



(10) **DE 10 2010 014 467 A1** 2011.06.22

(12)

Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2010 014 467.3**

(22) Anmeldetag: **09.04.2010**

(43) Offenlegungstag: **22.06.2011**

(51) Int Cl.: **A61B 8/00 (2006.01)**

A61B 8/13 (2006.01)

(66) Innere Priorität:

10 2009 060 001.9 21.12.2009

(74) Vertreter:

Ullrich & Naumann, 69115, Heidelberg, DE

(71) Anmelder:

**Ruprecht-Karls-Universität Heidelberg, 69117,
Heidelberg, DE; UltraOsteon GmbH, 68309,
Mannheim, DE**

(72) Erfinder:

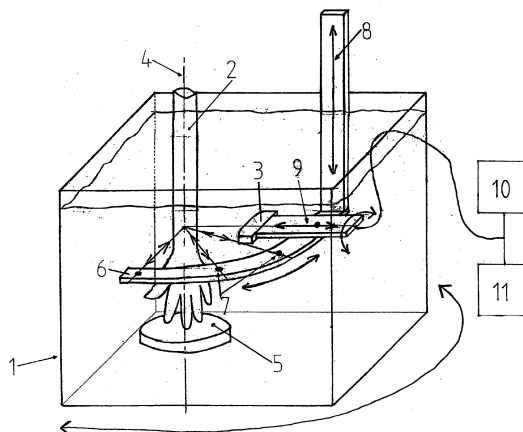
**Kryvanos, Aleh, Dr., 68309, Mannheim, DE;
Schwarz, Markus, Prof. Dr., 82067, Ebenhausen,
DE; Obertacke, Udo, Prof. Dr., 68259, Mannheim,
DE; Schleich, Dieter, 69168, Wiesloch, DE**

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **Vorrichtung zur Gewinnung von Bilddaten von knöchernen Strukturen, insbesondere zur Diagnose von Knochenfrakturen**

(57) Zusammenfassung: Eine Vorrichtung zur Gewinnung von ultraschallbasierten Bilddaten von knöchernen Strukturen, insbesondere zur 3D-Rekonstruktion von Knochenoberflächen, weist einen Flüssigkeitsbehälter (1) auf, in den die zu untersuchende Extremität (2) eintauchbar ist. In dem Flüssigkeitsbehälter (1) ist ein Ultraschallkopf (3) angeordnet und auf die Extremität (2) ausgerichtet, wobei der Flüssigkeitsbehälter (1) mitsamt dem Ultraschallkopf (3) um die eingetauchte Extremität (2) verschwenkbar ist. Damit ist eine Vorrichtung geschaffen worden, welche den Einsatz eines Ultraschallgeräts und gleichzeitig die Gewinnung von Bilddaten zur zuverlässigen dreidimensionalen Rekonstruktion der Knochenoberfläche erlaubt. Damit kann auch zur Diagnose von Knochenfrakturen in den meisten Fällen auf den Einsatz von Röntgengeräten verzichtet werden.



Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft eine Vorrichtung zur Gewinnung von ultraschallbasierten Bilddaten von knöchernen Strukturen, insbesondere zur 3D-Rekonstruktion von Knochenoberflächen.

[0002] Vorrichtungen zur Akquisition von Bilddaten zur Darstellung knöcherner Strukturen und dementsprechende Verfahren sind seit langem aus der Praxis bekannt.

[0003] So wird die Diagnose einer Knochenfraktur im Allgemeinen durch bildgebende Verfahren gesichert, wobei die Röntgendiagnostik neben dem Computertomograph und dem Kernspin-Verfahren die wesentliche Rolle spielt. Dies ist begründet in der langen Historie, der Verfügbarkeit und der weitreichenden Erfahrung mit dem Röntgenverfahren.

[0004] Der Nachteil des Röntgenverfahrens besteht darin, dass ionisierende Strahlen zur Anwendung kommen, welche den Einsatz insbesondere bei Kindern und Jugendlichen Restriktionen unterwirft. Der Gebrauch von ionisierenden Strahlen ist vom Gesetzgeber eingeschränkt, wodurch das Betreiben von Röntgengeräten einen großen technischen und verwaltungstechnischen Aufwand mit sich bringt.

[0005] Andererseits besteht auch von Seiten der Patienten eine ernst zu nehmende Abneigung gegen den Gebrauch von ionisierenden Strahlen. Besteht der Verdacht auf eine Knochenfraktur, steht der behandelnde Arzt stets vor der Frage, ob eine Röntgendiagnostik gerechtfertigt ist oder nicht. Stellt sich heraus, dass keine Knochenfraktur vorliegt, wird von Patientenseite oft gegarwöhnt, dass leichtfertig die Indikation zur Anwendung von ionisierenden Strahlen gestellt wurde.

[0006] Da die Computertomographie sich ebenfalls ionisierender Strahlen bedient, gilt hier dasselbe.

[0007] Eine Kernspinuntersuchung verläuft hingegen ohne den Einsatz ionisierender Strahlen, ist jedoch sehr aufwändig und wird von vielen Patienten schlecht toleriert, insbesondere aufgrund der Lautstärke und des Engegefühls in der Untersuchungsröhre. Zusätzlich bietet die Methode im Vergleich zu der Computertomographie eine reduzierte Bildauflösung und eine schlechtere Knochendarstellung.

[0008] Es ist bereits bekannt, Ultraschallverfahren anzuwenden, um Frakturen zu diagnostizieren, nämlich insbesondere bei Kindern. Konventioneller B-Mode-Ultraschall zeigt die Oberflächen von Knochen als helle Regionen oder Kanten im Bild. Allerdings wird der Schallkopf direkt oder mit einem zwischen Haut und Schallkopf positionierten Gelkissen auf die betroffene Stelle aufgesetzt (angekoppelt), was zu ei-

ner Schmerzverstärkung beim Vorliegen einer Verletzung führen kann. Der Schallkopf wird bei diesem Vorgehen vom Untersucher geführt („Freehand Ultrasound“), dabei können nur kaum standardisierte „Schnitte“ (d. h. Aufnahmen) erzeugt werden.

