



(12) **Veröffentlichung**

der internationalen Anmeldung mit der
(87) Veröffentlichungs-Nr.: **WO 2022/149014**
in der deutschen Übersetzung (Art. III § 8 Abs. 2
IntPatÜbkG)
(21) Deutsches Aktenzeichen: **11 2021 006 283.2**
(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/IB2021/061350**
(86) PCT-Anmeldetag: **06.12.2021**
(87) PCT-Veröffentlichungstag: **14.07.2022**
(43) Veröffentlichungstag der PCT Anmeldung
in deutscher Übersetzung: **21.12.2023**

(51) Int Cl.: **G06V 10/764 (2022.01)**

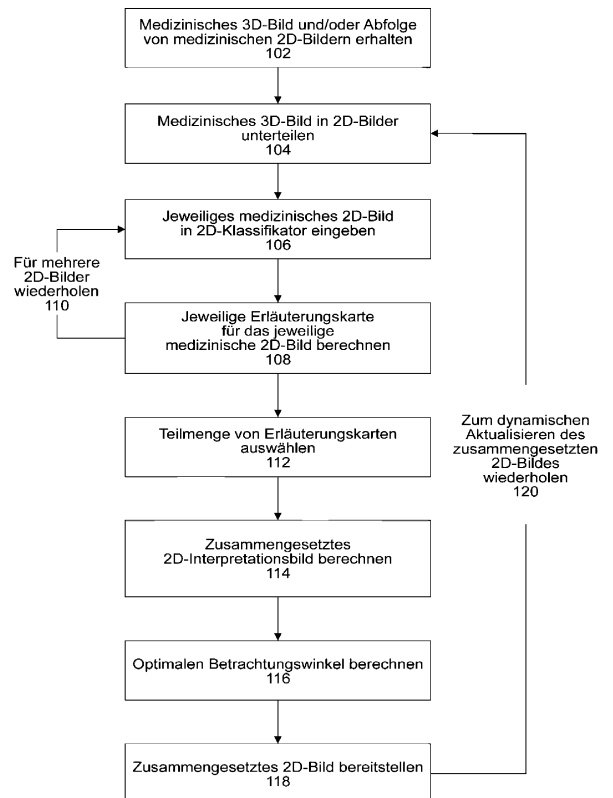
<p>(30) Unionspriorität: 17/145,440 11.01.2021 US</p> <p>(71) Anmelder: International Business Machines Corporation, Armonk, NY, US</p>	<p>(74) Vertreter: Richardt Patentanwälte PartG mbB, 65185 Wiesbaden, DE</p> <p>(72) Erfinder: Ratner, Vadim, Haifa, IL; Shoshan, Yoel, Haifa, IL; El-Hay, Tal, Haifa, IL</p>
---	---

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen.

(54) Bezeichnung: **SYSTEME UND VERFAHREN ZUM ERZEUGEN EINES MEDIZINISCHEN BILDES**

(57) Zusammenfassung: Bereitgestellt wird ein Verfahren zum Erzeugen eines zusammengesetzten 2D-Interpretationsbildes, das ein Eingeben jedes medizinischen 2D-Bildes eines unterteilten 3D-Bildes in einen 2D-Klassifikator, der an 2D-Bilder trainiert wurde, die mit einer Angabe eines optischen Befundes gekennzeichnet sind, ein Berechnen einer jeweiligen Erläuterungskarte für jedes jeweilige 2D-Bild, wobei die Erläuterungskarte Regionen enthält, die entsprechenden Regionen des jeweiligen 2D-Bildes entsprechen, wobei jede jeweilige Region der jeweiligen Erläuterungskarte in Zusammenhang mit einer berechneten erläuterbaren Gewichtung steht, die einen Einfluss der jeweiligen entsprechenden Region des jeweiligen 2D-Bildes auf das Ergebnis des 2D-Klassifikators angibt, dem das jeweilige 2D-Bild zugeführt wurde, und ein Berechnen eines zusammengesetzten 2D-Interpretationsbildes aufweist, das eine jeweilige Zusammenfassungsgewichtung für jede jeweilige Region davon aufweist, wobei jede jeweilige Zusammenfassungsgewichtung durch Zusammenfassen der erläuterbaren Gewichtungen berechnet wird, die für die jeweilige Region berechnet wurden die der jeweiligen Region des zusammengesetzten 2D-Interpretationsbildes entspricht.



