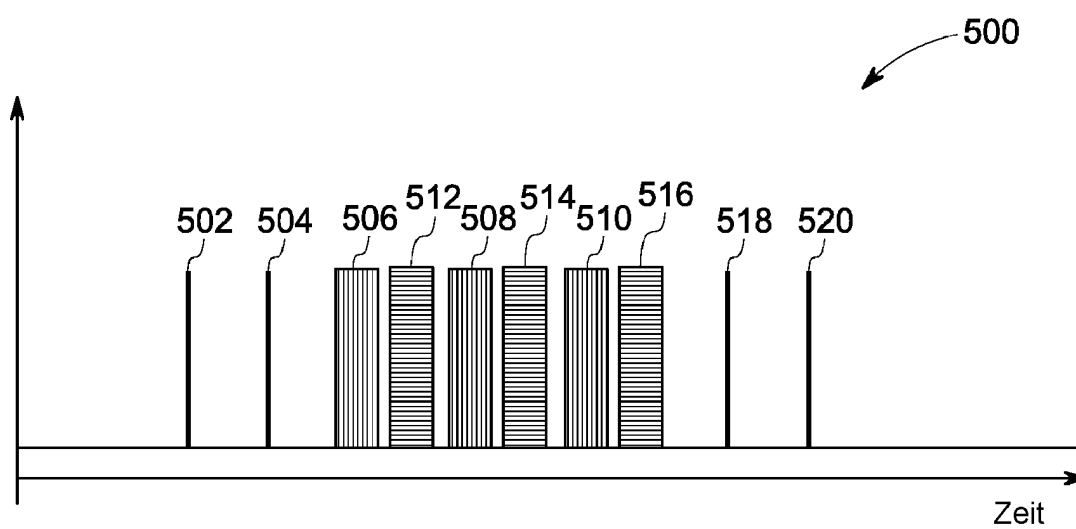


FIG. 5

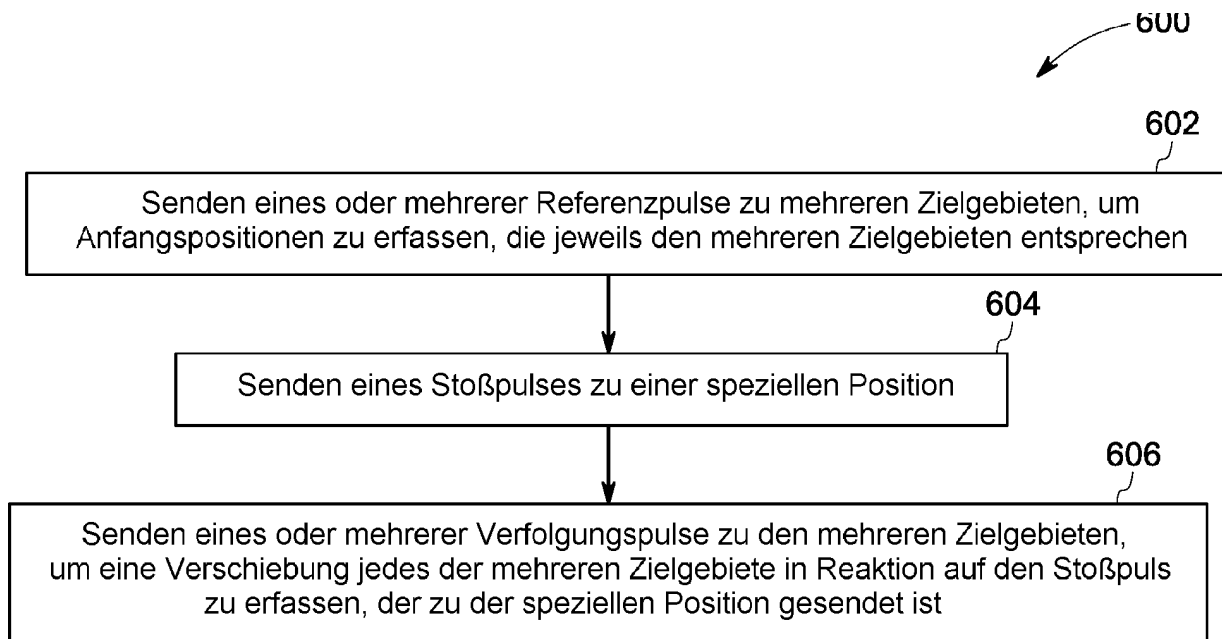


FIG. 6

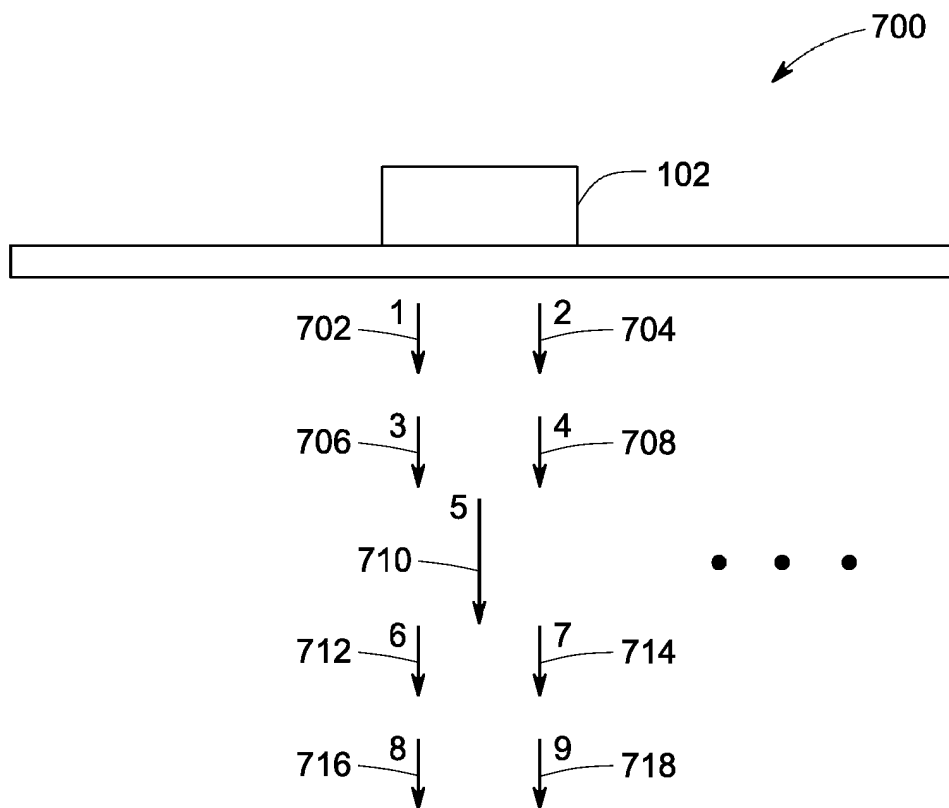


FIG. 7