[0009] Um eine genaue Knochenbruchdiagnose und eine genaue Knochenachsenbestimmung realisieren zu können, ist eine 3D-Rekonstruktion der Knochenoberfläche nötig. Hierzu kann eine Bildverarbeitung mit hohem Approximationsanteil genutzt werden, was aber unsicher und auch sehr zeitaufwändig, wenn nicht sogar praktisch undurchführbar ist.

[0010] Es gibt Untersuchungen, bei denen der Schallkopf (optisch) getrackt (verfolgt) wird (Ultraschall-Tracking), so dass eine weiterführende Bildverarbeitung (s. o., Darstellung der Knochenoberfläche) möglich wäre. Um Weltkoordinaten zu erhalten, werden dabei auf dem Schallkopf optische oder magnetische Marker aufgebracht, die über ein entsprechendes optisches/magnetisches Trackingsystem mit einer Stereokamera- oder Strahlenempfänger-Konfiguration detektiert werden. Dadurch können ihre Lagekoordination errechnet werden. Eine solche Kombination von einem 2D-Ultraschall mit einem optischen/magnetischen Tracking mit sechs Freiheitsgraden (6DOF) wird 2,5D-Ultraschall genannt. Achs- bzw. Längenvermessungen von Extremitäten werden mittels Ultraschall bereits durchgeführt. Allerdings verlangt dieser Ansatz einen erfahrenen Arzt, der den Ultraschallkopf geeignet zu führen vermag.

[0011] Eine auf diesem Weg versuchte Rekonstruktion der Knochenoberfläche wäre aber technisch sehr aufwändig, weil ein zusätzliches computerunterstütztes System zur Bearbeitung der unstrukturierten und spärlichen Datensätze vorgehalten werden müsste.

[0012] Ultraschalluntersuchungen, die auf der „Freihand-Ultraschall“- (Freehand Ultrasound) Methode basieren, führen zu einem benutzerspezifischen Fehler. Ohne standardisiertes und mehrfaches Scannen des betroffenen Skelettabschnitts ist eine valide Darstellung der Oberfläche des betroffenen knöchernen Abschnitts nicht möglich. Damit kann z. B. ein Frakturspalt nicht reproduzierbar dargestellt werden.

[0013] Es gibt auch weitere technische Probleme bei der Verwendung von 2,5D-Ultraschall-Verfahren. Die Verwendung eines magnetischen Trackingsystems ist stark begrenzt, weil es Artefakte bei anderen medizinischen Geräten, die in der Nähe stehen, produzieren könnte. Das optische Trackingsystem wird seit mehreren Jahren im orthopädischen Bereich zum Tracken von chirurgischen Instrumenten angewandt, allerdings braucht es einen direkten optischen Kontakt zu dem Marker auf dem Schallkopf, was während der Bildakquisition für die komplette 3D-Knochenoberflächen-Rekonstruktion sehr schwierig bzw.

nicht möglich ist. Diese Scanning-Methode bedeutet eine große Belastung für das medizinische Personal und ist wegen der fehlenden Automatisierung sehr zeitaufwändig.

[0014] Der vorliegenden Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, eine Vorrichtung zur Gewinnung von Bilddaten von knöchernen Strukturen bereitzustellen, welche den Einsatz einer Ultraschallvorrichtung zur Akquisition von Bilddaten erlaubt, wobei gleichzeitig die Qualität der gewinnbaren Bilddaten eine zuverlässige dreidimensionale Rekonstruktion der Knochenoberfläche ermöglicht.

[0015] Diese Aufgabe ist mit den Merkmalen des Patentanspruchs 1 gelöst. Danach weist die erfindungsgemäße Vorrichtung zur Gewinnung von ultraschallbasierten Bilddaten von knöchernen Strukturen, insbesondere zur 3D-Rekonstruktion von Knochenoberflächen, einen Flüssigkeitsbehälter auf, in den die zu untersuchende Extremität eintauchbar ist, und weist zumindest einen im Flüssigkeitsbehälter angeordneten und auf die Extremität ausgerichteten Ultraschallkopf auf, wobei der Flüssigkeitsbehälter mitsamt dem Ultraschallkopf um die eingetauchte Extremität verschwenkbar ist.

[0016] Zunächst ist erfindungsgemäß erkannt worden, dass eine Ultraschalluntersuchung des Körperteils ermöglicht wird, falls das zu untersuchende Körperteil in eine Flüssigkeit getaucht wird, welche keine wesentliche Attenuation von Ultraschallwellen bewirkt. Der Ultraschallkopf ist dadurch vom Körperteil entfernt, wodurch insbesondere auf eine verletzte Extremität kein Druckschmerz ausgeübt werden kann.

[0017] Der Flüssigkeitsbehälter lässt sich in besonders geeigneter Weise mit Wasser, Gel oder einer anderen Flüssigkeit befüllen, welche die vorgenannten Eigenschaften aufweist.

[0018] Während der Verschwenkbewegung des Flüssigkeitsbehälters und des darin angeordneten und ggf. positionierbaren/adjustierbaren Ultraschallkopfes ist die Position und die Lage des Ultraschallkopfes im Bezug auf die zu untersuchende Extremität stets genau bekannt bzw. bestimmbar.

[0019] Da die Bestimmung der Position und der Lage des Schallkopfes innerhalb des Flüssigkeitsbehälters aufgrund der Anordnung des Ultraschallkopfes im Flüssigkeitsbehälter und der damit hergestellten mechanischen Verbindung stets möglich ist, ist eine Positionsbestimmung des Ultraschallkopfes selbst dann weitgehend problemlos, falls dieser in Bezug auf den Flüssigkeitsbehälter zusätzlich mehrere translatorische sowie rotatorische Freiheitsgrade aufweist.

[0020] Erfindungsgemäß ist damit eine höchstmögliche Genauigkeit der Positionsbestimmung (Tracking) des Ultraschallkopfes erreicht.

[0021] Wie bereits erwähnt, ist die Etablierung einer exakten Relation zwischen Bilddaten, welche durch den Ultraschallkopf aufgenommen werden, und der genauen Position des Ultraschallkopfes, in der die jeweiligen Bilddaten gewonnen werden, eine Grundvoraussetzung für eine zuverlässige dreidimensionale Rekonstruktion der Knochenoberfläche mittels Ultraschalldaten.