Beschreibung

HINTERGRUND

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft bei einigen ihrer Ausführungen ein Verarbeiten von medizinischen Bildern und insbesondere, aber nicht ausschließlich, Systeme und Verfahren zum Erzeugen von medizinischen 2D-Bildern aus medizinischen 3D-Bildern.

[0002] Medizinische 2D-Bilder können aus medizinischen 3D-Bildern erstellt werden, um einem Radiologen ein Navigieren durch das medizinische 3D-Bild zu erleichtern. Der Radiologe kann das medizinische 2D-Bild verwenden, um zu ermitteln, auf welche Teile des medizinischen 3D-Bildes er sich konzentrieren muss. Zum Beispiel kann der Radiologe in einem 2D-Bild eines CT-Scans, der ein Lungenknötchen in einem bestimmten Flügel einer bestimmten Lunge zeigt, Schichten des CT-Scans betrachten, die dem bestimmten Flügel entsprechen, um eine bessere Ansicht des Lungenknötchens zu erhalten.

KURZDARSTELLUNG

[0003] Gemäß einem ersten Aspekt weist ein mittels Computer realisiertes Verfahren zum Erzeugen eines zusammengesetzten 2D-Interpretationsbildes aus einem medizinischen 3D-Bild auf: Eingeben eines jeden einer Mehrzahl von medizinischen 2D-Bildern, die durch Unterteilen eines medizinischen 3D-Bildes erstellt wurden, in einen 2D-Klassifikator, der an einem Trainingsdatensatz von medizinischen 2D-Bildern trainiert wurde, die mit einer Angabe eines darin bildlich dargestellten optischen Befundes gekennzeichnet sind, Berechnen einer jeweiligen Erläuterungskarte einer Mehrzahl von Erläuterungskarten für jedes jeweilige medizinische 2D-Bild der Mehrzahl von medizinischen 2D-Bildern, wobei die jeweilige Erläuterungskarte eine Mehrzahl von Regionen umfasst, die einer Mehrzahl von entsprechenden Regionen des jeweiligen 2D-Bildes entsprechen, wobei jede jeweilige Region der jeweiligen Erläuterungskarte einer berechneten erläuterbaren Gewichtung zugehörig ist, die einen Einfluss der jeweiligen entsprechenden Region des jeweiligen medizinischen 2D-Bildes auf das Ergebnis des 2D-Klassifikators angibt, in den das jeweilige medizinische 2D-Bild eingegeben wurde, Berechnen eines zusammengesetzten 2D-Interpretationsbildes, das eine jeweilige Zusammenfassungsgewichtung (aggregation weight) für jede jeweilige Region davon aufweist, wobei jede jeweilige Zusammenfassungsgewichtung durch Zusammenfassen einer Mehrzahl der erläuterbaren Gewichtungen berechnet wird, die für die jeweiligen Regionen der Mehrzahl von Erläuterungskarten berechnet wurden, die der jeweiligen Region des zusammengesetzten 2D-Interpretationsbildes entsprechen, und Bereitstellen des zusammengesetzten 2D-Interpretationsbildes zur Darstellung auf einer Anzeige.

