



(12) **Veröffentlichung**

der internationalen Anmeldung mit der
(87) Veröffentlichungs-Nr.: **WO 2019/166447**
in der deutschen Übersetzung (Art. III § 8 Abs. 2
IntPatÜG)
(21) Deutsches Aktenzeichen: **11 2019 001 097.2**
(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/EP2019/054766**
(86) PCT-Anmeldetag: **26.02.2019**
(87) PCT-Veröffentlichungstag: **06.09.2019**
(43) Veröffentlichungstag der PCT Anmeldung
in deutscher Übersetzung: **18.03.2021**

(51) Int Cl.: **G06T 7/30 (2017.01)**

(30) Unionspriorität:
62/637,553 **02.03.2018** **US**
62/677,334 **29.05.2018** **US**

(74) Vertreter:
**Meissner Bolte Patentanwälte Rechtsanwälte
Partnerschaft mbB, 80538 München, DE**

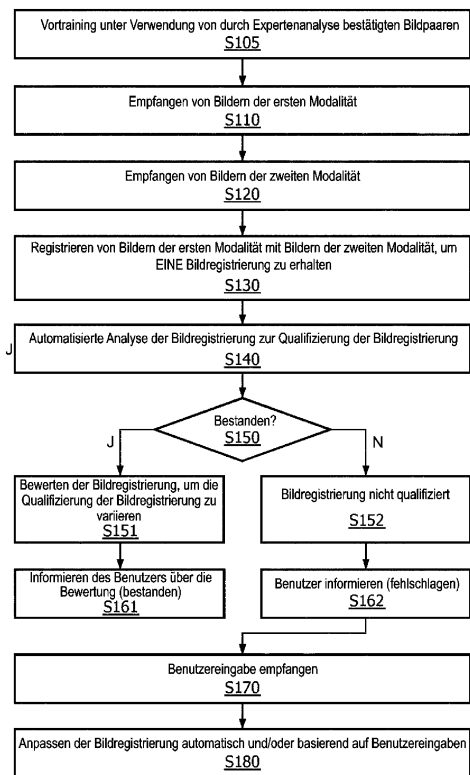
(71) Anmelder:
Koninklijke Philips N.V., Eindhoven, NL

(72) Erfinder:
**Yan, Pingkun, Eindhoven, NL; Kruecker, Jochen,
Eindhoven, NL**

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen.

(54) Bezeichnung: **Bildregistrierungsqualifizierung**

(57) Zusammenfassung: Eine Steuerung zum Qualifizieren der Bildregistrierung schließt einen Speicher ein, der Anweisungen speichert; und einen Prozessor, der die Anweisungen ausführt. Wenn sie durch den Prozessor ausgeführt werden, bewirken die Anweisungen, dass die Steuerung einen Prozess ausführt, der das Empfangen erster Bilder einer ersten Modalität und das Empfangen zweiter Bilder einer zweiten Modalität einschließt. Der von der Steuerung ausgeführte Prozess schließt auch das Registrieren der ersten Bilder der ersten Modalität gegenüber den zweiten Bildern der zweiten Modalität ein, um eine Bildregistrierung zu erhalten. Die Bildregistrierung wird einer automatisierten Analyse als Qualifizierungsprozess unterzogen, um die Bildregistrierung zu qualifizieren. Die Bildregistrierung wird variabel qualifiziert, wenn die Bildregistrierung den Qualifizierungsprozess besteht, und wird nicht qualifiziert, wenn die Bildregistrierung den Qualifizierungsprozess nicht besteht.



Beschreibung

STAND DER TECHNIK

[0001] Interventionelle medizinische Verfahren sind Verfahren, bei denen Instrumente in einem menschlichen Körper verwendet werden, und diese Arten medizinischer Verfahren haben sich zum Teil aufgrund der stark zunehmenden Verwendung von Bildern, die verwendet werden, um derartige interventionelle medizinische Verfahren zu führen, durchgesetzt. Die Fusion von Bildern mehrerer Modi aus mehreren Quellen hat sich in der klinischen Praxis zunehmend durchgesetzt, und auch dies ist für interventionelle medizinische Verfahren üblich geworden. Oft ist es erwünscht, mehrere Bilder, die komplementäre Informationen beinhalten, in denselben Bildgebungsraum zu integrieren, um Biopsie, Behandlung und Überwachung zu führen. Zum Beispiel können bei bildgeführter gezielter Biopsie oder lokalisierter Therapie gezielte Stellen im menschlichen Körper von einer Quelle identifiziert werden, die sich von einer Echtzeit-Bildgebungsmodalität unterscheidet. Beispielsweise können Targets aus früherer hochauflösender diagnostischer Bildgebung, wie Magnetresonanztomographie (MRI) oder Computertomographie (CT), identifiziert und dann zur Führung in eine Echtzeit-Bildgebungsmodalität, wie Ultraschall (US), übertragen werden. Alternativ können Targets aus früheren Biopsien oder lokalen Behandlungen mit derselben Bildgebungsmodalität, aber einem unterschiedlichen Raumvolumen, identifiziert werden. Frühere Biopsiestellen können auch von einer älteren MRI auf eine neue MRI für die Nachuntersuchungsbiopsie abgebildet werden.

[0002] Die Bildregistrierung ist ein Schlüsselverfahren, um den Erfolg der Fusion von Bildern zu gewährleisten. Die Fusion beinhaltet das Fusionieren unterschiedlicher Bilder in denselben Raum. Zur Erstellung der Bildregistrierung können externe Referenzen verwendet werden, wobei Fehler in der Bildregistrierung leicht bewertet werden können. Zum Beispiel wird ein Werkzeug, das als Passermarken-Registrierungsfehlermetrik bekannt ist, verwendet, um Fehler bei der Bildregistrierung zu bewerten. Manchmal können jedoch einfache Metriken des Registrierungsfehlers, wie externe Referenzpunkte, nicht verwendet werden, wie beispielsweise dann, wenn externe Referenzpunkte in einem oder beiden der Bildgebungsmodi nicht erfasst werden können. Zum Beispiel gibt es in einigen Produkten, die verwendet werden, um MRI- und Ultraschallvolumina der Prostata auszurichten, keine Mechanismen zum Prüfen der Qualität der Bildregistrierung und zum Bereitstellen von Feedback an die Benutzer, bevor mit dem interventionellen medizinischen Verfahren fortgefahren wird.

[0003] Für geführte medizinische Verfahren unter Verwendung fusionierter Bilder ist eine genaue Ausrichtung der Bilder wichtig. Da die Bilderscheinungen von MRI und Ultraschall sehr unterschiedlich sind, kann es sehr aufwändig sein zu erkennen, ob eine Registrierung gut ist oder nicht. Um die genaue Ausrichtung zu erhalten, können die Informationen von einem Bild ohne eine gute Registrierung auf eine falsche Position eines anderen Bildes abgebildet werden. Wenn dies der Fall ist, können statt der richtigen Vorgehensweise fusionierte Bilder falsch geführt werden, was dann erfordert, dass sich Ärzte, die geführte medizinische Eingriffe durchführen, auf gute Ergebnisse einstellen. Vor dem Durchführen derartiger Einstellungen müssen die Ärzte jedoch erkennen, dass die Bildregistrierung weniger als optimal ist, und sogar das Erkennen, dass die Registrierung ausgeschaltet ist, kann von der Erfahrung von Ärzten, die ein System verwenden, und ihrem Verständnis der Bildregistrierung abhängen. Sofern eine schlechte Registrierung nicht erkannt werden kann, kann ein Benutzer mit einem Verfahren fortfahren, das zu einem schlechten klinischen Ergebnis führt. Außerdem erfordert es einen intensiven Lernprozess, bevor man ein Paar von MRT- und Ultraschallbildern gut ausrichten kann.

KURZDARSTELLUNG

[0004] Gemäß einem Gesichtspunkt der vorliegenden Offenbarung schließt eine Steuerung zum Qualifizieren der Bildregistrierung einen Speicher ein, der Anweisungen speichert; und einen Prozessor, der die Anweisungen ausführt. Wenn sie durch den Prozessor ausgeführt werden, bewirken die Anweisungen, dass die Steuerung einen Prozess ausführt, der das Empfangen erster Bilder einer ersten Modalität und das Empfangen zweiter Bilder einer zweiten Modalität einschließt. Der von der Steuerung ausgeführte Prozess schließt auch das Registrieren der ersten Bilder der ersten Modalität gegenüber den zweiten Bildern der zweiten Modalität ein, um eine Bildregistrierung zu erhalten. Die Bildregistrierung wird als Qualifizierungsprozess einer automatisierten Analyse unterzogen. Die Bildregistrierung wird auch variabel qualifiziert, wenn die Bildregistrierung den Qualifizierungsprozess besteht, und nicht qualifiziert, wenn die Bildregistrierung den Qualifizierungsprozess nicht besteht.

[0005] Gemäß einem anderen Gesichtspunkt der vorliegenden Offenbarung schließt ein Verfahren zum Qualifizieren der Bildregistrierung das Empfangen erster Bilder einer ersten Modalität und das Empfangen zweiter Bilder einer zweiten Modalität ein. Das Verfahren schließt auch das Registrieren der ersten Bilder der ersten Modalität gegenüber den zweiten Bildern der zweiten Modalität durch einen Prozessor einer Steuerung ein, die Anweisungen ausführt, die in einem Speicher der Steuerung gespeichert sind,

um eine Bildregistrierung zu erhalten. Die Bildregistrierung wird als Qualifizierungsprozess einer automatisierten Analyse unterzogen. Die Bildregistrierung wird auch variabel qualifiziert, wenn die Bildregistrierung den Qualifizierungsprozess besteht, und nicht qualifiziert, wenn die Bildregistrierung den Qualifizierungsprozess nicht besteht.

[0006] Gemäß einem noch anderen Gesichtspunkt der vorliegenden Offenbarung schließt ein System zum Qualifizieren der Bildregistrierung ein Magnetresonanz-Bildgebungssystem (MRI), eine Ultraschallsonde und eine Steuerung einschließlich eines Speichers, der Anweisungen speichert, und eines Prozessors, der die Anweisungen ausführt, ein. Das Magnetresonanz-Bildgebungssystem erzeugt erste Bilder einer ersten Modalität. Die Ultraschallsonde erzeugt zweite Bilder einer zweiten Modalität. Die Anweisungen bewirken, dass die Steuerung einen Prozess ausführt, der das Empfangen der ersten Bilder einer ersten Modalität und das Empfangen der zweiten Bilder einer zweiten Modalität einschließt. Der von der Steuerung ausgeführte Prozess schließt auch das Registrieren der ersten Bilder der ersten Modalität gegenüber den zweiten Bildern der zweiten Modalität durch den Prozessor ein, um eine Bildregistrierung zu erhalten. Die Bildregistrierung wird als Qualifizierungsprozess einer automatisierten Analyse unterzogen. Die Bildregistrierung wird auch variabel qualifiziert, wenn die Bildregistrierung den Qualifizierungsprozess besteht, und nicht qualifiziert, wenn die Bildregistrierung den Qualifizierungsprozess nicht besteht.

Figurenliste

[0007] Die beispielhaften Ausführungsformen werden am besten aus der folgenden ausführlichen Beschreibung verstanden, wenn sie mit den beigefügten Zeichnungen der Figuren gelesen werden. Es wird betont, dass die verschiedenen Merkmale nicht notwendigerweise maßstabsgetreu gezeichnet sind. Tatsächlich können die Abmessungen der Übersichtlichkeit halber beliebig vergrößert oder verkleinert werden. Wo zutreffend und zweckmäßig, beziehen sich gleiche Referenznummern auf gleiche Elemente.

Fig. 1 veranschaulicht einen Prozess zur Bildregistrierungsqualifizierung gemäß einer repräsentativen Ausführungsform.

Fig. 2 veranschaulicht einen weiteren Prozess zur Bildregistrierungsqualifizierung gemäß einer repräsentativen Ausführungsform.

Fig. 3 veranschaulicht ein System zur Bildregistrierungsqualifizierung gemäß einer repräsentativen Ausführungsform.

Fig. 4 veranschaulicht gemäß einer repräsentativen Ausführungsform ein allgemeines Com-

putersystem, auf dem ein Verfahren zur Bildregistrierungsqualifizierung implementiert werden kann.

Fig. 5 veranschaulicht gemäß einer repräsentativen Ausführungsform eine Implementierung einer automatisierten Analyse als Qualifizierungsprozess basierend auf einem Lernverfahren zur Bildregistrierungsqualifizierung.

Fig. 6A veranschaulicht gemäß einer repräsentativen Ausführungsform eine erste (schlechte) Registrierung, die einer Bildregistrierungsqualifizierung unterzogen wurde.

Fig. 6B veranschaulicht gemäß einer repräsentativen Ausführungsform eine zweite (verbesserte) Registrierung, die einer Bildregistrierungsqualifizierung unterzogen wurde.

Fig. 6C veranschaulicht gemäß einer repräsentativen Ausführungsform eine dritte (gute) Registrierung, die einer Bildregistrierungsqualifizierung unterzogen wird.

DETAILLIERTE BESCHREIBUNG

[0008] In der folgenden detaillierten Beschreibung werden zu Zwecken der Erläuterung und nicht der Einschränkung repräsentative Ausführungsformen dargelegt, die spezifische Details offenbaren, um ein gründliches Verständnis einer Ausführungsform gemäß der vorliegenden Lehre bereitzustellen. Beschreibungen bekannter Systeme, Vorrichtungen, Materialien, Operationsverfahren und Herstellungsverfahren können weggelassen worden sein, um zu vermeiden, dass die Beschreibung der repräsentativen Ausführungsformen verdeckt wird. Trotzdem liegen Systeme, Vorrichtungen, Materialien und Verfahren, die innerhalb des Umfangs eines Durchschnittsfachmanns liegen, innerhalb des Schutzzumfangs der vorliegenden Lehre und können gemäß den repräsentativen Ausführungsformen verwendet werden. Es versteht sich auch, dass die hierin verwendete Terminologie nur zum Zweck der Beschreibung besonderer Ausführungsformen verwendet wird und nicht einschränken soll. Die definierten Begriffe sind zusätzlich zu den technischen und wissenschaftlichen Bedeutungen der definierten Begriffe, wie sie allgemein auf dem technischen Gebiet der vorliegenden Lehre verstanden und akzeptiert werden.