[0022] Erfindungsgemäß kann demnach auf störanfällige und unzuverlässige optische oder magnetische Trackingsysteme für die Positionsbestimmung des Schallkopfes verzichtet werden.

[0023] Mit der erfindungsgemäßen Vorrichtung ist die Knochenoberflächenerkennung mit Sequenzen von B-Mode-Ultraschallbildern ermöglicht. Dazu lassen sich von der in Flüssigkeit eingetauchten Extremität in bestimmten zeitlichen und/oder räumlichen abgestimmten Schritten verschiedene Scans mit einem oder mehreren Ultraschallköpfen aufnehmen. Dabei sind erfindungsgemäß für jeden einzelnen Scan die genauen Positionsdaten des Schallkopfes bekannt. Die Diagnostik einer Knochenfraktur wird z. B. an distalen Bereichen der Extremitäten valide und reproduzierbar möglich. Es lassen sich jedoch auch proximale Bereiche mit guten Ergebnissen scannen. Ionisierende Strahlen werden dabei nicht mehr benötigt.

[0024] Mit der erfindungsgemäßen Vorrichtung ist auch die anatomische dreidimensionale Messung der Achsen von Extremitäten möglich. Diese können auch ohne vorhergegangene Fraktur bei den Extremitäten detektiert und vermessen werden. Da eine Fraktur auch mit Achsfehlstellungen einhergehen kann, kann eine Fraktur einer Extremität evtl. auch indirekt detektiert und vermessen werden.

[0025] In der erfindungsgemäßen Vorrichtung kann ein handelsüblicher Ultraschallkopf zum Einsatz kommen, wodurch die Vorrichtung preisgünstig bereitstellbar ist.

[0026] Zur Akquisition von Bilddaten von Extremitäten kann die erfindungsgemäße Vorrichtung sehr kompakt ausgebildet sein und daher überall (auch mobil) zum Einsatz kommen.

[0027] Der Verzicht auf den Einsatz von ionisierenden Strahlen hat neben den gesundheitlichen auch einen vorteilhaften ökonomischen Effekt, so müssen weniger Röntgenaufnahmen erstellt werden, was neben der direkten Kosteneinsparung auch einen geringeren logistischen Aufwand (Geräteaufstellung, Energieversorgung, Wartung, Personalschulung, Bild-

archivierung etc.) bedeutet. Des Weiteren kann die erfindungsgemäße Vorrichtung auch bei Schwangeren eingesetzt werden, so dass auch hier eine weiterführende Gerätediagnostik möglich wird, falls der Verdacht auf das Vorliegen einer Fraktur besteht. Die Vorrichtung kann beliebig oft am Menschen angewandt werden, weil eben die Verwendung von ionisierenden Strahlen entfällt. Deshalb kann sie bspw. auch zur mehrmaligen Therapiekontrolle von Repositionsmanövern bei dislozierten Frakturen verwendet werden.

[0028] Im Ergebnis ist eine Vorrichtung zur Gewinnung von Bilddaten von knöchernen Strukturen realisiert, welche den Einsatz einer Ultraschallvorrichtung zur Akquisition von Bilddaten erlaubt, wobei gleichzeitig die Qualität der mit der Vorrichtung gewinnbaren Bilddaten eine zuverlässige dreidimensionale Rekonstruktion der Knochenoberfläche ermöglicht.

[0029] In einer ersten vorteilhaften Ausführungsform fällt die Drehachse des Flüssigkeitsbehälters mit der Mittelachse der Extremität zusammen. Damit bleibt der Abstand des im Flüssigkeitsbehälter angeordneten Ultraschallkopfes von der zu untersuchenden Extremität während der Verschwenkbewegung im Wesentlichen konstant. Des Weiteren ist so die Gewinnung besonders aufschlussreicher Bilddaten zur Beurteilung einer etwaigen Fraktur ermöglicht. Alternativ oder zusätzlich kann der Flüssigkeitsbehälter bis zu einer vollständigen Kreisbahn um die Extremität herum verschwenkbar sein. So können einerseits Bilddaten der gesamten Knochenoberfläche gewonnen werden. Andererseits lässt sich der Ultraschallkopf dabei in jede denkbare Position bewegen und kann jeden beliebigen Aufnahmewinkel in Bezug auf die Extremität einnehmen, so dass optimale Bilddaten gewinnbar sind.

[0030] Zur Ermöglichung einer Verschwenkbarkeit des Flüssigkeitsbehälters kann dieser auf einem Drehtisch angeordnet sein. Die Winkellage des Drehtisches lässt sich dabei sehr genau bestimmen, so dass die Verschwenklage des Flüssigkeitsbehälters stets mit größtmöglicher Genauigkeit bekannt ist. Des Weiteren kann der Drehtisch antreibbar ausgestaltet und mit einer geeigneten Steuerungseinheit verbunden sein. So kann der Drehtisch als Stellglied fungieren und den Flüssigkeitsbehälter nach Wahl des Bedieners oder automatisiert in eine genau festlegbare Verschwenklage bringen.

[0031] In einer besonders bevorzugten Weiterbildung des Erfindungsgedankens ist der Ultraschallkopf innerhalb des Flüssigkeitsbehälters positionierbar und/oder adjustierbar. Dabei kann insbesondere die Höhe des Ultraschallkopfes und/oder der Abstand des Ultraschallkopfes und/oder dessen Rotations-/Winkellage zu der zu untersuchenden Extremität verstellbar sein. Durch eine innerhalb des Flüssig-

keitsbehälters realisierte Höhenverstellbarkeit, welche insbesondere mit einer Linearführung erreichbar ist, lassen sich Orte vermuteter Knochenfrakturen besonders genau anfahren und größere Bereiche des zu untersuchenden Knochens beurteilen. Des Weiteren kann der Ultraschallkopf näher an das Körperteil heranrückbar oder von diesem entfernbar sein, so dass auch diesbezüglich die Akquisition optimaler Bilddaten ermöglicht ist.