[0004] Gemäß einem zweiten Aspekt weist ein Verfahren zum Erzeugen eines 2D-Klassifikators zur Analyse von 2D-Bildern eines medizinischen 3D-Bildes auf: Zugreifen auf eine Mehrzahl von medizinischen 3D-Trainingsbildern für jedes jeweilige medizinische 3D-Bild der Mehrzahl von medizinischen 3D-Bildern: Unterteilen des jeweiligen medizinischen 3D-Bildes in eine Mehrzahl von medizinischen 2D-Bildern, Eingeben eines jeden der Mehrzahl von medizinischen 2D-Bildern in einen 2D-Klassifikator, der an einem Trainingsdatensatz von medizinischen 2D-Bildern trainiert wurde, die mit einer Angabe eines darin bildlich dargestellten optischen Befundes gekennzeichnet sind, Berechnen einer jeweiligen Erläuterungskarte einer Mehrzahl von Erläuterungskarten für jedes jeweilige medizinische 2D-Bild der Mehrzahl von medizinischen 2D-Bildern, wobei die jeweilige Erläuterungskarte eine Mehrzahl von Regionen umfasst, die einer Mehrzahl von entsprechenden Regionen des jeweiligen 2D-Bildes entsprechen, wobei jede jeweilige Region der jeweiligen Erläuterungskarte einer berechneten erläuterbaren Gewichtung zugehörig ist, die einen Einfluss der jeweiligen entsprechenden Region des jeweiligen medizinischen 2D-Bildes auf das Ergebnis des 2D-Klassifikators angibt, in den das jeweilige medizinische 2D-Bild eingegeben wurde, Berechnen eines zusammengesetzten 2D-Interpretationsbildes, das eine jeweilige Zusammenfassungsgewichtung für jede jeweilige Region davon aufweist, wobei jede jeweilige Zusammenfassungsgewichtung durch Zusammenfassen einer Mehrzahl der erläuterbaren Gewichtungen berechnet wird, die für die jeweiligen Regionen der Mehrzahl von Erläuterungskarten berechnet wurden, die der jeweiligen Region des zusammengesetzten 2D-Interpretationsbildes entsprechen, Zuweisen einer Kennzeichnung zu dem zusammengesetzten 2D-Interpretationsbild, die ein Vorhandensein des darin bildlich dargestellten optischen Befundes angibt, Erzeugen eines aktualisierten Trainingsdatensatzes, der eine Mehrzahl der zusammengesetzten 2D-Interpretationsbilder und die entsprechenden Kennzeichnungen umfasst, und Erzeugen eines aktualisierten 2D-Klassifikators durch Aktualisieren des Trainings des 2D-Klassifikators unter Verwendung des aktualisierten Trainingsdatensatzes.

[0005] Gemäß einem dritten Aspekt weist ein mittels Computer realisiertes Verfahren zum Erzeugen eines zusammengesetzten 2D-Interpretationsbildes aus nacheinander aufgenommenen medizinischen 2D-Video-

bildern auf: Empfangen einer Abfolge aus einer Mehrzahl von medizinischen 2D-Bildern, die über einen Zeitraum hinweg als Video aufgenommen wurden, wobei die Mehrzahl von medizinischen 2D-Bildern zeitlich voneinander getrennt sind, Eingeben eines jeden einer Mehrzahl von medizinischen 2D-Bildern, die durch Unterteilen eines medizinischen 3D-Bildes erstellt wurden, in einen 2D-Klassifikator, der an einem Trainingsdatensatz von medizinischen 2D-Bildern trainiert wurde, die mit einer Angabe eines darin bildlich dargestellten optischen Befundes gekennzeichnet sind, Berechnen einer jeweiligen Erläuterungskarte einer Mehrzahl von Erläuterungskarten für jedes jeweilige medizinische 2D-Bild der Mehrzahl von medizinischen 2D-Bildern, wobei die jeweilige Erläuterungskarte eine Mehrzahl von Regionen umfasst, die einer Mehrzahl von entsprechenden Regionen des jeweiligen 2D-Bildes entsprechen, wobei jede jeweilige Region der jeweiligen Erläuterungskarte einer berechneten erläuterbaren Gewichtung zugehörig ist, die einen Einfluss der jeweiligen entsprechenden Region des jeweiligen medizinischen 2D-Bildes auf das Ergebnis des 2D-Klassifikators angibt, in den das jeweilige medizinische 2D-Bild eingegeben wurde, und Berechnen eines zusammengesetzten 2D-Interpretationsbildes, das eine jeweilige Zusammenfassungsgewichtung für jede jeweilige Region davon aufweist, wobei jede jeweilige Zusammenfassungsgewichtung durch Zusammenfassen einer Mehrzahl der erläuterbaren Gewichtungen berechnet wird, die für die jeweiligen Regionen der Mehrzahl von Erläuterungskarten berechnet wurden, die der jeweiligen Region des zusammengesetzten 2D-Interpretationsbildes entsprechen.