[0009] Es versteht sich, dass, obwohl die Begriffe erstes, zweites, drittes usw. hierin verwendet werden können, um verschiedene Elemente oder Komponenten zu beschreiben, diese Elemente oder Komponenten nicht durch diese Begriffe beschränkt sein sollten. Diese Begriffe werden nur verwendet, um ein Element oder eine Komponente von einem anderen Element oder einer anderen Komponente zu unterscheiden. Somit könnte ein erstes Element oder eine erste Komponente, das bzw. die im Folgenden er-

örtert wird, als ein zweites Element oder eine zweite Komponente bezeichnet werden, ohne von der Lehre des Erfindungsgedankens abzuweichen.

[0010] Die hierin verwendete Terminologie dient nur der Beschreibung besonderer Ausführungsformen und soll nicht einschränkend sein. Wie in der Patentschrift und den beiliegenden Ansprüchen verwendet, sollen die Singularformen der Begriffe „ein“, „eine“ und „der/die/das“ sowohl Singular-als auch Pluralformen einschließen, sofern der Kontext nicht eindeutig etwas anderes vorgibt. Außerdem spezifizieren die Begriffe „umfasst“ und/oder „umfassend“ und/oder ähnliche Begriffe, wenn sie in dieser Patentschrift verwendet werden, das Vorhandensein von angegebenen Merkmalen, Elementen und/oder Komponenten, schließen jedoch nicht das Vorhandensein oder Hinzufügen von einem oder mehreren anderen Merkmalen, Elementen, Komponenten und/oder Gruppen davon aus. Wie hierin verwendet, schließt der Begriff „und/oder“ jegliche und alle Kombinationen von einem oder mehreren der zugehörigen aufgeführten Elemente ein.

[0011] Sofern nicht anders angegeben, versteht es sich, dass, wenn ein Element oder eine Komponente als „mit einem anderen Element oder einer anderen Komponente verbunden“, „gekoppelt“ oder „benachbart“ bezeichnet wird, das Element oder die Komponente direkt mit dem anderen Element oder der anderen Komponente verbunden oder gekoppelt sein kann oder dazwischen liegende Elemente oder Komponenten vorhanden sein können. Das heißt, diese und ähnliche Begriffe umfassen Fälle, in denen ein oder mehrere Zwischenelemente oder -komponenten verwendet werden können, um zwei Elemente oder Komponenten zu verbinden. Wenn jedoch ein Element oder eine Komponente als „direkt mit einem anderen Element oder einer anderen Komponente verbunden“ bezeichnet wird, umfasst dies nur Fälle, in denen die zwei Elemente oder Komponenten ohne Zwischenelemente oder eingreifende Elemente oder ohne Zwischenkomponenten oder eingreifende Komponenten miteinander verbunden sind.

[0012] Angesichts des Vorstehenden soll die vorliegende Offenbarung somit durch einen oder mehrere ihrer verschiedenen Gesichtspunkte, Ausführungsformen und/oder spezifischen Merkmale oder Teilkomponenten einen oder mehrere der Vorteile, wie nachstehend spezifisch erwähnt, erbringen. Zu Zwecken der Erläuterung und nicht der Einschränkung werden beispielhafte Ausführungsformen dargelegt, die spezifische Details offenbaren, um ein gründliches Verständnis einer Ausführungsform gemäß der vorliegenden Lehre bereitzustellen. Andere Ausführungsformen in Übereinstimmung mit der vorliegenden Offenbarung, die von den hierin offenbarten spezifischen Details abweichen, bleiben jedoch innerhalb des Schutzzumfangs der beiliegenden Ansprü-

che. Darüber hinaus können Beschreibungen wohlbekannter Vorrichtungen und Verfahren weggelassen worden sein, um die Beschreibung der beispielhaften Ausführungsformen nicht zu verdecken. Derartige Verfahren und Vorrichtungen liegen innerhalb des Schutzzumfangs der vorliegenden Offenbarung.

[0013] Wie hierin beschrieben, werden Probleme, die aus einer schlechten Registrierung von Bildern resultieren, die in interventionellen medizinischen Verfahren verwendet werden, durch automatisches Beurteilen der Qualität der multimodalen Bildregistrierung und dann einem Bereitstellen von Feedback an die Benutzer vermieden. Insbesondere wenn die Qualität der Bildregistrierung nicht akzeptabel ist, kann die nachstehend beschriebene Bildregistrierungsqualifikation vorschlagen, dass Benutzer die Registrierung vor dem Fortfahren verfeinern. Dadurch können Benutzerfehler reduziert werden, was die Gesamtleistung eines bildfusionsgeführten Interventionssysteme weiter verbessern kann.

[0014] Bildausrichtungsqualifikation, wie hierin beschrieben, bezieht sich auf den Gegenstand der am 2. März 2018 eingereichten provisorischen U.S.-Patentanmeldung Nr. 62/637.553, deren Inhalt hiermit in ihrer Gesamtheit durch Bezugnahme eingeschlossen ist.

[0015] Fig. 1 veranschaulicht einen Prozess zur Bildregistrierungsqualifizierung gemäß einer repräsentativen Ausführungsform.

[0016] In Fig. 1 beginnt der Prozess mit einem Vortraining bei S105 unter Verwendung von Bildpaaren, die durch Expertenanalyse bestätigt wurden. Bei den Bildpaaren handelt es sich also um vorab genehmigte Bildpaare desselben Objektes. Zum Beispiel können Bildpaare desselben Gegenstands aus zwei unterschiedlichen Modalitäten registriert werden, und ein erfahrener Benutzer kann die Bildregistrierung manuell qualifizieren. Unterschiedliche Modalitäten können bedeuten, dass Bilder aus unterschiedlichen Quellen, unterschiedlichen Systemen, unterschiedlichen Systemtypen, die auf Grundlage dessen variieren, wie menschliches Gewebe im Prozess des Erzeugens der Bilder stimuliert wird, und/oder unterschiedlichen Systemtypen stammen, die basierend darauf variieren, wie Bilder aufgenommen werden. Sofern nicht anders angegeben, unterscheiden sich die Modalitäten und Modi, wie hierin beschrieben, nicht einfach auf Grundlage unterschiedlicher Einstellungen eines einzelnen Systems oder einer einzelnen Vorrichtung oder unterschiedlichen Zeiten der Bilderfassung oder unterschiedlichen Gegenständen, die in den Bildern erfasst werden.

[0017] Das Vortraining kann dutzende, hunderte und sogar tausende Male erfolgen und kann sogar die Verwendung von Bildregistrierungen von schlechter

Qualität einschließen. Infolgedessen können zahlreiche Bildregistrierungen in ein System zur Bildregistrierungsqualifikation eingegeben werden und tiefem Lernen unterzogen werden, so dass das System Eigenschaften von Bildregistrierungen lernt, die gut gegenüber Bildregistrierungen sind, die schlecht sind. Tiefes Lernen ist eine Form des maschinellen Lernens und basiert auf lernenden Darstellungen von Daten im Gegensatz zu aufgabenspezifischen Algorithmen. Die später durchgeführte automatisierte Analyse kann auf zahlreichen vorab genehmigten Bildpaaren basieren, die als gut gelten, und mindestens einem vorab genehmigten Bildpaar, das als schlecht gilt. Die erfahrenen Benutzer können die Bildpaare und resultierenden Bildregistrierungen bewerten, wie durch eine Bewertung von 1 bis 100 oder 1 bis 1000. Zusätzlich können die erfahrenen Benutzer die Bildpaare und resultierenden Bildregistrierungen nach unterschiedlichen individuellen Eigenschaften unter Verwendung der gleichen Art numerischer Bewertungsverfahren bewerten. Zusätzlich können die erfahrenen Benutzer eine optimale Ausrichtung jedes Bildpaars bereitstellen, und ein automatisierter Prozess kann „verschlechterte“ Versionen der Bildausrichtung erzeugen, indem zufällige Rotationen, Translationen und/oder Verformungen verschiedener Größen in mindestens eines der Bilder in jedem Bildpaar eingeführt werden. Der Prozess kann auch automatisch das fehlausgerichtete Bildpaar basierend auf der Größe der eingeführten Transformation bewerten.

[0018] Bei **S110** werden Bilder einer ersten Modalität empfangen. Beispiele von Modalitäten für die vorliegende Offenbarung schließen Magnetresonanz-Bildgebung, Ultraschall, Röntgenstrahlung und andere Formen medizinischer Bildgebung ein. Jede Modalität unterscheidet sich beispielsweise dadurch, wie Bilder erhalten werden. Ultraschall verwendet beispielsweise Schallwellen, um Bilder innerhalb eines menschlichen Körpers zu erzeugen. Die Magnetresonanz-Bildgebung ist etwas komplizierter als Ultraschall, so dass eine kurze Erläuterung der Magnetresonanz-Bildgebung berechtigt ist. Magnetresonanz-Bildgebung verwendet Magnete, um Wasserstoffkerne (Protonen) in Wassermolekülen in einem Subjekt (z.B. einem Menschen), das abgebildet wird, auszurichten und erneut auszurichten. Starke Magnetfelder werden angelegt, um die Protonen-„Spins“ auszurichten und erneut auszurichten. Hochfrequenzspulen (HF) werden dann verwendet, um selektiv ein B1-Feld in einer Sendestufe zu liefern. In einer Empfangsstufe kehren die Wasserstoffatome in eine ursprüngliche Position (d.h. die Position vor der selektiven Abgabe des B1-Feldes) zurück und geben ein schwaches Hochfrequenzsignal ab, das aufgenommen und zur Bilderzeugung verwendet werden kann.

[0019] Bei **S120** werden Bilder einer zweiten Modalität empfangen. In einem Beispiel, in dem die ers-

te Modalität Ultraschall ist, kann die zweite Modalität Magnetresonanz-Bildgebung sein. In dem Beispiel, in dem die erste Modalität eine Magnetresonanz-Bildgebung ist, kann die zweite Modalität ein Ultraschall sein.

[0020] Bei **S130** werden die Bilder der ersten Modalität gegenüber den Bildern der zweiten Modalität registriert, um eine Bildregistrierung zu erhalten. Die Registrierung umfasst das Ausrichten der Bilder der ersten Modalität und der Bilder der zweiten Modalität auf ein gemeinsames Koordinatensystem, so dass die gleichen Merkmale in den Bildern der unterschiedlichen Modalitäten auf die gleichen Koordinaten ausgerichtet sind. Die Registrierung kann das Anpassen eines Koordinatensystems an ein anderes, das Anpassen von Orientierungspunkten in einer Bildgebungsmodalität an dieselben Orientierungspunkte in der anderen Bildgebungsmodalität, das Ändern der Größe einer Bildgebungsmodalität, um der Größe der anderen Bildgebungsmodalität zu entsprechen, oder andere bekannte Formen des Herstellens einer Ausrichtung zwischen zwei separaten Bildern derselben Szene beinhalten. Bilder aus einer Modalität können als Referenzbilder oder feste Bilder bezeichnet werden, und geometrische Transformationen oder lokale Verschiebungen können auf die anderen Bilder aus der anderen Modalität angewandt werden, so dass sich die Bilder aus den beiden Bildgebungsmodalitäten ausrichten.

[0021] Bei **S140** wird eine automatisierte Analyse als Qualifizierungsprozess auf die Bildregistrierung angewandt, um die Bildregistrierung zu qualifizieren. Die automatisierte Analyse basiert auf dem Lernen von vorab genehmigten Bildpaaren. Die bei der automatisierten Analyse bei **S140** gefundenen Bildübereinstimmungen werden somit nicht händisch technisch verändert, sondern eher durch Sätze von Trainingsbildern gelernt. Ohne Verlust der Allgemeinheit können Magnetresonanz-Bildgebung und Ultraschallfusion für bildgeführte gezielte Prostatabiopsie zur Veranschaulichung verwendet werden.

[0022] Strategien des „Tiefen Lernens“ können für eine Reihe von Bildanalyseproblemen verwendet werden. Gemäß einem Gesichtspunkt der vorliegenden Offenbarung, der sich von einer üblichen Verwendung von tiefem Lernen zur Objekterfassung wie zum Erfassen von Organen/Merkmalen in Ultraschallbildern unterscheidet, wird die hier verwendete Technik des tiefen Lernens verwendet, um Bildmerkmale aus einem gegebenen Paar von Magnetresonanz-Bildgebung und Ultraschallbildern zu extrahieren, um ihre Übereinstimmungen zu prüfen. Anstatt eine besondere Art von Bildmerkmal zu identifizieren, um auf die Existenz eines Objekts zu schließen, lernt die hierin beschriebene Anwendung des tiefen Lernens, Bildmerkmale zu extrahieren und dann eine Registrierung basierend auf der Übereinstim-

mung der Merkmale auszuwerten. **Fig. 5** zeigt eine Implementierung eines derartigen Lernverfahrens zum Messen der Qualität von Magnetresonanz-Bildgebung und Ultraschallbildregistrierung. Unter Verwendung eines Schichtennetzwerks wie in **Fig. 5** wird die Übereinstimmung automatisch durch einen Algorithmus gelernt. Um das System erfolgreich zu machen, müssen zwei Schlüsselfaktoren erfüllt werden. Der eine ist eine starke Rechenfähigkeit, die durch GPU (Graphics Processing Unit)-Berechnung bereitgestellt wurde. Der andere Faktor ist ein ausreichend großer Trainingsdatensatz. In dem in **Fig. 5** gezeigten beispielhaften Netzwerk werden ein Paar von Magnetresonanz-Bildgebungs- und Ultraschall-Patches (in entweder 2D oder 3D) dem Schichtennetz als Eingabe zugeführt. Die Ausgabe am oberen Ende des Schichtennetzwerks ist eine Punktzahl der Registrierung. Dazwischen wird eine Reihe von Faltungsschichten, max. Pooling-Schichten und vollständig verbundenen Schichten zum Extrahieren von Bildmerkmalen und zum Treffen einer Bewertungsentscheidung verwendet. Mit ausreichend Trainingsdaten werden die Parameter des Netzwerks trainiert, um aussagekräftige Bewertungen zu erzeugen. Die Faltungsschichten führen eine Faltungsanalyse durch, Metriken zur Beurteilung der Qualität der Bildregistrierung können durch Lernen der Bildmerkmalübereinstimmung gelernt werden. Außerdem können Kriterien für die Registrierungsgenauigkeit entworfen werden, um die Registrierungsgenauigkeit in unterschiedliche Ebenen zu kategorisieren. Benutzer können automatisch oder halbautomatisch (z.B. mit automatisierter Unterstützung) die Bildregistrierung anpassen, wenn Fehler als zu groß angesehen werden, und Benutzern können spezifische Qualitätshinweise bereitgestellt werden. Beispiele konkreter Hinweise schließen Warnmeldungen ein.