[0032] Alternativ oder zusätzlich können innerhalb des Flüssigkeitsbehälters mehrere Ultraschallköpfe vorgesehen sein. Der gleichzeitige Einsatz mehrerer Ultraschallköpfe ist besonders bevorzugt. So lassen sich gleichzeitig aus mehreren Positionen bzw. Aufnahmewinkeln Bilddaten der Knochenstruktur gewinnen. Dazu kann beispielsweise ein Ultraschallkopf in Längsrichtung und ein Ultraschallkopf in Querrichtung positioniert sein. Anhand der Qualität der von den verschiedenen Ultraschallköpfen gewonnenen Bilddaten kann manuell oder sogar automatisch eine Auswahl desjenigen Ultraschallkopfes erfolgen, der derzeit die geeignetsten Bilddaten liefert. Durch die Verwendung mehrerer Ultraschallköpfe werden Geschwindigkeit, Genauigkeit, Robustheit und Darstellbarkeit verbessert.

[0033] In einer weiteren, besonders zweckmäßigen Ausführungsform der erfindungsgemäßen Vorrichtung ist der Ultraschallkopf in Bezug auf die Extremität zusammen mit der übergelagerten Verschwenkbarkeit des Flüssigkeitsbehälters mit insgesamt sechs Freiheitsgraden positionier- und adjustierbar. Mit anderen Worten wird innerhalb dieser Ausgestaltung mit drei translatorischen sowie drei rotatorischen Freiheitsgraden des Ultraschallkopfes bzw. mehrerer Ultraschallköpfe eine beliebige Anordenbarkeit des Ultraschallkopfes erreicht, und zwar sowohl was die Position als auch die Rotations-/Winkellage des Ultraschallkopfes betrifft. Diese umfassende Positionierbarkeit trägt der Erfahrung Rechnung, dass allein die translatorische Positionierung des Ultraschallkopfes im Bereich des interessierenden Körperabschnitts oft nicht ausreicht, um Bilddaten geeigneter Qualität zu gewinnen, sondern dass hierzu regelmäßig auch die Winkellage des Ultraschallkopfes in Bezug auf die Extremität variiert werden muss. Sofern man die aus der Robotertechnik bekannte Definition von Freiheitsgraden heranzieht, wo durch überlagerte Bewegungsmöglichkeiten mehr als sechs Freiheitsgrade erreichbar sind, lässt sich im Rahmen der oben beschriebenen Ausführungsform auch eine Vorrichtung bereitstellen, welche definitonsgemäß einen Ultraschallkopf mit mehr als sechs Freiheitsgraden aufweist. Entscheidend ist jedoch, dass innerhalb dieser Ausführungsform die oben dargelegte beliebige Anordenbarkeit des Ultraschallkopfes erreicht ist.

[0034] Die Vorrichtung kann so ausgestaltet sein, dass der Ultraschallkopf innerhalb des Flüssigkeitsbehälters manuell positionierbar und/oder adjustierbar ist. Es ist möglich, dass der Ultraschallkopf der Knochenoberflächennormalen folgen kann.

[0035] Im Hinblick auf eine möglichst rasche und fehlerfreie Akquisition von Bilddaten ist jedoch eine Ausführungsform bevorzugt, bei der Mittel zur automatischen Positionierung und/oder Adjustierung vorgesehen sind. Dabei kann es sich insbesondere um einen Elektro-, Stell- oder Servomotor, einen entsprechend angetriebenen Seilzug oder ein solches Gestänge handeln. Im Hinblick auf eine Translation oder Rotation des Ultraschallkopfes in verschiedenen Freiheitsgraden können dazu mehrere unabhängige Stellglieder vorgesehen sein. Diese können von einer Steuerungseinheit angesteuert und kann deren augenblickliche Position abgefragt werden.

[0036] In einer weiteren zweckmäßigen Ausgestaltung ist der Ultraschallkopf innerhalb des Flüssigkeitsbehälters an einem Verstellbügel angeordnet, ggf. wobei der Verstellbügel Montagepositionen für weitere Ultraschallköpfe aufweist. Der Verstellbügel kann dabei die zu untersuchende Extremität im Wesentlichen in Form eines Kreisbogens umgeben. Die Länge des Bügels kann dabei bspw. ca. 1/4 des Kreisumfangs aufweisen. Auf einem Verstellbügel in Form eines Kreisbogenabschnitts lassen sich mehrere benachbarte Ultraschallköpfe anordnen. Des Weiteren lassen sich auf einem Verstellbügel sämtliche bereits beschriebene Positionier- und Adjustiermöglichkeiten für den Ultraschallkopf realisieren.

[0037] Die Vorrichtung kann einen Linearschallkopf, insbesondere einen im Bereich von 5–9 MHz arbeitenden Linearschallkopf, aufweisen. Ein solcher Linearschallkopf kann dabei als Bilddaten eine Echointensität detektieren, welche im B-Mode in eine Helligkeit eines Bildsignals umsetzbar ist. Alternativ oder zusätzlich können ein oder mehrere sector-array- oder phased-array-Ultraschallköpfe oder andere Ultraschallköpfe vorgesehen sein.

[0038] In einer weiteren zweckdienlichen Ausgestaltung des Erfindungsgedankens weist die Vorrichtung zusätzlich eine Steuerungseinheit für die Positionierung und/oder Adjustierung des Ultraschallkopfes und/oder für die Verschwenkung des Flüssigkeitsbehälters auf. So kann eine Steuerungseinheit in geeigneter und bereits beschriebener Weise auf Bedieneingaben oder vollautomatisch eine Positionierung und Adjustierung eines Ultraschallkopfes oder mehrerer Ultraschallköpfe vornehmen. So lässt sich eine Positionierung/Adjustierung des Ultraschallkopfes oder der Ultraschallköpfe mit bis zu sechs Freiheitsgraden (oder, je nach Definition, mit mehr als sechs Freiheitsgraden) ohne manuellen Eingriff in den Flüssigkeitsbehälter vornehmen oder sogar voll-

automatisch durchführen. Beispielsweise kann die Steuerungseinheit eine Ausrichtung des Ultraschallkopfes anhand der Qualität der augenblicklich gewonnenen Bilddaten vornehmen, unter Umständen im Zusammenspiel mit einer weiter unten beschriebenen Bildbearbeitungseinheit. So vermag die Steuerungseinheit eigenständig die derzeit optimale Position des Ultraschallkopfes zu bestimmen und diesen in die geeignete Position zu überführen. Sind mehrere Ultraschallköpfe vorgesehen, kann eine Steuerungseinheit eine automatische Auswahl desjenigen Schallkopfes vornehmen, der derzeit die besten Bilddaten liefert, so dass diese Daten zur Rekonstruktion der Knochenoberfläche verwendet werden können.