[0006] Gemäß einem vierten Aspekt weist ein mittels Computer realisiertes Verfahren zum Erzeugen eines zusammengesetzten 2D-Interpretationsbildes aus einem medizinischen 3D-Bild auf: Eingeben eines jeden einer Mehrzahl von medizinischen 2D-Bildern, die durch mindestens eines erhalten wurden aus: Unterteilen eines medizinischen 3D-Bildes, das als Video über einen Zeitraum hinweg aufgenommen wurde, in einen 2D-Klassifikator, der an einem Trainingsdatensatz von medizinischen 2D-Bildern trainiert wurde, die mit einer Angabe eines darin bildlich dargestellten optischen Befundes gekennzeichnet sind, Berechnen einer jeweiligen Erläuterungskarte einer Mehrzahl von Erläuterungskarten für jedes jeweilige medizinische 2D-Bild der Mehrzahl von medizinischen 2D-Bildern, wobei die jeweilige Erläuterungskarte eine Mehrzahl von Regionen umfasst, die einer Mehrzahl von entsprechenden Regionen des jeweiligen 2D-Bildes entsprechen, wobei jede jeweilige Region der jeweiligen Erläuterungskarte einer berechneten erläuterbaren Gewichtung zugehörig ist, die einen Einfluss der jeweiligen entsprechenden Region des jeweiligen medizinischen 2D-Bildes auf das Ergebnis des 2D-Klassifikators angibt, in den das jeweilige medizinische 2D-Bild eingegeben wurde, Berechnen eines zusammengesetzten 2D-Interpretationsbildes, das eine jeweilige Zusammenfassungsgewichtung für jede jeweilige Region davon aufweist, wobei jede jeweilige Zusammenfassungsgewichtung durch Zusammenfassen einer Mehrzahl der erläuterbaren Gewichtungen berechnet wird, die für die jeweiligen Regionen der Mehrzahl von Erläuterungskarten berechnet wurden, die der jeweiligen Region des zusammengesetzten 2D-Interpretationsbildes entsprechen, und Bereitstellen des zusammengesetzten 2D-Interpretationsbildes zur Darstellung auf einer Anzeige.

[0007] Gemäß einem fünften Aspekt weist eine Einheit zum Erzeugen eines zusammengesetzten 2D-Interpretationsbildes aus einem medizinischen 3D-Bild auf: mindestens einen Hardwareprozessor, der Code ausführt zum: Eingeben eines jeden einer Mehrzahl von medizinischen 2D-Bildern, die durch mindestens eines erhalten wurden aus: Unterteilen eines medizinischen 3D-Bildes, das als Video über einen Zeitraum hinweg aufgenommen wurde, in einen 2D-Klassifikator, der an einem Trainingsdatensatz von medizinischen 2D-Bildern trainiert wurde, die mit einer Angabe eines darin bildlich dargestellten optischen Befundes gekennzeichnet sind, Berechnen einer jeweiligen Erläuterungskarte einer Mehrzahl von Erläuterungskarten für jedes jeweilige medizinische 2D-Bild der Mehrzahl von medizinischen 2D-Bildern, wobei die jeweilige Erläuterungskarte eine Mehrzahl von Regionen umfasst, die einer Mehrzahl von entsprechenden Regionen des jeweiligen 2D-Bildes entsprechen, wobei jede jeweilige Region der jeweiligen Erläuterungskarte einer berechneten erläuterbaren Gewichtung zugehörig ist, die einen Einfluss der jeweiligen entsprechenden Region des jeweiligen medizinischen 2D-Bildes auf das Ergebnis des 2D-Klassifikators angibt, in den das jeweilige medizinische 2D-Bild eingegeben wurde, Berechnen eines zusammengesetzten 2D-Interpretationsbildes, das eine jeweilige Zusammenfassungsgewichtung für jede jeweilige Region davon aufweist, wobei jede jeweilige Zusammenfassungsgewichtung durch Zusammenfassen einer Mehrzahl der erläuterbaren Gewichtungen berechnet wird, die für die jeweiligen Regionen der Mehrzahl von Erläuterungskarten berechnet wurden, die der jeweiligen Region des zusammengesetzten 2D-Interpretationsbildes entsprechen, und Bereitstellen des zusammengesetzten 2D-Interpretationsbildes zur Darstellung auf einer Anzeige.