[0023] Sobald die Qualität der Bildregistrierung durch das in **Fig. 5** gezeigte Schichtennetzwerk gemessen werden kann, können die Registrierungen gemäß den Punktzahlen kategorisiert werden, die durch die automatisierte Analyse bei **S140** erzeugt werden. Schwellen können zur Kategorisierung verwendet und aus Trainingsdaten gelernt werden. Durch Verwenden einer von Ärzten fein abgestimmten Registrierung als Grundlagenwahrheit (Basislinienwahrheit) kann ein Satz von fehlausgerichteten Bildern erzeugt werden, indem von der Grundlagenwahrheit weg variiert wird. Die absichtlich fehlausgerichteten Bildpaare werden als Negativproben für das Training verwendet. Somit kann ein Klassifikator zur Kategorisierung der Registrierung erreicht werden.

[0024] Bei **S150** bestimmt der Prozess, ob die Bildregistrierung besteht. Zum Beispiel kann der Prozess von **Fig. 1** eine Punktzahl, die als Ergebnis des automatisierten Prozesses erzeugt wird, mit einem vorbestimmten Schwellenwert vergleichen. Der vorbestimmte Schwellenwert kann ein ausgewählter

Schwellenwert von mehreren verfügbaren Schwellenwerten sein, die basierend auf der ersten Modalität und der zweiten Modalität, basierend auf dem Gegenstand in den Bildpaaren, basierend auf einer Eingabe, wie beispielsweise einer Auswahl von einem Bediener, oder basierend auf anderen Kriterien variieren.

[0025] Bei **S152** wird bestimmt, dass die Bildregistrierung nicht qualifiziert ist (**S150** = Nein). Zum Beispiel kann die Bestimmung, dass die Bildregistrierung nicht qualifiziert wird, auf einer Punktzahl basieren, die aus der automatisierten Analyse **S140** resultiert. Die Punktzahl kann über einem Schwellenwert liegen, der erfordert, dass die Punktzahl niedrig ist, oder unter einem Schwellenwert, der erfordert, dass die Punktzahl hoch ist.

[0026] Bei **S162** wird der Benutzer darüber informiert, dass die Bildregistrierung nicht qualifiziert ist. Der Benutzer wird über ein Ausgabesystem wie ein Display oder einen Lautsprecher informiert. Der Benutzer kann durch eine visuelle Warnung informiert werden, die basierend auf einer Größe variiert, um die die Bildregistrierung die Qualifizierung nicht besteht. Beispielsweise kann eine Farbe oder Intensität einer elektronischen Anzeige basierend auf der Größe, um die die Bildregistrierung nicht besteht, variieren. Die Anzeige kann auch die Stelle innerhalb der Bilder anzeigen, an der eine signifikante Fehl Ausrichtung oder die größte Fehl Ausrichtung erkannt wird. Eine Warnung kann auch das Anzeigen oder Hervorheben des Bildbereichs einschließen, in dem eine signifikante Fehl Ausrichtung oder die schlimmste Fehl Ausrichtung auftritt. Alternativ kann der Benutzer durch eine hörbare Warnung von einem Lautsprecher informiert werden, die basierend auf einer Größe variiert, um die die Bildregistrierung die Qualifizierung nicht besteht. Eine hörbare Warnung kann variieren, zum Beispiel nach Lautstärke, Ton, unterschiedlichen Geräuschmustern wie Piepsen, verschiedenen Geschwindigkeiten von Geräuschen wie Piepsen oder anderen Arten, die einen Benutzer über eine relative Dringlichkeit einer Warnung informieren würden.

[0027] Bei **S151** besteht die Bildregistrierung (**S150** = Ja) und wird klassifiziert, um die Qualifizierung der Bildregistrierung zu variieren. Die Bildregistrierung kann einen Schwellenwert überschreiten und kann variabel eingestuft werden, um den Benutzer über die Vertrauenswürdigkeit und Zuverlässigkeit der Bildregistrierung zu informieren. Positive Bewertungen können numerisch, wie 1 bis 10 oder 1 bis 100, oder alphabetisch, wie A bis F oder A bis Z, oder alphanumerisch sein.

[0028] Bei **S161** wird der Benutzer darüber informiert, dass sich die Bildregistrierung qualifiziert (besteht). Der Benutzer kann optisch oder akustisch auf

die gleiche Weise informiert werden wie ein Benutzer über ein Versagen der Bildregistrierung bei **S162**.

[0029] Bei **S170** wird eine Benutzereingabe empfangen, nachdem der Benutzer über den Fehlschlag der Bildregistrierung bei **S162** informiert wurde. Hier kann der Benutzer aufgefordert werden, eine Eingabe zum Anpassen der Bildregistrierung bereitzustellen, wie durch Ausrichten eines spezifischen Punkts auf einem der Bildpaare auf einen spezifischen Punkt auf dem anderen der Bildpaare oder durch Ausrichten mehrerer solcher Punkte, die visuell als nicht ausgerichtet bestätigt werden sollen. Der Benutzer kann auch aufgefordert werden, eines der Bildpaare vollständig in einer Richtung wie rechts oder links oder oben oder unten anzupassen. Eine Benutzereingabe kann durch Sprache, Cursor, Maus, Berührung, Tastatur oder einen beliebigen anderen bekannten Mechanismus zum Bereitstellen einer Benutzereingabe an eine Rechen- und/oder Kommunikationsvorrichtung bereitgestellt werden.

[0030] Bei **S180** wird die Bildregistrierung entweder automatisch und/oder basierend auf Benutzereingaben angepasst. Das heißt, die Bildregistrierung, die bei **S150** fehlschlägt, kann basierend auf der bei **S170** empfangenen Benutzereingabe angepasst werden. Alternativ oder zusätzlich kann die Bildregistrierung automatisch angepasst werden, wie durch erneutes Durchführen der Bildregistrierung angesichts des Fehlschlags bei **S150**.

[0031] Im Rahmen des Arbeitsflusses ermöglicht die Qualifizierung der Bildregistrierung einem Benutzer, die Bildregistrierung entweder manuell oder halbautomatisch oder automatisch bei **S180** anzupassen. Diese Funktionalität kann auf zwei Stellen hinter dem Komma genutzt werden und schließt das Erhalten von Trainingsdaten zum Lernen der Bildregistrierungsqualitätsbeurteilung und das Verbessern der Bildregistrierung während eines Live-Verfahrens ein. Das heißt, die automatisierte Analyse, die während eines Live-Verfahrens durchgeführt wird, kann auf vorab genehmigten Bildpaaren basieren, die verwendet werden, um Trainingsdaten zu erhalten, die in der automatisierten Analyse verwendet werden. Eine Anpassungsschnittstelle ist in **Fig. 6A**, **Fig. 6B** und **Fig. 6C** als Soft-Tasten auf einem Display dargestellt und kann durch Verwendung von Soft-Tasten als Steuereinheiten, beispielsweise Tasten und Schieber, implementiert werden. Die Interaktion kann direkt über Bildpaare zugelassen werden, zum Beispiel unter Verwendung einer Mausinteraktion, um Translation und Rotation zu implementieren. Die Anpassungsschnittstelle kann auch über eine Fernbedienungs-vorrichtung, beispielsweise Gesten- oder Sprachbefehle, erfolgen.

[0032] **Fig. 2** veranschaulicht einen weiteren Prozess zur Bildregistrierungsqualifizierung gemäß einer repräsentativen Ausführungsform.

[0033] In **Fig. 2** beginnt der Prozess mit der Entscheidung, zu einem nächsten Schritt, wie einem interventionellen medizinischen Verfahren, bei **S205** fortzufahren. Durch die Entscheidung fortzufahren wird die Qualität einer Bildregistrierung bei **S210** beurteilt.

[0034] Die Bildregistrierung kann bewertet werden, sofern sie für den nächsten Schritt benötigt wird. Bei **S220** wird bestimmt, ob die Bildregistrierungsqualität zufriedenstellend ist. Wenn die Bildregistrierungsqualität bei **S220** zufriedenstellend ist, geht der Prozess zum nächsten Schritt bei **S230** über und der Prozess endet beispielsweise nach Ausgabe einer Genehmigung der Bildregistrierungsqualität. Der Prozess kann enden, nachdem ein Ausgabesystem eine Genehmigung ausgegeben hat, wobei der Benutzer informiert wird, dass die Bildregistrierungsqualität zufriedenstellend ist. Das Ausgabesystem kann durch eine Steuerung gesteuert werden, um Genehmigungen und Warnungen auszugeben, wie hierin beschrieben.

[0035] Wenn die Qualität der Bildregistrierung bei **S220** nicht zufriedenstellend ist, wird eine Warnung verwendet, um den Benutzer bei **S240** aufzufordern. Der Benutzer kann der Warnung bei **S250** zustimmen, so dass die Bildregistrierung bei **S260** angepasst und dann bei **S210** erneut bewertet wird. Alternativ kann der Benutzer die Warnung bei **S250** ignorieren und mit dem nächsten Schritt bei **S230** fortfahren, so dass der Prozess endet.

[0036] In dem Prozess von **Fig. 2** wird der Benutzer vor einer möglicherweise ungenauen Bildregistrierung gewarnt, die zum Fusionieren von Bildern zur Verfahrensführung verwendet wird. Sobald ein Benutzer zum nächsten Schritt wechseln möchte, beginnend bei **S205**, beurteilt das System die Qualität der Bildregistrierung bei **S210** unter Verwendung des zuvor erlernten Schichtnetzwerks, das in **Fig. 5** gezeigt ist. Wenn die Bewertung die Registrierung bei **S220** als zufriedenstellend betrachtet, empfiehlt es sich, zum nächsten Schritt bei **S230** überzugehen. Andernfalls wird die Warnmeldung an den Benutzer bei **S240** ausgelöst, die aufzeigt, dass die Registrierung möglicherweise nicht genau ist und verbessert werden sollte. Der Benutzer hat möglicherweise Recht, die Nachricht zu ignorieren und mit dem nächsten Schritt fortzufahren (**S250** = Ignorieren). Oder der Benutzer akzeptiert den Vorschlag (**S250** = Akzeptieren) und verbessert die Registrierung durch Verwendung von hierin bei **S260** beschriebenen Einstellwerkzeugen, bis die Registrierung zufriedenstellend ist.

[0037] Die Warnmeldung in **Fig. 2** ist nicht auf Textanzeigen wie alphabetische, numerische oder alphanumerische Meldungen beschränkt. Eine Warnung kann auch ein visuelles Zeichen sein, wie ein Zeichen mit Farben einschließlich Grün das eine gute Registrierung anzeigt, und Rot, das eine Anforderung nach weiterer Verbesserung anzeigt. Die Warnmeldung kann auch ein akustisches Signal sein, wobei bestimmte Töne anzeigen, dass die Registrierung möglicherweise nicht genau ist. Eine Warnung kann auch durch Berührung erfasst werden, wie durch Vibrieren einer Vorrichtung, um den Benutzer zu warnen. Die Warnung kann auch das Display oder Hervorheben des Bildbereichs einschließen, in dem eine signifikante Fehlausrichtung oder die schlimmste Fehlausrichtung auftritt.

[0038] **Fig. 3** veranschaulicht ein System zur Bildregistrierungsqualifizierung gemäß einer repräsentativen Ausführungsform.

[0039] In **Fig. 3** schließt ein Ultraschallsystem **350** eine Zentralstation **360** mit einem Prozessor **361** und Speicher **362**, ein Touch-Panel **363**, einen Monitor **359** und eine Ultraschallbildsonde **356** ein, die mit der Zentralstation **360** über eine Datenverbindung **358** (z.B. eine verkabelte oder drahtlose Datenverbindung) verbunden ist. Obwohl nicht gezeigt, kann eine interventionelle medizinische Vorrichtung auch über eine andere Datenverbindung (z.B. eine verkabelte oder drahtlose Datenverbindung) mit der Zentralstation **360** verbunden sein, beispielsweise wenn die ersten Bilder oder zweiten Bilder während eines interventionellen medizinischen Eingriffs live bereitgestellt werden.

[0040] Ein Magnetresonanz-Bildgebungssystem **372** kann verwendet werden, um die ersten Bilder oder zweiten Bilder zu erzeugen. Alternativ kann ein Röntgenstrahler als Alternative zum Magnetresonanz-Bildgebungssystem **372** oder zum Ultraschallsystem **350** bereitgestellt werden. Andere Quellen erster Bilder oder zweiter Bilder können auch als Alternativen oder Ergänzungen zu dem Ultraschallsystem **350** und dem Magnetresonanz-Bildgebungssystem **372** verwendet werden.

[0041] Ein Registrierungssystem **390** schließt einen Prozessor **391** und einen Speicher **392** ein.

[0042] Das Registrierungssystem **390** empfängt Daten von dem Magnetresonanz-Bildgebungssystem **372** und der Zentralstation **360**. Das Registrierungssystem **390** führt hierin beschriebene Prozesse aus, indem beispielsweise der Prozessor **391** Anweisungen im Speicher **392** ausführt. Das Registrierungssystem **390** kann aber auch in oder durch die Zentralstation **360** oder in jedem anderen geeigneten Mechanismus implementiert sein. Die Kombination des Prozessors **391** und des Speichers **392**, sei es im Re-

gistrierungssystem **390** oder in einer anderen Konfiguration, kann als „Steuerung“ angesehen werden, wie der Begriff hierin verwendet wird.