[0039] Zur Steuerung (Synchronisierung) und Beurteilung von Bilddaten mehrerer Ultraschallköpfe kann eine geeignete Software-Architektur implementiert sein. Das Koordinatensystem kann dabei im Tracking-Navigationssystem festlegbar sein.

[0040] Eine Anbindung an verschiedene andere Messsysteme, beispielsweise mechanische, optische und elektromagnetische Messsysteme, ist darüber hinaus herstellbar.

[0041] Innerhalb der Software-Architektur kann ein lernfähiges Expertensystem implementiert sein, welches neugewonnenes Wissen auf eine Wissensbasis abbilden kann. Die Vorrichtung kann damit lernfähig ausgestaltet werden.

[0042] In einer besonders bevorzugten Ausführungsform weist die Vorrichtung zusätzlich eine Bildbearbeitungseinheit auf. Innerhalb der Bildbearbeitungseinheit können die Bilddaten so vorverarbeitbar sein (Bildrestauration), dass die Ränder von Regionen hervorgehoben werden, bspw. indem eine Kantenverstärkung in Kombination mit einer Konnektivitätsanalyse genutzt wird.

[0043] Innerhalb der Bildbearbeitungseinheit kann eine geeignete Modellanpassung vorgenommen werden. Innerhalb eines Datenmanagements kann eine Datensuppression sowie eine Transparenz-Darstellung fester Objekte mittels Interaction Modality umgesetzt sein.

[0044] In der Bildbearbeitungseinheit kann eine Segmentierung und Klassifikation durchführbar sein, um Artefakte zu unterdrücken. Solche Segmentierungs- und Klassifikationsmethoden können statistische Informationen über die Geometrie der zu rekonstruierenden Ränder, ihre lokalen Zusammenhangskomponenten sowie die Physik der Ultraschallbildgebung nutzen.

[0045] Die aufgenommenen Bilder können so aufarbeitbar sein, dass ein vollständiges Bild der Knochenoberfläche erzeugbar und analysierbar werden

kann. Des Weiteren können innerhalb der Bildbearbeitungseinheit 3D-Fragmente in 3D-Oberflächen rekonstruierbar sein. Dazu müssen Datensätze interpolierbar (rekonstruierbar) sein, um verlorene Informationen wieder herzustellen. Daraufhin können die 3D-Daten mit bestimmten Algorithmen gerändert (Oberflächen werden erzeugt) und zur weiteren Analyse darstellbar sein.

[0046] Innerhalb der Bildbearbeitungseinheit kann auch eine Bildanalyse zur automatischen Frakturerkennung implementiert sein.

[0047] Zur Einrichtung und Prüfung der Steuerungs- und/oder der Bildbearbeitungseinheit kann eine Kalibrierbarkeit der Vorrichtung mittels geeigneter Kalibrierkörper, im Wesentlichen z. B. zylinderförmiger Kalibrierkörper, gegeben sein.

[0048] Es ist zweckmäßig, dass die Analyse durch die Bedienperson (Arzt) und/oder durch das System unterstützbar ist (z. B. Matching mit anderen Modalitäten, Vergleich der geometrischen Messungen, usw.). Die Beurteilung einer Achsabweichung kann so automatisch und/oder interaktiv ermöglicht werden. Zusätzlich können in der Bildbearbeitungseinheit Matching-Verfahren verwendbar sein, um einen Vergleich mit der Gegenseite oder mit anderen Datensätzen aus anderen Modalitäten zu ermöglichen.

[0049] Es versteht sich, dass eine vorgenannte Steuerungseinheit sowie eine vorgenannte Bildbearbeitungseinheit auch innerhalb einer gemeinsamen funktionellen Umgebung implementiert sein können, ohne den erfinderischen Gedanken zu verlassen.

[0050] Schließlich wird eine Ausgestaltung vorgeschlagen, welche eine Ausgabereinheit für Bildsignale, und ggf. eine Anzeigereinheit zur Darstellung von Bildsignalen aufweist. Eine Ausgabereinheit für Bildsignale kann dabei so eingerichtet sein, dass in geeigneter Weise – insbesondere in einer Bildbearbeitungseinheit – bearbeitete Bilddaten in einem optisch anzeigbaren Format an eine Anzeigereinheit weiterleitbar sind. Eine optionale Anzeigereinheit kann einen Bildschirm, insbesondere einen Flachbildschirm, aufweisen, um die Rekonstruktion der Knochenstruktur auch optisch darstellen zu können. In geeigneter Weise kann ein Anschluss für die Leitung des Ultraschallkopfes, eine Steuerungseinheit, eine Bildbearbeitungseinheit, eine Ausgabereinheit für Bildsignale, sowie eine Anzeigereinheit zur Darstellung von Bildsignalen in einem einzigen kompakten Gehäuse integriert sein.

[0051] Es gibt nun verschiedene Möglichkeiten, die Lehre der vorliegenden Erfindung in vorteilhafter Weise auszugestalten und weiterzubilden. Dazu ist einerseits auf die nachgeordneten Ansprüche, andererseits auf die nachfolgende Erläuterung eines be-

vorzugten Ausführungsbeispiels der erfindungsgemäßen Lehre anhand der Zeichnung zu verweisen. Sofern dabei – wie auch obenstehend – Schritte eines Verfahrens erläutert werden, welches mit der erfindungsgemäßen Vorrichtung durchführbar ist, werden diese Ausführungen ausdrücklich auch auf die damit einhergehende Ausgestaltung der Vorrichtung bezogen. Des Weiteren werden in Verbindung mit der Erläuterung des bevorzugten Ausführungsbeispiels anhand der Zeichnung auch im Allgemeinen bevorzugte Ausgestaltungen und Weiterbildungen der Lehre erläutert. In der Zeichnung zeigt

[0052] die einzige Figur eine perspektivische, teils geschnittene und schematische Vorderansicht eines bevorzugten Ausführungsbeispiels der erfindungsgemäßen Vorrichtung zur Gewinnung von Bilddaten von knöchernen Strukturen.