[0008] Gemäß einem sechsten Aspekt weist ein Computerprogrammprodukt zum Erzeugen eines zusammengesetzten 2D-Interpretationsbildes aus einem medizinischen 3D-Bild auf: ein nichtflüchtiges Medium, das ein Computerprogramm speichert, das bei Ausführung durch mindestens einen Hardwareprozessor bewirkt, dass der mindestens eine Hardwareprozessor durchführt: Eingeben eines jeden einer Mehrzahl von

medizinischen 2D-Bildern, die durch mindestens eines erhalten wurden aus: Unterteilen eines medizinischen 3D-Bildes, das als Video über einen Zeitraum hinweg aufgenommen wurde, in einen 2D-Klassifikator, der an einem Trainingsdatensatz von medizinischen 2D-Bildern trainiert wurde, die mit einer Angabe eines darin bildlich dargestellten optischen Befundes gekennzeichnet sind, Berechnen einer jeweiligen Erläuterungskarte einer Mehrzahl von Erläuterungskarten für jedes jeweilige medizinische 2D-Bild der Mehrzahl von medizinischen 2D-Bildern, wobei die jeweilige Erläuterungskarte eine Mehrzahl von Regionen umfasst, die einer Mehrzahl von entsprechenden Regionen des jeweiligen 2D-Bildes entsprechen, wobei jede jeweilige Region der jeweiligen Erläuterungskarte einer berechneten erläuterbaren Gewichtung zugehörig ist, die einen Einfluss der jeweiligen entsprechenden Region des jeweiligen medizinischen 2D-Bildes auf das Ergebnis des 2D-Klassifikators angibt, in den das jeweilige medizinische 2D-Bild eingegeben wurde, Berechnen eines zusammengesetzten 2D-Interpretationsbildes, das eine jeweilige Zusammenfassungsgewichtung für jede jeweilige Region davon aufweist, wobei jede jeweilige Zusammenfassungsgewichtung durch Zusammenfassen einer Mehrzahl der erläuterbaren Gewichtungen berechnet wird, die für die jeweiligen Regionen der Mehrzahl von Erläuterungskarten berechnet wurden, die der jeweiligen Region des zusammengesetzten 2D-Interpretationsbildes entsprechen, und Bereitstellen des zusammengesetzten 2D-Interpretationsbildes zur Darstellung auf einer Anzeige.

[0009] Bei einer weiteren Realisierungsform des ersten, des zweiten, des dritten, des vierten, des fünften und des sechsten Aspekts bezeichnet jede jeweilige Zusammenfassungsgewichtung eine jeweilige Wahrscheinlichkeit des Vorhandenseins des optischen Befundes in der entsprechenden jeweiligen Region des berechneten zusammengesetzten 2D-Interpretationsbildes.

[0010] Bei einer weiteren Realisierungsform des ersten, des zweiten, des vierten, des fünften und des sechsten Aspekts wird die Mehrzahl von medizinischen 2D-Bildern berechnet, indem das medizinische 3D-Bild entlang einer z-Achse in eine Mehrzahl von aufeinanderfolgenden 2D-Schichtaufnahmen unterteilt wird, wobei die jeweilige Zusammenfassungsgewichtung für jede jeweilige Region der Mehrzahl von aufeinanderfolgenden 2D-Schichtaufnahmen berechnet wird, die gemeinsame x,y-Koordinaten entlang einer x-Achse und einer y-Achse und variierende z-Koordinaten entlang der z-Achse haben.

[0011] Bei einer weiteren Realisierungsform des ersten, des zweiten, des vierten, des fünften und des sechsten Aspekts wird die Ausrichtung der z-Achse, die eine Achse der Schichtaufteilung des medizinischen 3D-Bildes in die Mehrzahl von aufeinanderfolgenden 2D-Schichtaufnahmen definiert, gemäß einer Betrachtungsachse erhalten, die durch einen Benutzer ausgewählt wurde, der das auf einer Anzeige dargestellte medizinische 3D-Bild betrachtet, wobei das zusammengesetzte 2D-Interpretationsbild, das auf der Grundlage der z-Achse berechnet wurde, die der Betrachtungsachse entspricht, zusammen mit dem medizinischen 3D-Bild auf der Anzeige dargestellt wird und ferner bei mindestens einer Wiederholung aufweist: dynamisches Erkennen einer Änderung der Betrachtungsachse des auf der Anzeige dargestellten medizinischen 3D-Bildes, ein auf der Grundlage der Änderung der Betrachtungsachse dynamisch berechnetes aktualisiertes zusammengesetztes 2D-Interpretationsbildes und dynamisches Aktualisieren der Anzeige zum Darstellen des aktualisierten zusammengesetzten 2D-Interpretationsbildes.