[0043] Die Registrierung der ersten Bilder und der zweiten Bilder durch das Registrierungssystem **390** ermöglicht es, eine korrekt überlagerte Ansicht von der Ultraschallbildsonde **356** auf einer Ansicht von dem Magnetresonanz-Bildgebungssystem **372** anzuzeigen. In alternativen Ausführungsformen werden die ersten Bilder und/oder die zweiten Bilder während eines interventionellen medizinischen Eingriffs nicht „live“ bereitgestellt und können dem Registrierungssystem **390** kontaktfrei von einem entfernten Ort über ein Kommunikationsnetzwerk bereitgestellt werden.

[0044] Eine beispielhafte Verwendung der Registrierung ist, wenn eine interventionelle medizinische Vorrichtung während eines medizinischen Verfahrens im Inneren eines Patienten platziert wird. Die Bildregistrierungsqualifikation kann basierend auf einer Metrik variieren, die basierend auf einer Art eines medizinischen Verfahrens variiert. Beispielsweise kann die Bildregistrierung das Erfüllen eines höheren Schwellenwerts für eine Art einer Operation oder einen anderen Eingriff als für eine andere Art einer Operation oder einen anderen Eingriff erfordern.

[0045] Die Registrierung kann verwendet werden, um zum Beispiel Positionen der interventionellen medizinischen Vorrichtung zu zeigen, wie sie in ersten Bildern zu sehen sind, die unter Verwendung der Ultraschallbildsonde **356** erzeugt wurden, überlagert und ausgerichtet auf Gewebe, Organe oder Knochen, wie in zweiten Bildern zu sehen, die unter Verwendung des Magnetresonanz-Bildgebungssystems **372** erzeugt wurden. Eine genaue Ausrichtung ermöglicht es einem Bediener, die interventionelle medizinische Vorrichtung relativ zu dem Gewebe, den Organen oder dem Knochen genau zu sehen.

[0046] Wenn die Registrierung die vom Registrierungssystem **390** durchgeführte automatisierte Analyse nicht besteht, kann der Benutzer benachrichtigt werden, da dies beispielsweise bedeuten kann, dass eine räumliche Position eines auf einem Bildschirm dargestellten Ultraschallbildes nicht vertrauenswürdig ist. Zum Beispiel kann ein Umriss der ersten Bilder oder der zweiten Bilder weiß oder rot gefärbt sein oder blinken. Alternativ kann eine Textwarnung auf dem Monitor **359** angezeigt werden oder eine akustische Warnung kann von einem Lautsprecher bereitgestellt werden oder eine Steuerung, wie ein Griff an der Ultraschallbildsonde **356**, kann vibrieren. Der Benutzer hat dann die Wahl, die Bildregistrierung anzupassen, wie für **S260** in **Fig. 2** und **S180** in **Fig. 1** beschrieben. Zusätzlich zum erneuten Analysieren eines oder beider der ersten Bilder und zweiten Bilder können auch neue Bilder basierend auf einer Bestim-

mung einer fehlgeschlagenen Registrierung erfasst werden.

[0047] Fig. 4 veranschaulicht gemäß einer repräsentativen Ausführungsform ein allgemeines Computersystem, auf dem ein Verfahren zur Bildregistrierungsqualifizierung implementiert werden kann.

[0048] Das Computersystem 400 kann einen Satz von Anweisungen einschließen, die ausgeführt werden können, um das Computersystem 400 zu veranlassen, eines oder mehrere der hierin offenbarten Verfahren oder computerbasierten Funktionen durchzuführen. Das Computersystem 400 kann als eigenständige Vorrichtung arbeiten oder zum Beispiel unter Verwendung eines Netzwerks 401 mit anderen Computersystemen oder Peripherievorrichtungen verbunden sein.

[0049] In einer vernetzten Implementierung kann das Computersystem 400 in der Kapazität eines Servers oder als Client-Benutzercomputer in einer Server-Client-Benutzernetzwerkumgebung oder als Peer-Computersystem in einer Peer-to-Peer- (oder verteilten) Netzwerkumgebung arbeiten. Das Computersystem 400 kann auch in verschiedene Vorrichtungen implementiert werden oder in diese integriert sein, wie einem stationären Computer, einem mobilen Computer, einem Personal Computer (PC), einem Laptop-Computer, einem Tablet-Computer, einem Ultraschallsystem, einer Ultraschallbildsonde, einer Zentralstation, einem Registrierungssystem oder jedem beliebigen anderen Gerät, das in der Lage ist, einen Satz von Anweisungen (sequentiell oder anderweitig) auszuführen, die von diesem Gerät vorzunehmende Handlungen spezifizieren. Das Computersystem 400 kann als oder in ein Gerät integriert sein, das sich wiederum in einem integrierten System befindet, das zusätzliche Vorrichtungen einschließt. In einer Ausführungsform kann das Computersystem 400 unter Verwendung elektronischer Vorrichtungen implementiert werden, die Sprach-, Video- oder Datenkommunikation bereitstellen. Während ferner das Computersystem 400 als ein einzelnes System gezeigt und veranschaulicht ist, soll der Begriff „System“ auch jede Sammlung von Systemen oder Teilsystemen einschließen, die individuell oder gemeinsam einen Satz oder mehrere Sätze von Anweisungen ausführen, um eine oder mehrere Computerfunktionen durchzuführen.

[0050] Wie in Fig. 4 veranschaulicht, schließt das Computersystem 400 einen Prozessor 410 ein. Ein Prozessor für ein Computersystem 400 ist greifbar und nicht flüchtig. Wie hierin verwendet, ist der Begriff „nicht flüchtig“ nicht als eine äußere Eigenschaft eines Zustands zu interpretieren, sondern als eine Eigenschaft eines Zustands, der für einen Zeitraum andauert. Der Begriff „nicht flüchtig“ widerspricht insbesondere flüchtigen Eigenschaften wie Eigenschaften

einer Trägerwelle oder eines Trägersignals oder anderer Formen, die zu jeder Zeit und an jedem Ort nur vorübergehend existieren. Ein Prozessor ist ein Fertigungsartikel und/oder eine Gerätekomponente. Ein Prozessor für ein Computersystem 400 ist konfiguriert, um zum Durchführen von Funktionen Softwareanweisungen auszuführen, wie in den verschiedenen Ausführungsformen hierin beschrieben. Ein Prozessor für ein Computersystem 400 kann ein Allzweckprozessor sein oder Teil einer anwendungsspezifischen integrierten Schaltung (ASIC) sein. Ein Prozessor für ein Computersystem 400 kann auch ein Mikroprozessor, ein Mikrocomputer, ein Prozessorchip, eine Steuerung, eine Mikrosteuerung, ein digitaler Signalprozessor (DSP), eine Zustandsmaschine oder eine programmierbare Logikvorrichtung sein. Ein Prozessor für ein Computersystem 400 kann auch eine Schaltlogik sein, einschließlich eines programmierbaren Gate-Arrays (PGA) wie eines feldprogrammierbaren Gate-Arrays (FPGA) oder eines anderen Schaltungstyps, der eine diskrete Gate- und/oder Transistorlogik einschließt. Ein Prozessor für ein Computersystem 400 kann eine Zentraleinheit (CPU), eine Grafikverarbeitungseinheit (GPU) oder beides sein. Zusätzlich kann jeder hierin beschriebene Prozessor mehrere Prozessoren, parallele Prozessoren oder beides einschließen. Mehrere Prozessoren können in einer einzelnen Vorrichtung oder mehreren Vorrichtungen eingeschlossen oder damit gekoppelt sein.

[0051] Darüber hinaus schließt das Computersystem 400 einen Arbeitsspeicher 420 und einen statischen Speicher 430 ein, die über einen Bus 408 miteinander kommunizieren können. Hierin beschriebene Speicher sind greifbare Speichermedien, die Daten und ausführbare Anweisungen speichern können und während der Zeit, in der Anweisungen darin gespeichert werden, nicht flüchtig sind. Wie hierin verwendet, ist der Begriff „nicht flüchtig“ nicht als eine äußere Eigenschaft eines Zustands zu interpretieren, sondern als eine Eigenschaft eines Zustands, der für einen Zeitraum andauert. Der Begriff „nicht flüchtig“ widerspricht insbesondere flüchtigen Eigenschaften wie Eigenschaften einer Trägerwelle oder eines Trägersignals oder anderer Formen, die zu jeder Zeit und an jedem Ort nur vorübergehend existieren. Ein hierin beschriebener Speicher ist ein Fertigungsartikel und/oder eine Gerätekomponente. Hierin beschriebene Speicher sind computerlesbare Medien, aus denen Daten und ausführbare Anweisungen von einem Computer gelesen werden können. Speicher, wie hierin beschrieben, können Direktzugriffsspeicher (RAM), Nur-Lese-Speicher (ROM), Flash-Speicher, elektrisch programmierbare Nur-Lese-Speicher (EPROM), elektrisch löschbare programmierbare Nur-Lese-Speicher (EEPROM), Register, eine Festplatte, eine Wechselplatte, ein Band, ein Compact Disc Read Only Memory (CD-ROM), eine Digital Versatile Disc (DVD), eine Diskette, ei-

ne Blue-Ray-Disc oder eine beliebige andere Form von Speichermedium, das in der Technik bekannt ist, sein. Speicher können flüchtig oder nicht flüchtig, sicher und/oder verschlüsselt, unsicher und/oder unverschlüsselt sein.

[0052] Wie gezeigt, kann das Computersystem **400** ferner eine Videoanzeigeeinheit **450** einschließen, wie eine Flüssigkristallanzeige (LCD), eine organische Leuchtdiode (OLED), eine Flachbildschirmanzeige, eine Festkörperanzeige oder eine Kathodenstrahlröhre (CRT). Zusätzlich kann das Computersystem **400** eine Eingabevorrichtung **460**, wie eine Tastatur/virtuelle Tastatur oder einen berührungsempfindlichen Eingabebildschirm oder eine Sprach-eingabe mit Spracherkennung und eine Cursorsteuervorrichtung **470**, wie eine Maus oder einen berührungsempfindlichen Eingabebildschirm, oder ein berührungsempfindliches Eingabepad, einschließen. Das Computersystem **400** kann auch eine Festplattenlaufwerkeinheit **480**, eine Signalerzeugungsvorrichtung **490**, wie einen Lautsprecher oder eine Fernbedienung, und eine Netzwerkschnittstellenvorrichtung **440** einschließen.

[0053] In einer Ausführungsform, wie in **Fig. 4** dargestellt, kann die Festplattenlaufwerkeinheit **480** ein computerlesbares Medium **482** einschließen, in das ein oder mehrere Sätze von Anweisungen **484**, z.B. Software, eingebettet werden können. Sätze von Anweisungen **484** können aus dem computerlesbaren Medium **482** gelesen werden. Ferner können die Anweisungen **484**, wenn sie von einem Prozessor ausgeführt werden, verwendet werden, um eines oder mehrere der Verfahren und Prozesse, wie hierin beschrieben, durchzuführen. In einer Ausführungsform können sich die Anweisungen **484** während der Ausführung durch das Computersystem **400** vollständig oder mindestens teilweise innerhalb des Hauptspeichers **420**, des statischen Speichers **430** und/oder innerhalb des Prozessors **410** befinden.

[0054] In einer alternativen Ausführungsform können dedizierte Hardware-Implementierungen wie anwendungsspezifische integrierte Schaltungen (ASICs), programmierbare Logik-Arrays und andere Hardware-Komponenten konstruiert werden, um eines oder mehrere der hierin beschriebenen Verfahren zu implementieren. Eine oder mehrere hierin beschriebene Ausführungsformen können Funktionen unter Verwendung von zwei oder mehr spezifischen miteinander verbundenen Hardware-Modulen oder -Vorrichtungen mit zugehörigen Steuer- und Datensignalen implementieren, die zwischen und durch die Module kommuniziert werden können. Dementsprechend beinhaltet die vorliegende Offenbarung Software-, Firmware- und Hardware-Implementierungen. Nichts in der vorliegenden Anmeldung sollte als ausschließlich mit Software und nicht Hardware, wie einem greifbaren nicht flüchtigen Prozessor und/oder

Speicher, implementiert oder implementierbar interpretiert werden.

[0055] Gemäß verschiedenen Ausführungsformen der vorliegenden Offenbarung können die hierin beschriebenen Verfahren unter Verwendung eines Hardware-Computersystems implementiert werden, das Softwareprogramme ausführt. Ferner können in einer beispielhaften, nicht beschränkten Ausführungsform, Implementierungen eine verteilte Verarbeitung, verteilte Komponenten-/Objektverarbeitung und parallele Verarbeitung einschließen. Die Verarbeitung des virtuellen Computersystems kann ausgestaltet werden, um eines oder mehrere der Verfahren oder Funktionalität, wie hierin beschrieben, zu implementieren, und ein hierin beschriebener Prozessor kann verwendet werden, um eine virtuelle Verarbeitungsumgebung zu unterstützen.

[0056] Die vorliegende Offenbarung sieht ein computerlesbares Medium **482** vor, das Anweisungen **484** einschließt oder Anweisungen **484** als Reaktion auf ein verbreitetes Signal empfängt und ausführt; so dass eine Vorrichtung, die mit einem Netzwerk **401** verbunden ist, Sprache, Video oder Daten über das Netzwerk **401** kommunizieren kann. Ferner können die Anweisungen **484** über das Netzwerk **401** über die Netzwerkschnittstellenvorrichtung **440** übertragen oder empfangen werden.

[0057] **Fig. 5** veranschaulicht gemäß einer repräsentativen Ausführungsform eine Implementierung einer automatisierten Analyse als Qualifizierungsprozess, basierend auf einem Lernverfahren zur Bildregistrierungsqualifizierung.