[0053] Die einzige Figur zeigt in einer perspektivischen, teils geschnittenen und schematischen Vorderansicht eine bevorzugte Ausführungsform der erfindungsgemäßen Vorrichtung zur Gewinnung von ultraschallbasierten Bilddaten von knöchernen Strukturen, insbesondere zur 3D-Rekonstruktion von Knochenoberflächen.

[0054] Die erfindungsgemäße Vorrichtung besteht aus einem Flüssigkeitsbehälter **1** zur Aufnahme der zu untersuchenden Extremität **2**. Der Flüssigkeitsbehälter **1** ist dabei bspw. mit Wasser befüllbar, um eine starke Attenuation von Ultraschallwellen zu verhindern. Des Weiteren umfasst die Vorrichtung zumindest einen im Flüssigkeitsbehälter **1** angeordneten und auf die Extremität **2** ausgerichteten Ultraschallkopf **3**.

[0055] In erfindungsgemäßer Weise ist der Flüssigkeitsbehälter **1** mitsamt dem Ultraschallkopf **3** um die eingetauchte Extremität **2** verschwenkbar. Hierbei fällt die Drehachse **4** des Flüssigkeitsbehälters **1** mit der Mittelachse der Extremität **2** zusammen. Die Verschwenkbarkeit des Flüssigkeitsbehälters **1** wird durch den kreisbogenförmigen Doppelpfeil unterhalb des Flüssigkeitsbehälters **1** verdeutlicht. Dabei kann eine Verschwenkbarkeit in einer vollständigen Kreisbahn um die Extremität **2** herum realisiert werden.

[0056] Da die Verschwenklage des Flüssigkeitsbehälters **1** und die Positionierung/Adjustierung des darin angeordneten Ultraschallkopfes **3** jederzeit genau bestimmbar ist, ist so in erfindungsgemäßer Weise ein genaues mechanisches Tracking des Ultraschallkopfes **3** realisiert.

[0057] Um die Verschwenkbarkeit des Flüssigkeitsbehälters **1** in konstruktiver Hinsicht zu ermöglichen, ist dieser auf einem Drehtisch **5** angeordnet. Der Drehtisch **5** kann als elektrisch ansteuerbares Stellglied ausgestaltet sein. Des Weiteren kann eine au-

tomatisierte Abfragbarkeit der augenblicklichen Winkel- lage des Drehtisches **5** implementiert sein.

[0058] Innerhalb des Flüssigkeitsbehälters **1** ist der Ultraschallkopf **3** an einem Verstellbügel **6** angeordnet. Der Verstellbügel **6** nimmt dabei im Wesentlichen die Form eines Kreisbogens ein, welcher in diesem Beispiel ca. 1/4 des Umfangs eines Kreises beschreibt. Der Verstellbügel **6** weist mehrere Montagepositionen **7** zum Wechsel der Anordnung des Ultraschallkopfes **3**, jedoch insbesondere zur Montage weiterer Ultraschallköpfe **3** auf.

[0059] Der Ultraschallkopf **3** ist innerhalb des Flüssigkeitsbehälters **1** positionierbar und adjustierbar. Zur Höheneinstellung ist dabei eine Linearführung **8** realisiert, an welcher der Verstellbügel **6** angeordnet ist. Zusätzlich ist am Verstellbügel **6** eine Abstandsverstellung **9** des Ultraschallkopfes **3** in Relation zu der zu untersuchenden Extremität **2** eingerichtet.

[0060] Der Ultraschallkopf **3** kann darüber hinaus mit bis zu drei rotatorischen Freiheitsgraden versehen werden, um jede denkbare Winkel- bzw. Rotationslage gegenüber der zu untersuchenden Extremität **2** einnehmen zu können.

[0061] Besonders bevorzugt ist im Ergebnis, dass der Ultraschallkopf **3** in Bezug auf die Extremität **2** zusammen mit der übergelagerten Verschwenkbarkeit des Flüssigkeitsbehälters **1** mit insgesamt sechs Freiheitsgraden (drei translatorischen sowie drei rotatorischen Freiheitsgrade) positionier- und adjustierbar ist.

[0062] Bevorzugt sind dabei Mittel zur automatischen Positionierung und/oder Adjustierung des Ultraschallkopfes **3** vorgesehen. Solche Mittel (bspw. Elektro-/Servomotoren, Stellglieder) sind hier nicht dargestellt. Alternativ kann die Positionierung/Adjustierung des Ultraschallkopfes **3** manuell vorgenommen werden.

[0063] Der Ultraschallkopf **3** kann einen Linear-, einen sector-array- oder einen phasedarray-Schallkopf oder andere geeignete Ultraschallköpfe aufweisen.

[0064] Der Ultraschallkopf **3** ist mit einer Steuerungseinheit **10** verbunden, welche einerseits die Funktion des Ultraschallkopfes **3** sicherstellt. Andererseits kann die Steuerungseinheit **10** die Positionierung und/oder Adjustierung des Ultraschallkopfes **3** und/oder die Verschwenkung des Flüssigkeitsbehälters **1** bzw. die Abfrage der augenblicklichen Winkel-/ Positionsdaten übernehmen. Dazu kann die Steuerungseinheit **10** im vorliegenden Ausführungsbeispiel insbesondere auf den Drehtisch **5**, die Linearführung **8**, die Abstandsverstellung **9** sowie auf etwaige weitere Mittel zur Positionierung/Adjustierung des Schall-

kopfes **3** zugreifen. Diese Daten-/Steuerverbindungen sind hier nicht dargestellt.

[0065] Des Weiteren können innerhalb der Steuerungseinheit **10** vorbeschriebene Software- und Expertensysteme implementiert sein.