[0012] Eine weitere Realisierungsform des ersten, des zweiten, des vierten, des fünften und des sechsten Aspekts weist ferner auf: Berechnen einer bestimmten Ausrichtung der z-Achse, die eine Achse der Schichtaufteilung des medizinischen 3D-Bildes in die Mehrzahl von aufeinanderfolgenden 2D-Schichtaufnahmen definiert, die ein optimales zusammengesetztes 2D-Interpretationsbild mit maximalen Zusammenfassungsgewichtungen definiert, die eine minimale Verdeckung des optischen Befundes bezeichnen, automatisches Anpassen der Darstellung des medizinischen 3D-Bildes auf der Anzeige an die bestimmte Ausrichtung der z-Achse und Darstellen des optimalen zusammengesetzten 2D-Interpretationsbildes auf der Anzeige.

[0013] Bei einer weiteren Realisierungsform des ersten, des zweiten, des vierten, des fünften und des sechsten Aspekts weist jedes der Mehrzahl von medizinischen 2D-Bildern Pixel auf, die Voxeln des medizinischen 3D-Bildes entsprechen, eine jeweilige erläuterbare Gewichtung ist jedem Pixel eines jeden der Mehrzahl von medizinischen 2D-Bildern zugewiesen, und die jeweilige Zusammenfassungsgewichtung wird für jedes Pixel des zusammengesetzten 2D-Interpretationsbildes berechnet, das eine bestimmte (x,y)-Koordinate enthält, indem die erläuterbaren Gewichtungen von Pixeln der Mehrzahl von medizinischen 2D-Bildern zusammengefasst werden, die entsprechende (x,y)-Koordinaten für variierende z-Koordinaten enthalten.

[0014] Bei einer weiteren Realisierungsform des ersten, des zweiten, des dritten, des vierten, des fünften und des sechsten Aspekts ist die Angabe des optischen Befundes des Trainingsdatensatzes für das jeweilige

2D-Bild als Ganzes nichtlokalisiert und wobei der 2D-Klassifikator ein Ergebnis erzeugt, das auf den optischen Befund für ein 2D-Eingabebild als Ganzes mit Nichtlokalisierungsdaten hinweist.

[0015] Bei einer weiteren Realisierungsform des ersten, des zweiten, des dritten, des vierten, des fünften und des sechsten Aspekts bezeichnet jede Erläuterungsgewichtung jeder jeweiligen Erläuterungskarte einen relativen Einfluss der jeweiligen entsprechenden Region auf das Ergebnis des 2D-Klassifikators.

[0016] Bei einer weiteren Realisierungsform des ersten, des zweiten, des dritten, des vierten, des fünften und des sechsten Aspekts wird jede jeweilige Zusammenfassungsgewichtung des zusammengesetzten 2D-Interpretationsbildes als gewichtetes Mittel der erläuterbaren Gewichtungen berechnet, die für die jeweiligen Regionen der Mehrzahl von Erläuterungskarten berechnet wurden, die der jeweiligen Region des zusammengesetzten 2D-Interpretationsbildes entsprechen.

[0017] Bei einer weiteren Realisierungsform des ersten, des zweiten, des dritten, des vierten, des fünften und des sechsten Aspekts weist jede jeweilige Erläuterungskarte eine Mehrzahl von Pixeln mit Pixelintensitätswerten auf, die Pixeln des jeweiligen medizinischen 2D-Bildes entsprechen, die durch die entsprechende jeweilige erläuterbare Gewichtung angepasst wurden, wobei das zusammengesetzte 2D-Interpretationsbild eine Mehrzahl von Pixeln mit Pixelintensitätswerten aufweist, die durch Zusammenfassen der Pixelintensitätswerte berechnet wurden, die durch die entsprechende jeweilige erläuterbare Gewichtung der Mehrzahl von Erläuterungskarten angepasst wurden.