[0058] In **Fig. 5** schließt eine automatisierte Analyse als Qualifizierungsprozess eine Berechnung der Faltung bei mehreren Faltungsschichten zum Extrahieren gemeinsamer Bildmerkmale der ersten Bilder und der zweiten Bilder ein. Die automatisierte Analyse in **Fig. 5** schließt auch eine gewichtete lineare Kombination von Schichten ein, gefolgt von nichtlinearen Aktivierungen zum Bewerten der extrahierten Merkmale. Die bei der Gewichtung verwendeten Gewichte werden in einer Trainingsphase gelernt.

[0059] Genauer gesagt dient die automatisierte Analyse in **Fig. 5** zur Beurteilung der Qualität der Bildregistrierung. Da ein Organ in unterschiedlichen Modalitäten sehr unterschiedliche Erscheinungsformen aufweisen kann, ist es schwierig, Bildmerkmale manuell zu definieren, um die Bilder miteinander abzugleichen. In **Fig. 5** werden die Korrelationen (Abgleichungen) zwischen Bildern gleicher Merkmale in unterschiedlichen Modalitäten in einer Trainingsstufe erlernt, die einen Satz von Trainingsbildern beinhaltet. Die Trainingsstufe verwendet tiefes Lernen anstatt händische Techniken. In der Ausführungsform von **Fig. 5** schließt die Eingabe unten Bilder aus der

MRI-Modalität und Bilder aus der Ultraschallmodalität ein. Die in **Fig. 5** als Eingabe verwendeten Bilder werden für eine bildgeführte gezielte Prostatabiopsie fusioniert.

[0060] Für eine Reihe von Bildanalyseproblemen haben sich in jüngster Zeit Strategien des tiefen Lernens bewährt. Für die Bildregistrierungsqualifikation unterscheidet sich das tiefe Lernen von einer üblichen Verwendung des tiefen Lernens für Objekterkennung. Beispielsweise wird beim Erkennen von Organen/Merkmalen in MRI-Bildern und Ultraschallbildern die Technik des tiefen Lernens bei der Bildregistrierungsqualifikation verwendet, um Bildmerkmale aus einem gegebenen Paar von MRI-Bildern und Ultraschallbildern zu extrahieren, um ihre Übereinstimmungen zu überprüfen. Anstatt eine besondere Art von Bildmerkmalen zu identifizieren, um auf die Existenz eines Objekts zu schließen, lernt die Anwendung des tiefen Lernens bei der Bildregistrierungsqualifikation, Bildmerkmale zu extrahieren und dann eine Registrierung basierend auf der Übereinstimmung der Merkmale zu bewerten.

[0061] In **Fig. 5** beinhaltet die automatisierte Analyse mehrere Analyseschichten, um von den Eingabebildern unten zur Ausgabebewertung oben zu gelangen. Unter Verwendung des Schichtennetzwerks in **Fig. 5** kann die Entsprechung durch einen Algorithmus automatisch gelernt werden. Zwei Schlüsselfaktoren werden erfüllt, um das Schichtennetzwerk in **Fig. 5** funktionieren zu lassen. Ein wesentlicher Faktor ist die starke Rechenfähigkeit, die rechnerisch von einer Grafikverarbeitungseinheit (GPU) bereitgestellt wurde. Der andere Schlüsselfaktor ist der Besitz und die Verwendung eines ausreichend großen Trainingsdatensatzes. In dem beispielhaften Schichtennetzwerk in **Fig. 5** werden ein Paar von MRI- und Ultraschall-Patches (entweder in 2D oder 3D) an das Schichtennetzwerk als Eingabe gegeben. Die Ausgabe am oberen Ende des Schichtennetzes ist eine Punktzahl der Registrierung. Dazwischen werden eine Reihe von Faltungsschichten (d.h. Schicht 1, Schicht 2, Schicht 4, Schicht 5, Schicht 7, Schicht 8, Schicht 9, Schicht 11 und Schicht 12), max. Pooling-Schichten (d.h. Schicht 3 und Schicht 6) und vollständig verbundene (d.h. Schicht 14 und Schicht 15) zum Extrahieren von Bildmerkmalen verwendet, um die Bewertungsentscheidung zu treffen. Mit genügend Trainingsdaten werden die Parameter des Netzes trainiert, um aussagekräftige Bewertungen zu erzeugen.

[0062] Bekanntermaßen wenden Faltungsschichten einen Faltungsvorgang an dem Eingang an und geben ein Ergebnis an die nächste Schicht weiter. Max. Pool-Schichten verwenden den Maximalwert von jedem eines Clusters von Neuronen auf der vorherigen Schicht. Zum Beispiel beinhaltet max. Pooling eine nichtlineare Funktionalität, um die Größe des

Eingangsdatensatzes zu reduzieren. Allgemein wird die Darstellung der Eingangsbilder während des Prozesses von **Fig. 5** von unten nach oben größer, da wiederholte Faltung und wiederholtes max. Pooling detaillierte pixelweise Informationen zu Merkmalen kombiniert, die Informationen aus einer gesamten Nachbarschaft von Pixeln darstellen. Sofern Schichtennetzwerke gemäß **Fig. 5** die Größe von Datensätzen reduzieren, wird bekanntlich sogar gezeigt, dass Schicht 14 und Schicht 15 ganz oben zufällige Anteile von 10 % (0,1) des Eingangsdatensatzes fallen lassen, was die Stabilität des Netzes gegen Überanpassung erhöht, d.h. die Tendenz eines Netzes, Merkmale zu lernen, die sehr spezifisch für den Trainingsdatensatz sind, sich aber nicht auf neue Daten verallgemeinern, die während des Trainings nicht gesehen werden. Die abgeworfenen Anteile sind jedoch nicht auf 10 % beschränkt, da diese Anzahl hierin willkürlich verwendet wird, und ein tatsächlicher Anteil, der in Schicht 14, Schicht 15 oder ähnlichen Schichten verwendet wird, kann mehr oder weniger als 10 % betragen.

[0063] Sobald die Qualität der Bildregistrierung gemessen werden kann, können die Registrierungen nach den Bewertungen kategorisiert werden. Die zur Kategorisierung verwendeten Schwellen können auch aus Trainingsdaten gelernt werden. Alternativ können die Schwellen manuell festgelegt werden, je nach Art der Bilder und Verwendungszweck der Bilder für medizinische Eingriffe. Durch Verwenden von Registrierungen, die von Fachleuten fein abgestimmt sind, um den Trainingsdatensatz als Grundlagenwahrheit zu erzeugen, kann ein Satz von falsch ausgerichteten Bildern erzeugt werden, indem von der Grundlagenwahrheit weg variiert wird. Die fehlausgerichteten Bildpaare werden als Negativproben für das Training verwendet. Da die automatisierte Analyse letztlich auf Bildpaaren basiert, die als Eingaben für einen Registrierungsprozess verwendet werden, können vorab genehmigte Bildpaare, die beim Training analysiert werden, als Grundlage für die automatisierte Analyse durch die Trainingsstufen verwendet werden. Die vorab genehmigten Paare von Bildern, die beim Training analysiert werden, können mindestens ein Bildpaar einschließen, das als eine negative Probe dient. Daher kann ein Klassifizierer zum Kategorisieren der Registrierung erreicht werden, und der Trainingsdatensatz weist bestätigte Dateneingaben auf, um ein positives Ergebnis zu erzeugen (Registrierung), und bestätigte Dateneingaben, um ein negatives Ergebnis zu erzeugen (Fehlschlag).

[0064] In **Fig. 5** werden gewichtete Linearkombinationen zwischen zwei beliebigen Schichten angewandt. Die nichtlinearen Aktivierungen können auf jeder Schicht angewandt werden, um eine spezifische Dateneingabe aufzuheben, die einen Schwellenwert nicht erreicht, so dass die Daten ignoriert werden können. Aktivierung bedeutet, dass die Da-

ten auf Null gesetzt (gewichtet) werden, wenn sie eine Schwelle nicht erreichen. Die Gewichtungen, die für die gewichteten Linearkombinationen verwendet werden, werden in der Trainingsstufe gelernt, und die automatisierte Analyse in **Fig. 5** basiert auf Gewichtungen, wie beim Bestimmen, welche Daten aufgrund geringer Gewichtungen zu verwerfen sind.

[0065] Wie in **Fig. 5** gezeigt, kann die automatisierte Analyse eine Berechnung der Faltung auf mehreren Faltungsschichten einschließen. Die Berechnung der Faltung beinhaltet das Extrahieren gemeinsamer Bildmerkmale der ersten Bilder und der zweiten Bilder, d.h. Merkmalen, die sowohl in den ersten Bildern als auch in den zweiten Bildern vorhanden sind. Die automatisierte Analyse kann auch eine gewichtete lineare Kombination von Schichten einschließen, gefolgt von nichtlinearen Aktivierungen zum Bewerten der extrahierten gemeinsamen Bildmerkmale. Die beim Gewichten verwendeten Gewichtungen können in einer Trainingsphase gelernt werden.

[0066] **Fig. 6A** veranschaulicht gemäß einer repräsentativen Ausführungsform eine erste (schlechte) Registrierung, die einer Bildregistrierungsqualifizierung unterzogen wurde.

[0067] In dem Beispiel von **Fig. 6A** wird ein großer Fehler durch den Algorithmus geschätzt, der die automatisierte Analyse durchführt. Wie gezeigt, wird eine Meldung „Nicht genehmigt von AI!“ visuell hervorgehoben und der Fehler auf 31,5697 mm geschätzt. Die Ausgabe wird als Registerfehler angezeigt. In **Fig. 6A** sind auch eine Vielzahl von Eingabeeinstellungen gezeigt, einschließlich einer Zoom-Einstellung und einer Überlagerungseinstellung. Es werden auch Steuerungen zum Zurücksetzen einer Anpassung und Bestätigen einer Anpassung sowie Steuerungen zum Laden einer Registrierung und Speichern einer Registrierung gezeigt. Ein großer Fehler ist nicht auf 31,5697 mm beschränkt, da ein großer Fehler mehr oder weniger groß sein kann und je nach Kontext, in dem die automatisierte Analyse durchgeführt wird, variieren kann. Dementsprechend kann ein relativ „großer“ Fehler in Ausführungsformen mehr oder weniger als 31,5697 mm betragen.

[0068] Insbesondere werden in **Fig. 6A** sechs (6) Schieberegler zum Steuern von 3D-Translationen und Rotationen verwendet. Wenn ein Benutzer die Bildregistrierung anpasst, kann sich die rote Beschriftung im Feedbackbereich an der linken unteren Ecke in **Fig. 6A** mit zunehmender Ausrichtung gelb oder grün verfärben. Die ausgerichteten Verbesserungen sind nachstehend in **Fig. 6B** und **Fig. 6C** gezeigt.

[0069] **Fig. 6B** veranschaulicht gemäß einer repräsentativen Ausführungsform eine zweite (verbesserte) Registrierung, die einer Bildregistrierungsqualifizierung unterzogen wurde.

[0070] In dem Beispiel von **Fig. 6B** ist ein geschätzter Fehler kleiner als in dem Beispiel von **Fig. 6A**. Der geschätzte Fehler wird durch den Algorithmus geschätzt, der die automatisierte Analyse durchführt. Wie gezeigt, ist eine Meldung „AI schlägt Verbesserung vor“ visuell hervorgehoben, beispielsweise in einer unterschiedlichen Farbe (gelb) als die Farbe (rot) der Meldung in **Fig. 6A**. Der Fehler wird auf 5,6935 mm geschätzt. In **Fig. 6B** ist die gleiche Vielfalt von Eingabeeinstellungen wie in **Fig. 6A** gezeigt, einschließlich einer Zoom-Einstellung und einer Überlagerungseinstellung. Es werden auch Steuerungen zum Zurücksetzen einer Anpassung und Bestätigen einer Anpassung sowie Steuerungen zum Laden einer Registrierung und Speichern einer Registrierung gezeigt. Der Fehler in **Fig. 6B** ist nicht mehr auf 5,6935 mm beschränkt als ein großer Fehler in **Fig. 6A** auf 31,5697 mm beschränkt wäre, da **Fig. 6B** veranschaulicht, dass ein Fehler, der kleiner als der in **Fig. 6A** vorhandene ist, ein unterschiedliches Ergebnis als in **Fig. 6A** erzeugt. Die Fehlergrößen, die zu einem Ergebnis führen, können mehr oder weniger groß sein und je nach Kontext, in dem die automatisierte Analyse durchgeführt wird, variieren.

[0071] **Fig. 6C** veranschaulicht gemäß einer repräsentativen Ausführungsform eine dritte (gute) Registrierung, die einer Bildregistrierungsqualifizierung unterzogen wird.

[0072] In dem Beispiel von **Fig. 6C** ist ein geschätzter Fehler kleiner als in den Beispielen von **Fig. 6A** und **Fig. 6B** und wird als gut angesehen. Der geschätzte Fehler wird durch den Algorithmus geschätzt, der die automatisierte Analyse durchführt. Wie gezeigt, ist eine Meldung „AI-Assistent einverstanden“ visuell hervorgehoben, beispielsweise in einer unterschiedlichen Farbe (grün) als die Farbe (gelb) der Meldung in **Fig. 6B** oder als die Farbe (rot) der Meldung in **Fig. 6A**. Der Fehler wird auf 2,6935 mm geschätzt. In **Fig. 6C** ist die gleiche Vielfalt von Eingabeeinstellungen wie in **Fig. 6A** und **Fig. 6B** gezeigt, einschließlich einer Zoom-Einstellung und einer Überlagerungseinstellung. Es werden auch Steuerungen zum Zurücksetzen einer Anpassung und Bestätigen einer Anpassung sowie Steuerungen zum Laden einer Registrierung und Speichern einer Registrierung gezeigt. Der kleinere geschätzte Fehler in **Fig. 6C** ist nicht auf 2,6935 mm beschränkt, da ein kleinerer geschätzter Fehler mehr oder weniger klein sein kann und je nach Kontext, in dem die automatisierte Analyse durchgeführt wird, variieren kann. Dementsprechend kann ein relativ „kleinerer“ Fehler in Ausführungsformen mehr oder weniger als 2,6935 mm betragen.