[0066] Zusätzlich ist eine Bildbearbeitungseinheit **11** vorgesehen, um die gewonnenen Bilddaten in ein Bildsignal mit einer dreidimensionalen Rekonstruktion der Knochenoberfläche aufzubereiten. In der Bildbearbeitungseinheit **11** können verschiedene Softwarearchitekturen in Bezug auf Bildrestauration, Modellanpassung, Segmentierung und Klassifikation, Bildanalyse etc. implementiert sein, wozu auf die vorstehenden detaillierten Ausführungen zu verweisen ist.

[0067] Des Weiteren kann die Vorrichtung eine Ausgabereinheit für Bildsignale und/oder eine Anzeigereinheit zur Darstellung von Bildsignalen aufweisen, welche hier nicht dargestellt sind.

[0068] Es versteht sich, dass mehrere der oder sämtliche vorgenannten datenverarbeitenden oder -weiterleitenden Einrichtungen in eine gemeinsame apparative Umgebung integriert werden können, ohne den Rahmen der Erfindung zu verlassen.

[0069] Hinsichtlich weiterer vorteilhafter Ausgestaltungen der erfindungsgemäßen Vorrichtung wird zur Vermeidung von Wiederholungen auf den allgemeinen Teil der Beschreibung sowie auf die beigefügten Patentansprüche verwiesen.

[0070] Schließlich sei ausdrücklich darauf hingewiesen, dass das voranstehend beschriebene Ausführungsbeispiel der erfindungsgemäßen Vorrichtung lediglich zur Erörterung der beanspruchten Lehre dient, diese jedoch nicht auf das Ausführungsbeispiel eingeschränkt.

Bezugszeichenliste

1	Flüssigkeitsbehälter
2	Extremität
3	Ultraschallkopf
4	Drehachse (Flüssigkeitsbehälter)
5	Drehtisch
6	Verstellbügel
7	Montageposition
8	Linearführung
9	Abstandsverstellung
10	Steuerungseinheit
11	Bildbearbeitungseinheit

Liste von Vorveröffentlichungen

1. Keppler, P., Strecker, W., Kinzl, L., Simnacher, M., Claes, L. Die sonographische Bestimmung der Beingeometrie. *Orthopäde* 1999; 28: 1015–1022
2. Gebhard, F., Krivonos, O., Liener, U. C., Keppeler, P., Kinzl, L., Hesser, J. Bone extraction from ultrasound images and surface matching with CT. CAOS: Computer Assisted Orthopaedic Surgery, Symposium, Davos, Switzerland, Feb. 2000
3. U. C. Liener, O. Krivonos, R. Männer, J. Hesser, L. Kinzl, F. Gebhard. Ultrasound – A New Tool For Surface Matching In Computer Navigated Surgery. *Journal of Military Medicine*, 2002 Feb; 167(2) : 151–4
4. Foroughi, P., Boctor, E., Swartz, M. J., Taylor, R. H., Fichtinger, G., P6D-2 Ultrasound Bone Segmentation Using Dynamic Programming. *IEEE: Ultrasonics Symposium*, 28–31 Oct. 2007, pp. 2523–2526
5. D. V. Amin, T. Kanade; A. M. DiGioia, B. Jaramaz, Ultrasound registration of the bone surface for surgical navigation, *Computer Aided Surgery*, vol. 8, no. 1, pp 1–16, 2003
6. Chef, L., Kim, Y., Moore, CL. Diagnosis and guided reduction of forearm fractures in children using bedside ultrasound. *Pediatr Emerg Care*. 2007 Aug; 23(8): 528–31.

ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde automatisiert erzeugt und ist ausschließlich zur besseren Information des Lesers aufgenommen. Die Liste ist nicht Bestandteil der deutschen Patent- bzw. Gebrauchsmusteranmeldung. Das DPMA übernimmt keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

Zitierte Nicht-Patentliteratur

- Keppler, P., Strecker, W., Kinzl, L., Simnacher, M., Claes, L. Die sonographische Bestimmung der Beingeometrie. Orthopäde 1999; 28: 1015–1022 [0070]
- Gebhard, F., Krivonos, O., Liener, U. C., Keppler, P., Kinzl, L., Hesser, J. Bone extraction from ultrasound images and surface matching with CT. CAOS: Computer Assisted Orthopaedic Surgery, Symposium, Davos, Switzerland, Feb. 2000 [0070]
- U. C. Liener, O. Krivonos, R. Männer, J. Hesser, L. Kinzl, F. Gebhard. Ultrasound – A New Tool For Surface Matching In Computer Navigated Surgery. Journal of Military Medicine, 2002 Feb; 167(2): 151–4 [0070]
- Foroughi, P., Boctor, E., Swartz, M. J., Taylor, R. H., Fichtinger, G., P6D-2 Ultrasound Bone Segmentation Using Dynamic Programming. IEEE: Ultrasonics Symposium, 28–31 Oct. 2007, pp. 2523–2526 [0070]
- D. V. Amin, T. Kanade; A. M. DiGioia, B. Jaramaz, Ultrasound registration of the bone surface for surgical navigation, Computer Aided Surgery, vol. 8, no. 1, pp 1–16, 2003 [0070]
- Chef, L., Kim, Y., Moore, CL. Diagnosis and guided reduction of forearm fractures in children using bedside ultrasound. Pediatr Emerg Care. 2007 Aug; 23(8): 528–31 [0070]

Patentansprüche

1. Vorrichtung zur Gewinnung von ultraschallbasierten Bilddaten von knöchernen Strukturen, insbesondere zur 3D-Rekonstruktion von Knochenoberflächen, mit

– einem Flüssigkeitsbehälter (1), in den die zu untersuchende Extremität (2) eintauchbar ist, und
– zumindest einem im Flüssigkeitsbehälter (1) angeordneten und auf die Extremität (2) ausgerichteten Ultraschallkopf (3),
wobei der Flüssigkeitsbehälter (1) mitsamt dem Ultraschallkopf (3) um die eingetauchte Extremität (2) verschwenkbar ist.

2. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Drehachse (4) des Flüssigkeitsbehälters (1) mit der Mittelachse der Extremität (2) zusammenfällt, und/oder dass der Flüssigkeitsbehälter (1) in einer vollständigen Kreisbahn um die Extremität (2) verschwenkbar ist.

3. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass der Flüssigkeitsbehälter (1) auf einem Drehtisch (5) angeordnet ist.

4. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass der Ultraschallkopf (3) innerhalb des Flüssigkeitsbehälters (1) positionierbar und/oder adjustierbar ist, insbesondere wobei die Höhe des Ultraschallkopfes (3) und/oder der Abstand des Ultraschallkopfes (3) zu der zu untersuchenden Extremität (2) verstellbar ist, und/oder dass mehrere Ultraschallköpfe (3) vorgesehen sind.

5. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass der Ultraschallkopf (3) in Bezug auf die Extremität (2) zusammen mit der überlagerten Verschwenkbarkeit des Flüssigkeitsbehälters (1) mit insgesamt sechs Freiheitsgraden positionier- und adjustierbar ist.

6. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass der Ultraschallkopf (3) innerhalb des Flüssigkeitsbehälters (1) manuell positionierbar und/oder adjustierbar ist, oder dass Mittel zur automatischen Positionierung und/oder Adjustierung vorgesehen sind.

7. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass der Ultraschallkopf (3) innerhalb des Flüssigkeitsbehälters (1) an einem Verstellbügel (6) angeordnet ist, ggf. wobei der Verstellbügel (6) Montagepositionen (7) für weitere Ultraschallköpfe (3) aufweist.

8. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass der Ultraschallkopf (3) einen Linearschallkopf, insbesondere einen im Bereich von 5–9 MHz arbeitenden Linearschallkopf,

oder einen sector-array-Schallkopf oder einen phased-array-Schallkopf aufweist.

9. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 8, gekennzeichnet durch eine Steuerungseinheit (10) für die Positionierung und/oder Adjustierung des Ultraschallkopfes (3) und/oder für die Verschwenkung des Flüssigkeitsbehälters (1).

10. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 9, gekennzeichnet durch eine Bildbearbeitungseinheit (11).

11. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 10, gekennzeichnet durch eine Ausgabeinheit für Bildsignale, und ggf. durch eine Anzeigeeinheit zur Darstellung von Bildsignalen.

Es folgt ein Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

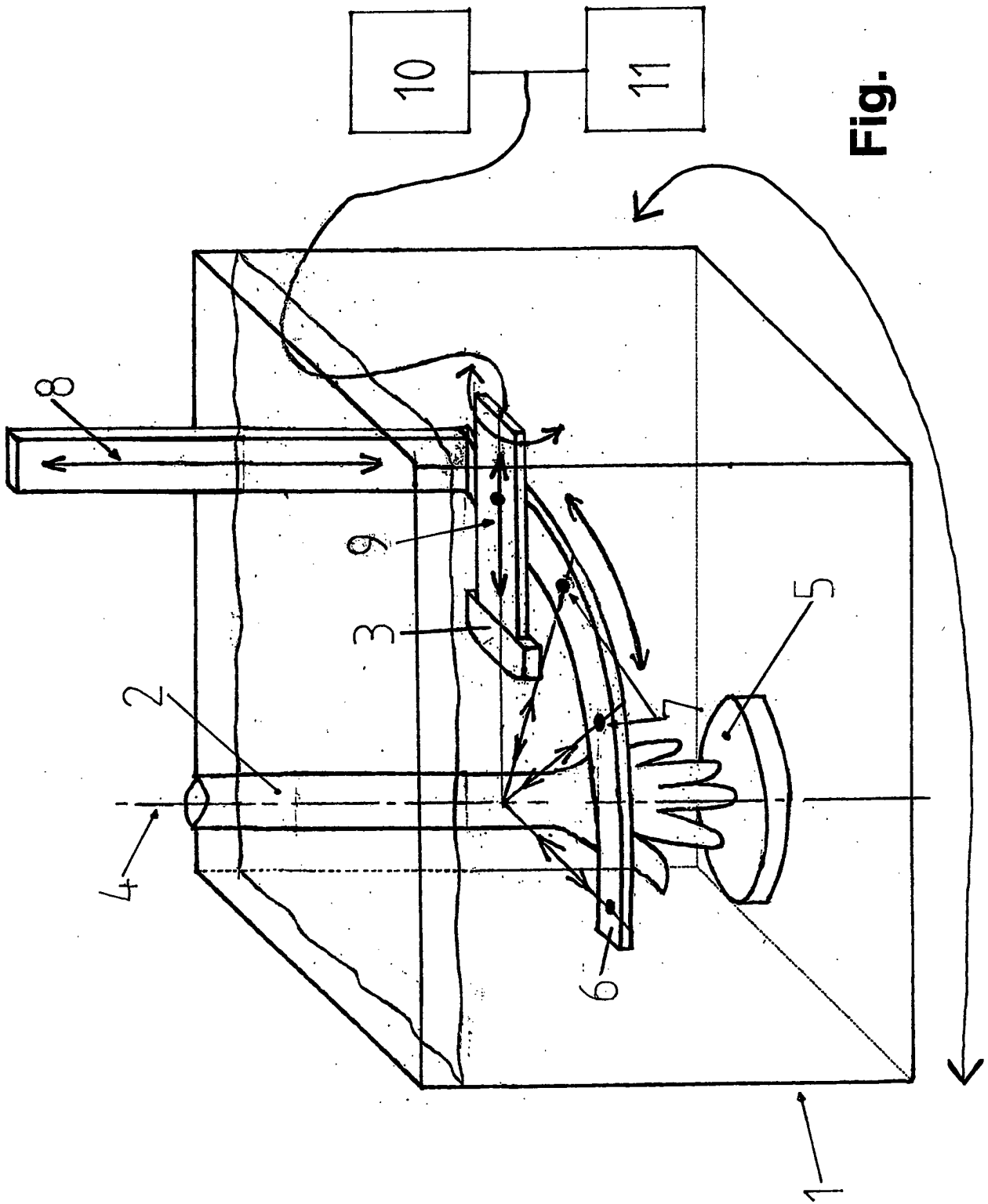


Fig.