[0018] Bei einer weiteren Realisierungsform des ersten, des zweiten, des vierten, des fünften und des sechsten Aspekts wird das medizinische 3D-Bild aus der Gruppe ausgewählt, bestehend aus: CT, MRT, Brusttomografie, digitaler Brusttomosynthese (DBT), 3D-Ultraschall, 3D-Nuklearbildgebung und PET.

[0019] Bei einer weiteren Realisierungsformen des ersten, des zweiten, des dritten, des vierten, des fünften und des sechsten Aspekts deutet der optische Befund auf Krebs hin.

[0020] Eine weitere Realisierungsform des ersten, des zweiten, des dritten, des vierten, des fünften und des sechsten Aspekts weist ferner ein Auswählen einer Teilmenge der Mehrzahl von Erläuterungskarten auf, wobei jede ausgewählte Erläuterungskarte mindestens eine Gruppe (cluster) von mindestens einer Region mit Erläuterungsgewichtungen umfasst, die um eine Anforderung höher als Erläuterungsgewichtungen anderer Regionen sind, die von der Gruppe ausgenommen sind, wobei das zusammengesetzte 2D-Bild aus der ausgewählten Teilmenge berechnet wird.

[0021] Eine weitere Realisierungsform des vierten, des fünften und des sechsten Respekts weist ferner ein Erzeugen eines aktualisierten 2D-Klassifikators des 2D-Klassifikators zur Analyse von 2D-Bildern der medizinischen 3D-Bilder auf durch: Zugreifen auf eine Mehrzahl von medizinischen 3D-Trainingsbildern für jedes jeweilige medizinische 3D-Bild der Mehrzahl von medizinischen 3D-Bildern: Unterteilen des jeweiligen medizinischen 3D-Bildes in eine Mehrzahl von medizinischen 2D-Bildern, Eingeben eines jeden der Mehrzahl von medizinischen 2D-Bildern in einen 2D-Klassifikator, der an einem Trainingsdatensatz von medizinischen 2D-Bildern trainiert wurde, die mit einer Angabe eines darin bildlich dargestellten optischen Befundes gekennzeichnet sind, Berechnen einer jeweiligen Erläuterungskarte einer Mehrzahl von Erläuterungskarten für jedes jeweilige medizinische 2D-Bild der Mehrzahl von medizinischen 2D-Bildern, wobei die jeweilige Erläuterungskarte eine Mehrzahl von Regionen umfasst, die einer Mehrzahl von entsprechenden Regionen des jeweiligen 2D-Bildes entsprechen, wobei jede jeweilige Region der jeweiligen Erläuterungskarte einer berechneten erläuterbaren Gewichtung zugehörig ist, die einen Einfluss der jeweiligen entsprechenden Region des jeweiligen medizinischen 2D-Bildes auf das Ergebnis des 2D-Klassifikators angibt, in den das jeweilige medizinische 2D-Bild eingegeben wurde, Berechnen eines zusammengesetzten 2D-Interpretationsbildes, das eine jeweilige Zusammenfassungsgewichtung für jede jeweilige Region davon aufweist, wobei jede jeweilige Zusammenfassungsgewichtung durch Zusammenfassen einer Mehrzahl der erläuterbaren Gewichtungen berechnet wird, die für die jeweiligen Regionen der Mehrzahl von Erläuterungskarten berechnet wurden, die der jeweiligen Region des zusammengesetzten 2D-Interpretationsbildes entsprechen, Zuweisen einer Kennzeichnung zu dem zusammengesetzten 2D-Interpretationsbild, die ein Vorhandensein des darin bildlich dargestellten optischen Befundes angibt, Erzeugen eines aktualisierten Trainingsdatensatzes, der eine Mehrzahl der zusammengesetzten 2D-Interpretationsbilder und die entsprechenden Kennzeichnungen umfasst, und Erzeugen des aktualisierten 2D-Klassifikators durch Aktualisieren des Trainings des 2D-Klassifikators unter Verwendung des aktualisierten Trainingsdatensatzes.