[0073] In den Beispielen von **Fig. 6A**, **Fig. 6B** und **Fig. 6C** können die Bildregistrierungen durchgeführt, erneut durchgeführt und ein weiteres Mal durchgeführt werden, wie durch Zulassen, dass ein Benut-

zer die anfängliche Registrierung anpasst, oder durch automatisches Anpassen der anfänglichen Registrierung.

[0074] Dementsprechend ermöglicht die Bildausrichtungsqualifizierung Korrekturen für eine ungenaue und klinisch inakzeptable Registrierung, die andernfalls zum Fusionieren von Bildern verwendet werden würden, um interventionelle Verfahren zu führen. Die Korrekturen werden ermöglicht, indem die Qualität der Bildregistrierung automatisch beurteilt und Benutzern dann Feedback gegeben wird. Insbesondere wenn die Qualität der Bildregistrierung nicht akzeptabel ist, kann die Bildregistrierungsqualifikation Benutzern vorschlagen, die Registrierung vor dem Fortfahren fein abzustimmen. Dadurch kann der Bedienfehler reduziert werden, was die Gesamtleistung eines durch Bildfusion geführten Interventionssystems weiter verbessern kann.

[0075] Obwohl die Bildregistrierungsqualifikation unter Bezugnahme auf mehrere beispielhafte Ausführungsformen beschrieben wurde, versteht es sich, dass es sich bei den Wörtern, die verwendet wurden, nicht um einschränkende, sondern um beschreibende Wörter und veranschaulichende Wörter handelt. Änderungen können innerhalb des Geltungsbereichs der beiliegenden Ansprüche vorgenommen werden, wie hierin angegeben und wie hierin geändert, ohne von dem Schutzzumfang und dem Geist der Bildregistrierungsqualifikation in ihren Gesichtspunkten abzuweichen. Obwohl die Bildregistrierungsqualifikation unter Bezugnahme auf besondere Mittel, Materialien und Ausführungsformen beschrieben wurde, soll die Bildregistrierungsqualifikation nicht auf die offenbarten Einzelheiten beschränkt sein; vielmehr erstreckt sich die Bildregistrierungsqualifikation auf alle funktional äquivalenten Strukturen, Verfahren und Verwendungen, wie sie innerhalb des Schutzzumfangs der beiliegenden Ansprüche liegen.

[0076] Beispielsweise wurde die Bildregistrierungsqualifikation hauptsächlich im Zusammenhang mit Registrierungen mit Magnetresonanz-Bildgebung und Ultraschall beschrieben. Die Bildregistrierung selbst wird jedoch unter Verwendung von Eingangsbildern aus einer Vielzahl von Bildgebungsmodi durchgeführt, auch wenn sie nur im Zusammenhang mit medizinischer Bildgebung betrachtet wird. Dennoch ist die Bildregistrierungsqualifikation auf viele oder vielleicht alle registrierbaren Bildgebungsmodi anwendbar, sofern die als Basis der automatisierten Analyse verwendeten Gesichtspunkte des tiefen Lernens für viele oder vielleicht alle Bildgebungsmodi auf die Registrierung anwendbar sind. Dadurch kann der Bedienfehler für viele unterschiedliche Bildgebungsmodi und medizinische Eingriffe reduziert werden.

[0077] In alternativen Ausführungsformen kann die Einstellung der Bildregistrierung automatisch durch-

geführt werden, indem eine aus der Lernphase abgeleitete Qualitätsmetrik als zu optimierende Metrik in einem automatischen Optimierungsschema verwendet wird. Das heißt, eine erlernte Metrik kann als Metrik für multimodale Ähnlichkeit in einem Bildregistrierungsprozess dienen. Dies ähnelt der Transinformation (Mutual Information), ist jedoch für bestimmte Anwendungsfälle wie bestimmte Paare von Modalitäten, Organe, erhaltene Ansichten usw. hochspezialisiert. Obwohl die Prozesse von **Fig. 1** und **Fig. 2** die meisten oder alle zentralen Merkmale der Bildregistrierungsqualifikation zeigen, können derartige Merkmale zusätzlich eliminiert oder ergänzt werden. Beispielsweise kann einem Benutzer immer dann eine Rückmeldung oder eine Warnung bereitgestellt werden, wenn eine schlechte/inakzeptable Registrierung erkannt wird, ohne jedoch den Benutzer zu zwingen, auf die Warnung zu reagieren. Mit anderen Worten kann die Warnung parallel zum laufenden Arbeitsablauf angezeigt werden, was eine Registrierung beinhalten kann, die sich in Echtzeit ändert, wie aufgrund von Patienten-/Gewebebewegung. Viele andere Merkmale können hinzugefügt werden, um die gezeigten und beschriebenen Prozesse zu ergänzen, und individuelle Schritte der gezeigten und beschriebenen Prozesse können geändert oder eliminiert werden, ohne von dem Schutzzumfang und dem Geist der Bildregistrierungsqualifikation abzuweichen.

[0078] In noch anderen Ausführungsformen kann eine Trainingsphase durch einen spezifischen Bediener bereitgestellt oder durch den Bediener geändert/ergänzt werden, um kundenspezifische Qualitätsziele für individuelle Benutzer/Institutionen zu ermöglichen. Diese Anpassung stellt einen Arbeitsfluss für Expertenbenutzer bereit, um zusätzliche oder neue Grundlagenwahrheit-Registrierungen bereitzustellen. Zusätzlich kann eine Anpassung dem System ermöglichen, Merkmale neu zu trainieren, die gute Registrierungen anzeigen. Darüber hinaus kann eine Anpassung dem System ermöglichen, die Grundlagenwahrheit-Registrierungen zu modifizieren, um „falsche“ Registrierungen zu erzeugen, um Merkmale zu lernen, die falsche Registrierungen darstellen.

[0079] Die Bildregistrierungsqualifikation kann auch als Modifikation einer Vielfalt bestehender Produkte und Systeme verwendet werden, die Bildfusion zur interventionellen Führung verwenden. Beispiele für Systeme, die modifiziert werden können, um eine Bildregistrierungsqualifikation einzuschließen, schließen eine Vielfalt von Ultraschallbildgebungs- und Navigationssystemen ein.

[0080] Die Veranschaulichungen der hierin beschriebenen Ausführungsformen sollen ein allgemeines Verständnis der Struktur der verschiedenen Ausführungsformen bereitstellen. Die Veranschaulichungen sollen nicht als vollständige Beschreibung aller

hierin beschriebenen Elemente und Merkmale der Offenbarung dienen. Viele andere Ausführungsformen können für Fachleute beim Überprüfen der Offenbarung offensichtlich sein. Andere Ausführungsformen können verwendet und von der Offenbarung abgeleitet werden, so dass strukturelle und logische Substitutionen und Änderungen vorgenommen werden können, ohne vom Schutzzumfang der Offenbarung abzuweichen. Außerdem sind die Veranschaulichungen lediglich stellvertretend und können nicht maßstabsgetreu gezeichnet sein. Bestimmte Verhältnisse innerhalb der Veranschaulichungen können übertrieben groß sein, während andere Verhältnisse minimiert werden können. Dementsprechend sind die Offenbarung und die Figuren eher veranschaulichend als einschränkend anzusehen.

[0081] Eine oder mehrere Ausführungsformen der Offenbarung können hierin individuell und/oder kollektiv durch den Begriff „Erfindung“ lediglich der Einfachheit halber und ohne absichtlich den Umfang dieser Anmeldung auf eine besondere Erfindung oder einen bestimmten Erfindungsgedanken beschränken zu wollen bezeichnet werden. Obwohl hierin spezifische Ausführungsformen veranschaulicht und beschrieben wurden, sollte darüber hinaus beachtet werden, dass jede nachfolgende Anordnung, die dazu ausgelegt ist, denselben oder einen ähnlichen Zweck zu erreichen, die gezeigten spezifischen Ausführungsformen ersetzen kann. Diese Offenbarung soll jede beliebige und alle nachfolgenden Anpassungen oder Variationen verschiedener Ausführungsformen abdecken. Kombinationen der vorstehenden Ausführungsformen und anderer Ausführungsformen, die hierin nicht spezifisch beschrieben sind, werden für Fachleute beim Überprüfen der Beschreibung offensichtlich sein.

[0082] Die Zusammenfassung der Offenbarung wird bereitgestellt, um Titel 37 C.F.R. § 1.72(b) zu erfüllen, und wird mit dem Verständnis eingereicht, dass sie nicht verwendet wird, um den Umfang oder die Bedeutung der Ansprüche zu interpretieren oder einzuschränken. Außerdem können in der vorstehenden ausführlichen Beschreibung verschiedene Merkmale in einer einzigen Ausführungsform zum Zweck der Verdeutlichung der Offenbarung zusammengefasst oder beschrieben werden. Diese Offenbarung ist nicht so zu interpretieren, dass sie eine Absicht widerspiegelt, dass die beanspruchten Ausführungsformen mehr Merkmale erfordern als ausdrücklich in jedem Anspruch angegeben sind. Vielmehr kann, wie die folgenden Ansprüche reflektieren, der Erfindungsgegenstand auf weniger als alle Merkmale einer beliebigen der offenbarten Ausführungsformen gerichtet sein. Somit sind die folgenden Ansprüche in die detaillierte Beschreibung aufgenommen, wobei jeder Anspruch für sich allein als separat beanspruchten Gegenstand definierend steht.

[0083] Die vorhergehende Beschreibung der offenbarten Ausführungsformen wird bereitgestellt, um es jedem Fachmann zu ermöglichen, die in der vorliegenden Offenbarung beschriebenen Konzepte auszuführen. Insofern ist der vorstehend offenbarte Gegenstand als veranschaulichend und nicht einschränkend zu betrachten, und die beiliegenden Ansprüche sollen alle derartigen Modifikationen, Verbesserungen und anderen Ausführungsformen abdecken, die in den wahren Geist und Schutzzumfang der vorliegenden Offenbarung fallen. Somit ist der Schutzzumfang der vorliegenden Offenbarung im gesetzlich maximal zulässigen Umfang durch die breiteste zulässige Interpretation der folgenden Ansprüche und ihrer Äquivalente zu bestimmen und soll nicht durch die vorstehende ausführliche Beschreibung eingeschränkt oder begrenzt werden.

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 Patentliteratur

- US 62/637553 [0014]

Patentansprüche

1. Steuerung zum Qualifizieren der Bildregistrierung, umfassend:

einen Speicher, der Anweisungen speichert; und einen Prozessor, der die Anweisungen ausführt, wobei, wenn sie durch den Prozessor ausgeführt werden, die Anweisungen bewirken, dass die Steuerung einen Prozess ausführt, der Folgendes umfasst: Empfangen erster Bilder einer ersten Modalität; Empfangen zweiter Bilder einer zweiten Modalität; Registrieren der ersten Bilder der ersten Modalität gegenüber den zweiten Bildern der zweiten Modalität, um eine Bildregistrierung zu erhalten; und Unterziehen der Bildregistrierung einer automatisierten Analyse als Qualifizierungsprozess, um die Bildregistrierung zu qualifizieren, und variables Qualifizieren der Bildregistrierung, wenn die Bildregistrierung den Qualifizierungsprozess besteht, und Nichtqualifizieren der Bildregistrierung, wenn die Bildregistrierung den Qualifizierungsprozess nicht besteht.

2. Steuerung nach Anspruch 1, wobei die automatisierte Analyse die Berechnung der Faltung an mehreren Faltungsschichten zum Extrahieren gemeinsamer Bildmerkmale der ersten Bilder und der zweiten Bilder und gewichtete lineare Kombination von Schichten, gefolgt von nichtlinearen Aktivierungen zum Bewerten der extrahierten gemeinsamen Bildmerkmale, umfasst, und bei der Gewichtung verwendete Gewichtungen in einer Trainingsphase gelernt werden.

3. Steuerung nach Anspruch 1, wobei der durch den Prozessor ausgeführte Prozess ferner Folgendes umfasst: Vergleichen der Bildregistrierung mit einem vorbestimmten Schwellenwert, um variabel zu qualifizieren, ob die Bildregistrierung den Qualifizierungsprozess besteht.

4. Steuerung nach Anspruch 1, wobei der durch den Prozessor ausgeführte Prozess ferner Folgendes umfasst: Steuern eines Ausgabesystems, um eine Warnung bereitzustellen, wenn die Bildregistrierung den Qualifizierungsprozess nicht besteht, und um eine Genehmigung auszugeben, wenn die Bildregistrierung den Qualifizierungsprozess besteht.

5. Steuerung nach Anspruch 4, wobei das Ausgabesystem eine Anzeige umfasst, und die Warnung eine visuelle Warnung umfasst, die basierend auf einer Größe variiert, um die die Bildregistrierung den Qualifizierungsprozess nicht besteht.

6. Steuerung nach Anspruch 5, wobei die Warnung eine visuelle Anzeige eines Bereichs der ersten Bilder

und/oder zweiten Bilder umfasst, in dem die Bildregistrierung den Qualifizierungsprozess nicht besteht.

7. Steuerung nach Anspruch 4, wobei das Ausgabesystem einen Lautsprecher umfasst, und die Warnung eine akustische Warnung umfasst, die basierend auf einer Größe variiert, um die die Bildregistrierung den Qualifizierungsprozess nicht besteht.

8. Steuerung nach Anspruch 1, wobei die automatisierte Analyse auf vorab genehmigten Bildpaaren in der ersten Modalität und der zweiten Modalität basiert, einschließlich mindestens eines vorab genehmigten Bildpaares, das den Qualifizierungsprozess nicht besteht und das verwendet wird, um die Steuerung zu trainieren.

9. Steuerung nach Anspruch 1, wobei die erste Modalität Ultraschall umfasst und die zweite Modalität Magnetresonanz-Bildgebung (MRI) umfasst.

10. Steuerung nach Anspruch 1, wobei der durch den Prozessor ausgeführte Prozess ferner Folgendes umfasst: Anpassen der Bildregistrierung, nachdem die Bildregistrierung nicht qualifiziert wurde, wenn die Bildregistrierung den Qualifizierungsprozess nicht besteht.

11. Steuerung nach Anspruch 10, wobei das Anpassen der Bildregistrierung auf einer Eingabe basiert, die von einem Benutzer nach dem Nichtqualifizieren der Bildregistrierung abgefragt wird.

12. Steuerung nach Anspruch 10, wobei das Anpassen der Bildregistrierung automatisch ohne Eingabe von einem Benutzer durchgeführt wird, nachdem die Bildregistrierung nicht qualifiziert wurde.

13. Steuerung nach Anspruch 1, wobei die automatisierte Analyse tiefes Lernen anwendet, bei dem Anweisungen, die durch den Prozessor ausgeführt werden, verwendet werden, um Bildmerkmale aus den ersten Bildern und den zweiten Bildern zu identifizieren und zu extrahieren und eine Übereinstimmung der Bildmerkmale auszuwerten.

14. Steuerung nach Anspruch 1, wobei die automatisierte Analyse auf Bildpaaren in der ersten Modalität und der zweiten Modalität basiert, die verwendet werden, um einen Prozess der automatisierten Analyse zu trainieren.

15. Steuerung nach Anspruch 1, wobei das variable Qualifizieren auf einer Metrik basiert, die basierend auf einer Art eines medizinischen Verfahrens variiert, für das die ersten Bilder und die zweiten Bilder erzeugt werden.

16. Steuerung nach Anspruch 1, wobei mindestens eines der ersten Bilder und der zweiten Bilder in Echtzeit während eines medizinischen Verfahrens erzeugt und empfangen wird.

17. Steuerung nach Anspruch 1, wobei die automatisierte Analyse Faltungsanalyse an mehreren Faltungsschichten basierend auf Extrahieren von Bildmerkmalen der ersten Bilder und der zweiten Bilder und Bewerten der Bildmerkmale basierend auf Gewichtungen, die in einer Trainingsphase gelernt wurden, umfasst.

18. Verfahren zum Qualifizieren der Bildregistrierung, umfassend:

Empfangen erster Bilder einer ersten Modalität;
Empfangen zweiter Bilder einer zweiten Modalität;
Registrieren durch einen Prozessor einer Steuerung, der Anweisungen ausführt, die in einem Speicher der Steuerung gespeichert sind, der ersten Bilder der ersten Modalität gegenüber den zweiten Bildern der zweiten Modalität, um eine Bildregistrierung zu erhalten; und

Unterziehen der Bildregistrierung einer automatisierten Analyse als Qualifizierungsprozess, um die Bildregistrierung zu qualifizieren, und variables Qualifizieren der Bildregistrierung, wenn die Bildregistrierung den Qualifizierungsprozess besteht, und Nichtqualifizieren der Bildregistrierung, wenn die Bildregistrierung den Qualifizierungsprozess nicht besteht.

19. System zum Qualifizieren der Bildregistrierung, umfassend:

eine Ultraschallsonde, die zweite Bilder einer ersten Modalität erzeugt;

ein Magnetresonanz-Bildgebungssystem (MRI), das erste Bilder einer zweiten Modalität erzeugt;

Steuerung einschließlich eines Speichers, der Anweisungen speichert, und eines Prozessors, der die Anweisungen ausführt, wobei die Anweisungen bei Ausführung durch den Prozessor bewirken, dass die Steuerung einen Prozess ausführt, der Folgendes umfasst:

Empfangen der ersten Bilder einer ersten Modalität;
Empfangen der zweiten Bilder einer zweiten Modalität;

Registrieren, durch den Prozessor, der ersten Bilder der ersten Modalität gegenüber den zweiten Bildern der zweiten Modalität, um eine Bildregistrierung zu erhalten; und

Unterziehen der Bildregistrierung einer automatisierten Analyse als Qualifizierungsprozess, um die Bildregistrierung zu qualifizieren, und variables Qualifizieren der Bildregistrierung, wenn die Bildregistrierung den Qualifizierungsprozess besteht, und Nichtqualifizieren der Bildregistrierung, wenn die Bildregistrierung den Qualifizierungsprozess nicht besteht.

Es folgen 8 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

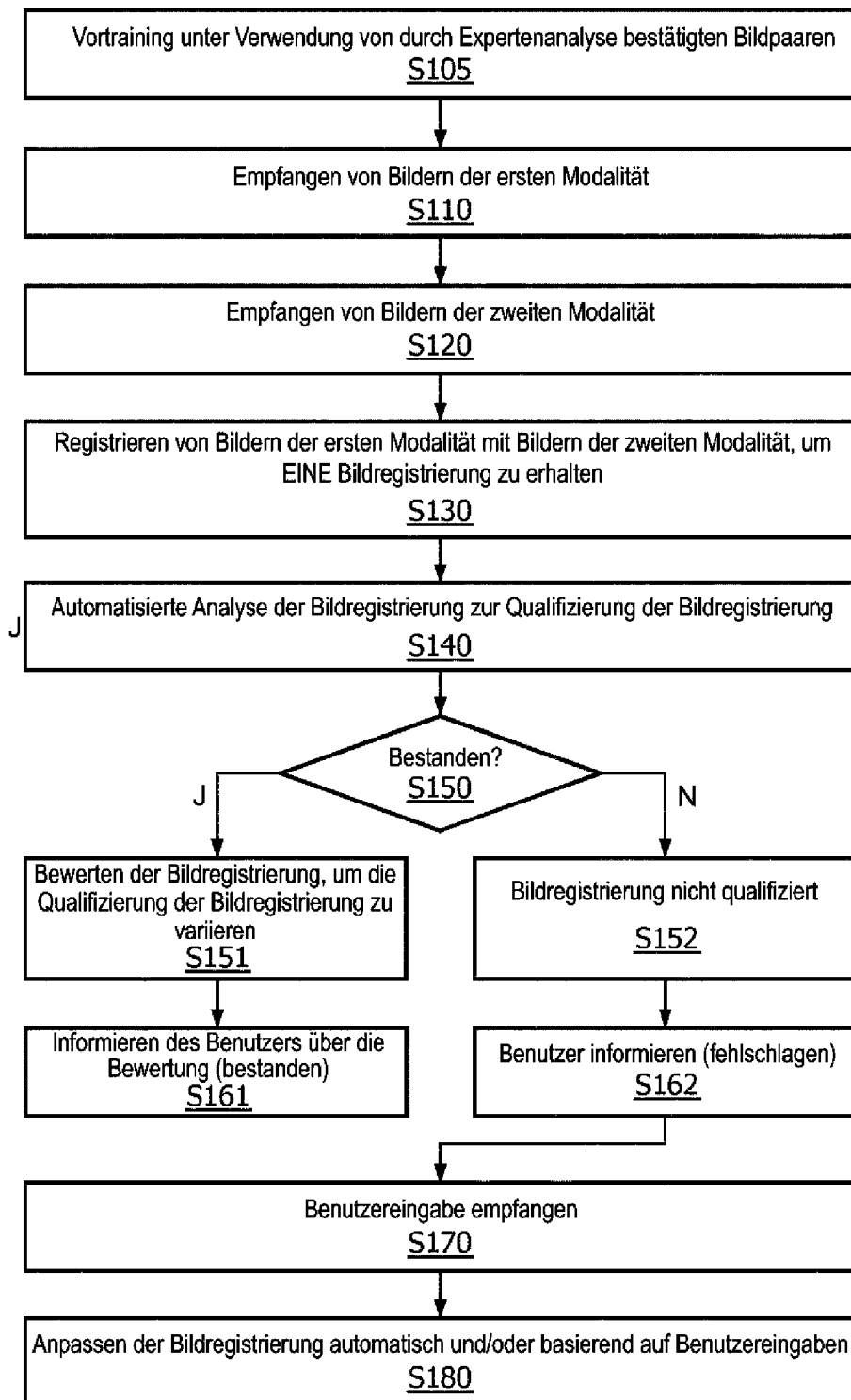


FIG. 1

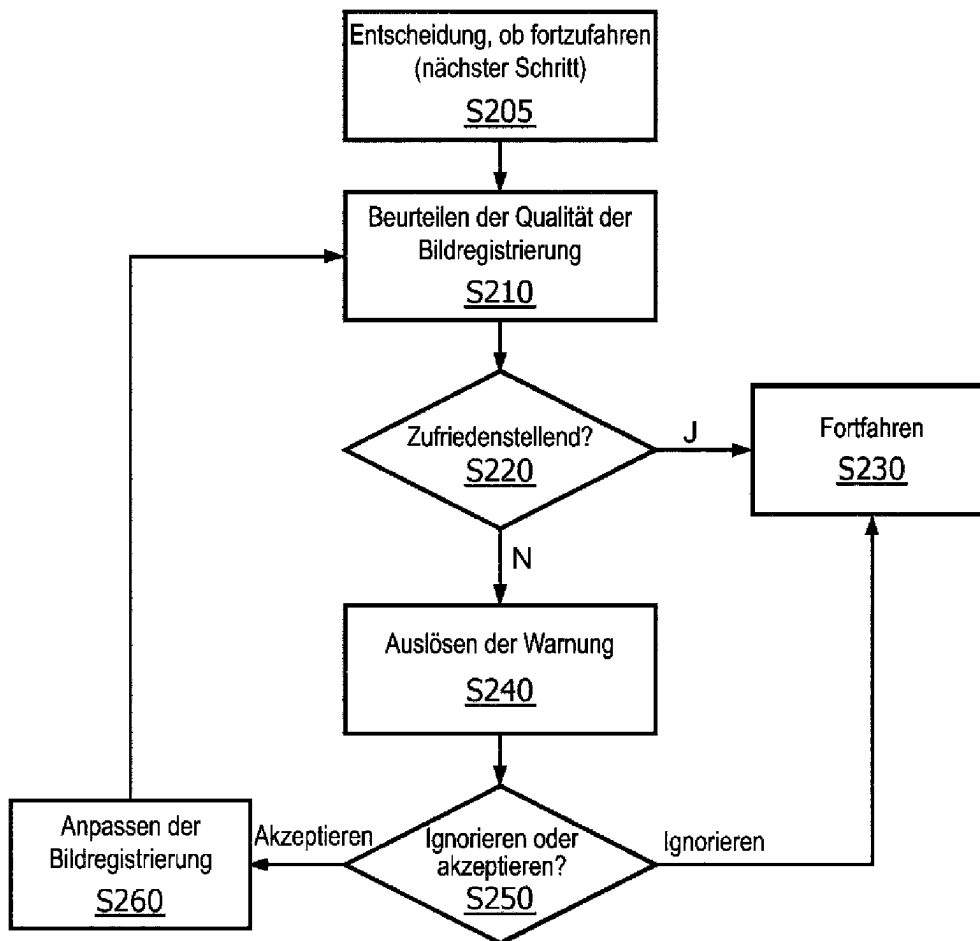


FIG. 2

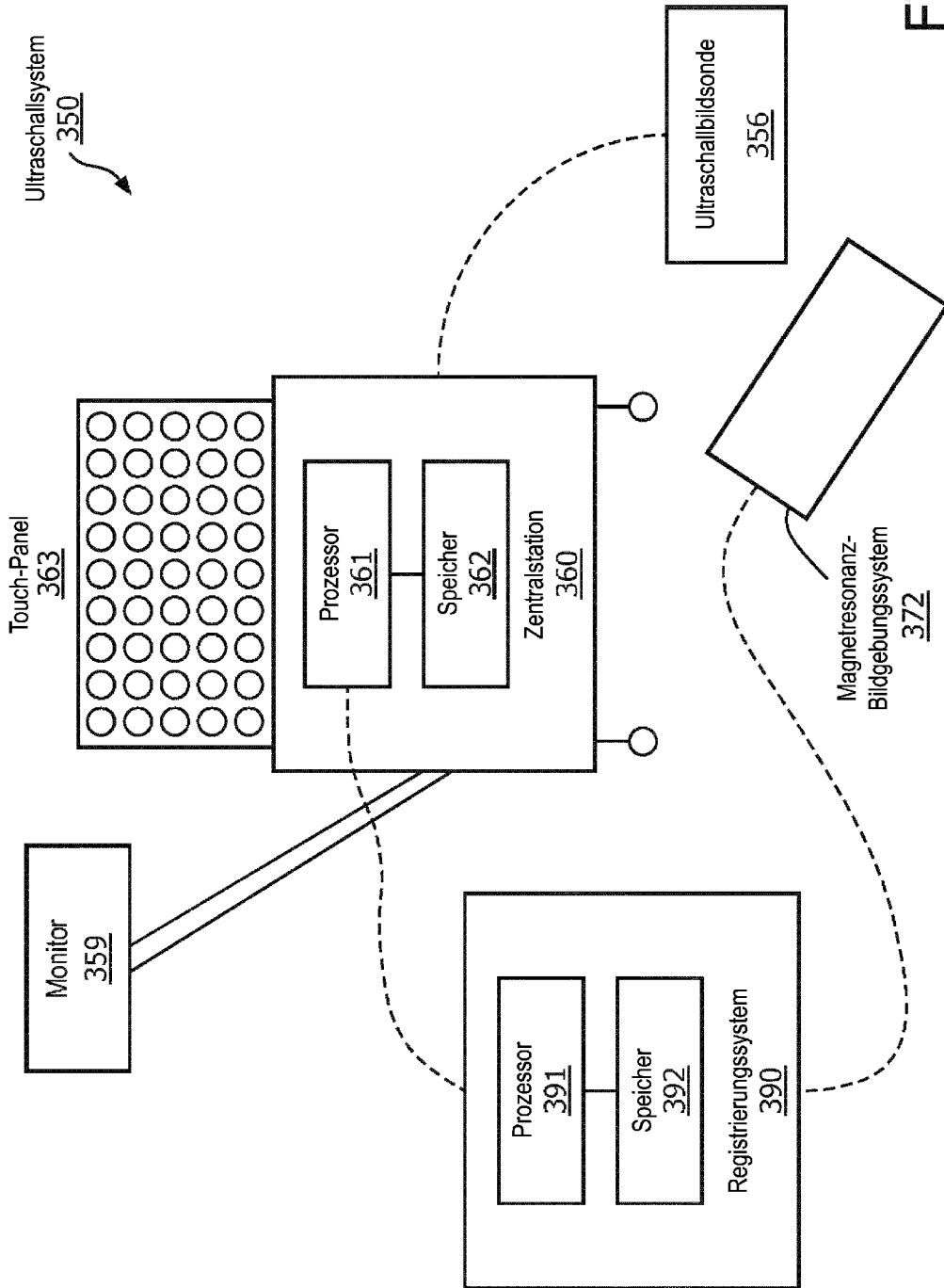


FIG. 3

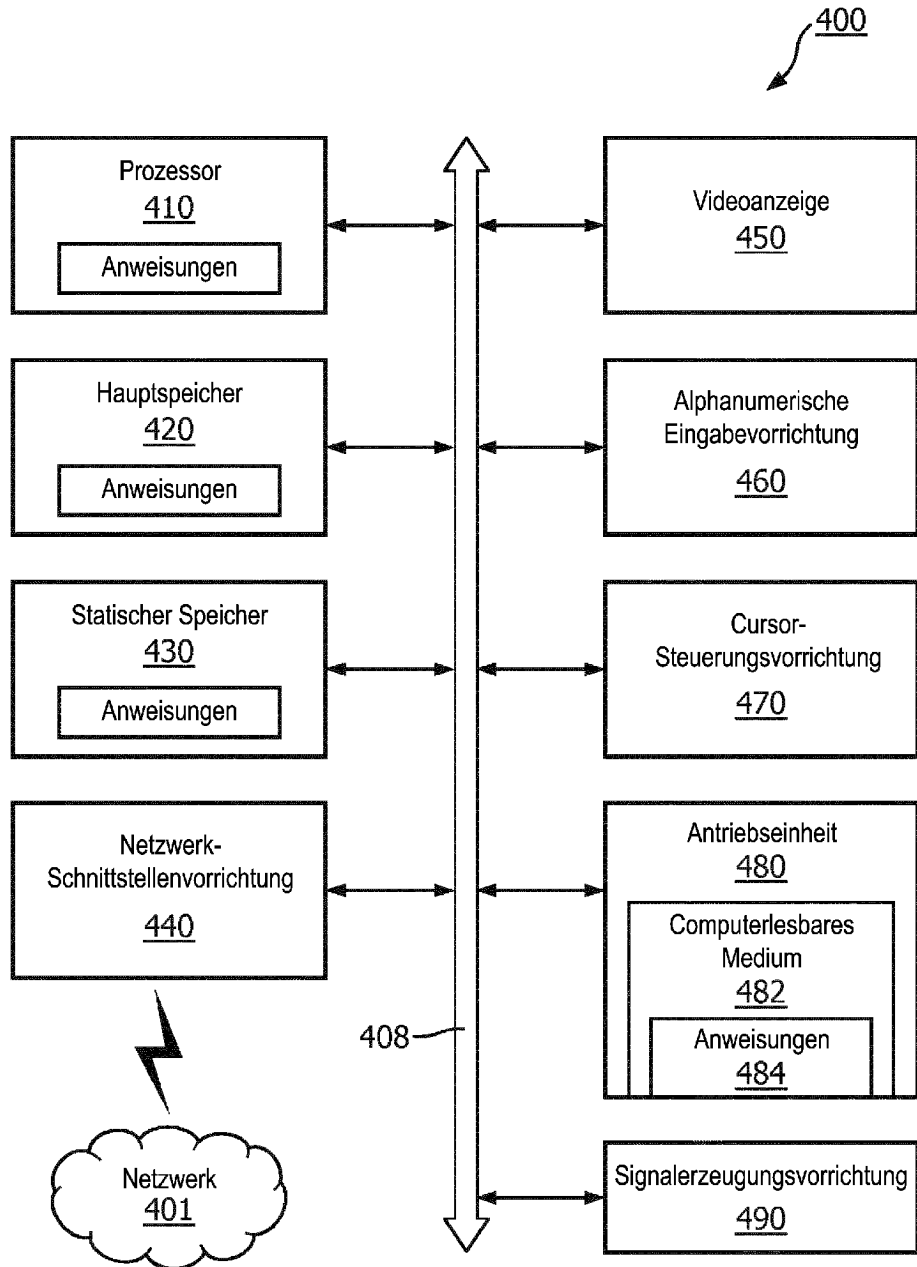


FIG. 4

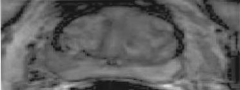
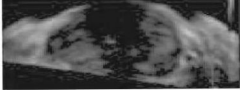
Punktzahl	Ausgabepunktzahl
16 (Verfehlung 0,1)	Schicht 15
16 (Verfehlung 0,1)	Schicht 14
Abflachen (Verfehlung 0,25)	Schicht 13
Faltung 16 5x5x5	Schicht 12
Faltung 128 3x3x3	Schicht 11
Merge	Schicht 10
Faltung 64 3x3x3	Schicht 9
Faltung 128 3x3x3	Schicht 8
Faltung 128 3x3x3	Schicht 7
Max. Pooling 2x2x2	Schicht 6
Faltung 64 3x3x3	Schicht 5
Faltung 64 3x3x3	Schicht 4
Max. Pooling 1x2x2	Schicht 3
Faltung 32 3x3x3	Schicht 2
Faltung 32 3x3x3	Schicht 1
<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;">   </div>	Eingabebilder

FIG. 5

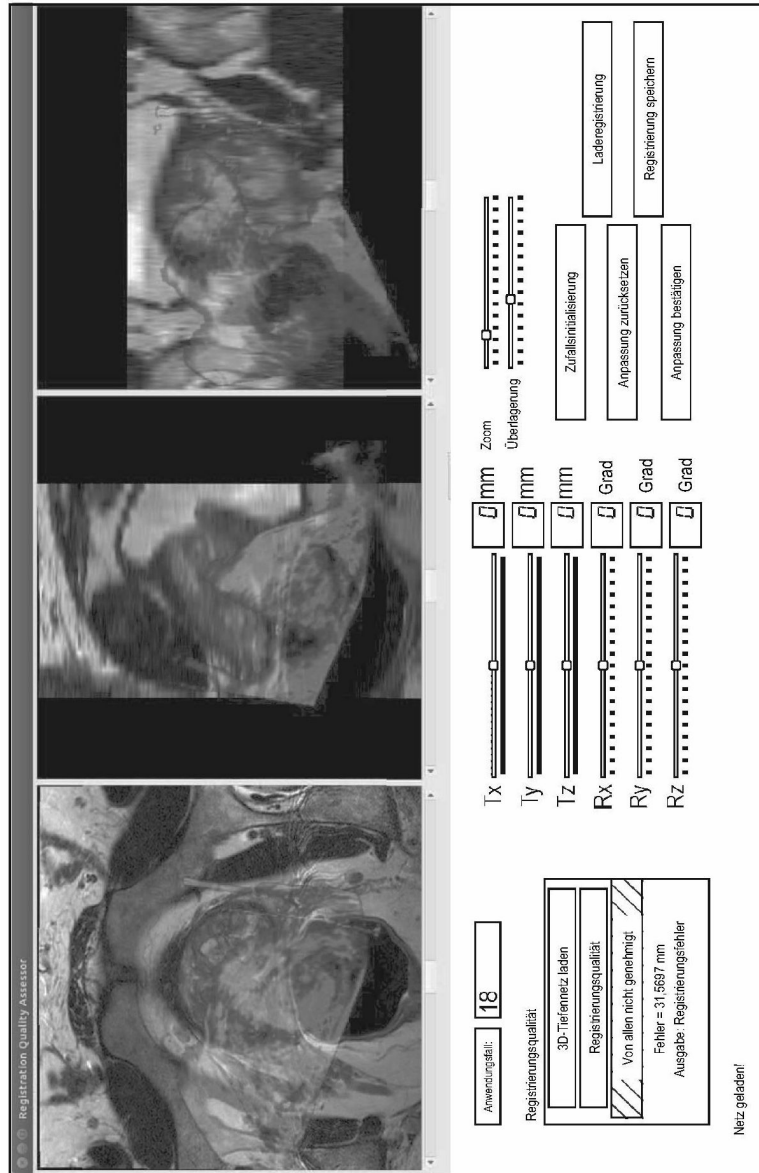


FIG. 6A

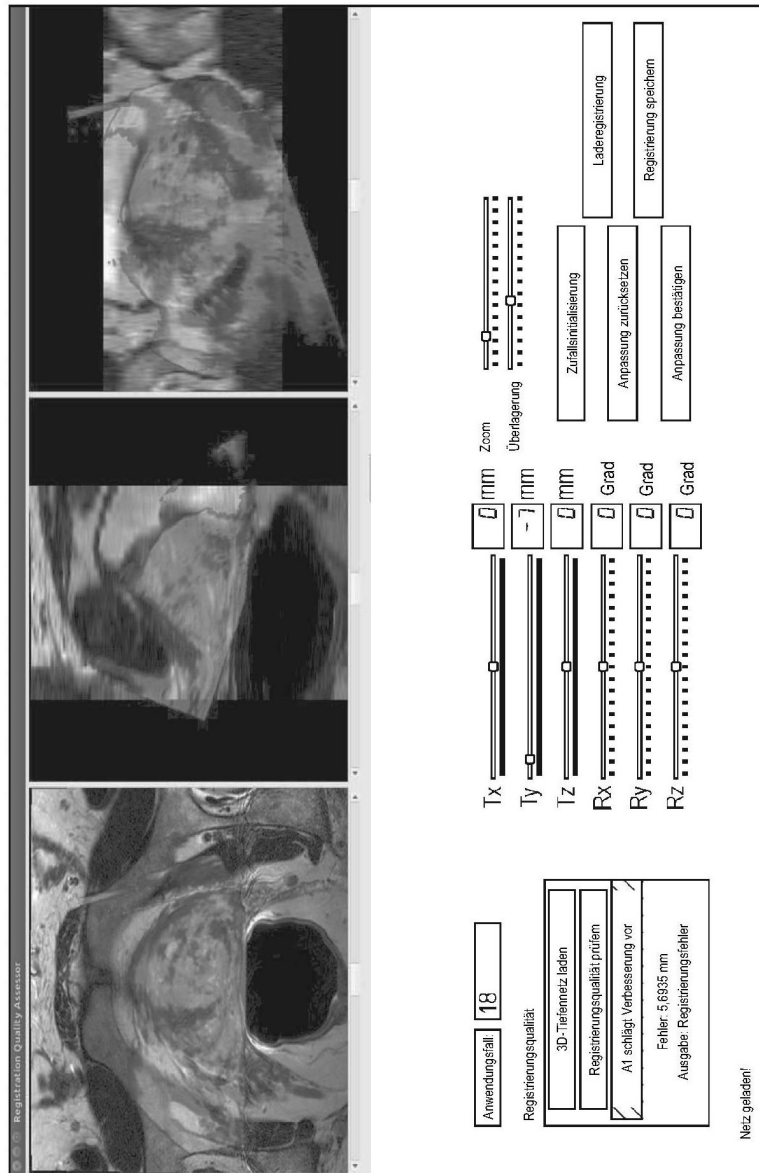


FIG. 6B

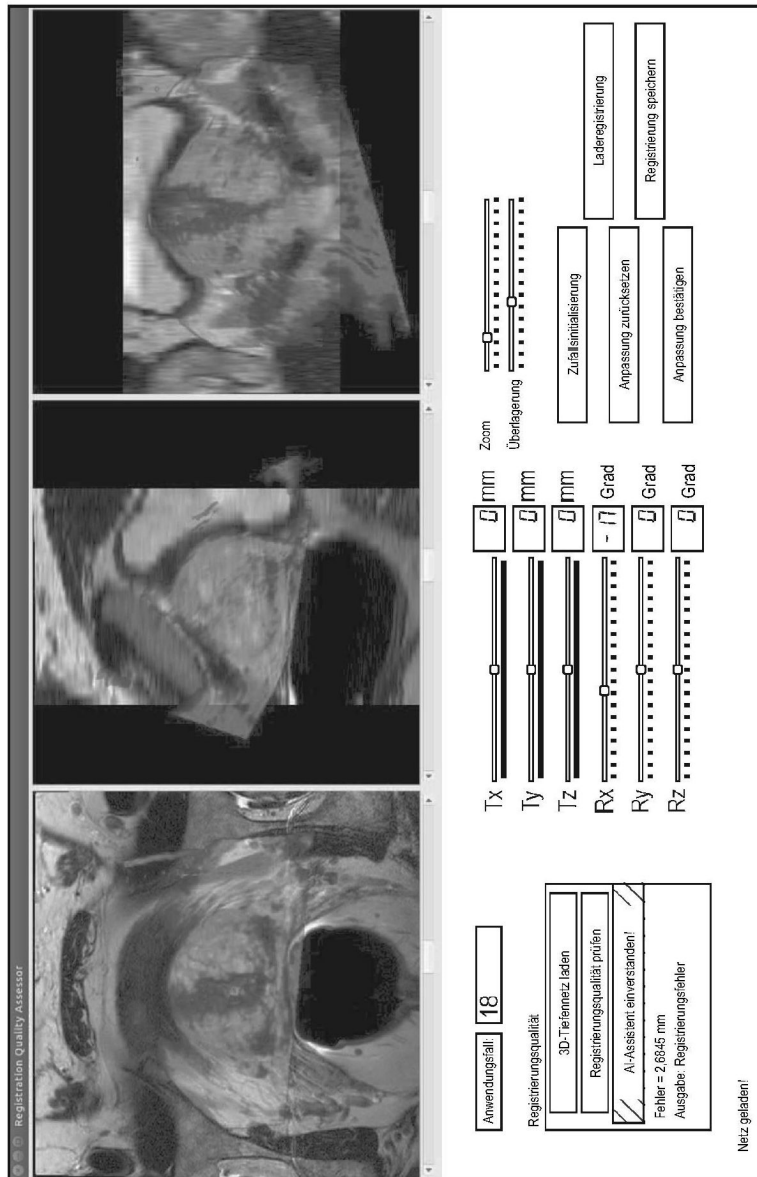


FIG. 6C