[0022] Eine weitere Realisierungsformen des zweiten, des dritten, des vierten, des fünften und des sechsten Aspekts weist ferner nach dem Zugreifen auf die Mehrzahl von medizinischen 3D-Trainingsbildern auf: Unterteilen eines jeden der Mehrzahl von medizinischen 3D-Bildern in eine Mehrzahl von medizinischen 2D-Bildern, Kennzeichnen jedes jeweiligen medizinischen 2D-Bildes mit einer Kennzeichnung, die ein Vorhandensein eines optischen Befundes angibt, der mit dem jeweiligen medizinischen 2D-Bild dargestellt wird, wobei die Kennzeichnung nichtlokalisiert und dem jeweiligen medizinischen 2D-Bild als Ganzes zugewiesen ist, Erstellen des Trainingsdatensatzes von medizinischen 2D-Bildern, der die Mehrzahl von medizinischen-2D-Bildern und die zugehörige Kennzeichnung umfasst, die nichtlokalisiert ist, und Trainieren des 2D-Klassifikators unter Verwendung des Trainingsdatensatzes.

[0023] Bei einer weiteren Realisierungsform des dritten, des vierten, des fünften und des sechsten Aspekts wird die Abfolge der Mehrzahl von medizinischen 2D-Bildern durch eine Bildgebungseinheit aufgenommen, die ausgewählt ist aus der Gruppe, bestehend aus: Koloskop, Endoskop, Bronchoskop und 2D-Ultraschall.

[0024] Sofern nichts anderes angegeben ist, haben alle hierin verwendeten technischen und/oder wissenschaftlichen Begriffe dieselbe Bedeutung, die ihnen der Fachmann auf dem Gebiet zuschreibt, zu dem diese Erfindung gehört. Zwar können Verfahren und Materialien, die den hierin beschriebenen ähnlich oder gleichwertig sind, in der Praxis oder zum Testen von Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung verwendet werden, jedoch werden im Folgenden beispielhafte Verfahren und/oder Materialien beschrieben. Im Falle von Widersprüchen haben die Patentbeschreibung einschließlich der Definitionen Vorrang. Darüber hinaus tragen die Materialien, Verfahren und Beispiele lediglich veranschaulichenden Charakter und sind nicht zwangsläufig als einschränkend gedacht.

KURZBESCHREIBUNG DER MEHREREN ANSICHTEN IN DEN ZEICHNUNGEN

[0025] Einige Ausführungsformen der Erfindung werden hierin lediglich beispielhaft unter Bezugnahme auf die beigefügten Zeichnungen beschrieben. Nunmehr unter besonderer Bezugnahme auf die Zeichnungen im Einzelnen soll hervorgehoben werden, dass die gezeigten Einzelheiten beispielhaft sind und der veranschaulichenden Erörterung von Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung dienen. In dieser Hinsicht verdeutlicht die Beschreibung in Verbindung mit den Zeichnungen Fachleuten die Art und Weise, in der Ausführungsformen der Erfindung in die Praxis umgesetzt werden können.

[0026] In den Zeichnungen:

ist **Fig. 1** ein Flussdiagramm eines Verfahrens zum Erzeugen eines zusammengesetzten 2D-Interpretationsbildes aus einem medizinischen 3D-Bild gemäß einigen Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung;

ist **Fig. 2** ein Blockschema von Komponenten eines Systems zum Erzeugen eines zusammengesetzten 2D-Interpretationsbildes aus einem medizinischen 3D-Bild und/oder zum Trainieren eines 2D-Klassifikators unter Verwendung von aus einem medizinischen 3D-Bild erzeugten zusammengesetzten 2D-Interpretationsbildern gemäß einigen Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung;

ist **Fig. 3** ein Flussdiagramm eines Verfahrens zum Trainieren eines 2D-Klassifikators unter Verwendung von aus einem medizinischen 3D-Bild erzeugten zusammengesetzten 2D-Interpretationsbildern gemäß einigen Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung;

ist **Fig. 4** eine schematische Darstellung, die jeweilige zusammengesetzte 2D-Interpretationsbilder gemäß einigen Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung im Vergleich zu anderen Standardansätzen zum Berechnen eines 2D-Bildes aus einem 3D-Bild zeigt; und

ist **Fig. 5** eine schematische Darstellung, die gemäß einigen Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung eine automatisierte Berechnung einer bestimmten Ausrichtung einer z-Achse zeigt, die eine Achse der Schichtaufteilung des medizinischen 3D-Bildes in die 2D-Schichtaufnahmen definiert, um ein optimales zusammengesetztes 2D-Interpretationsbild mit maximalen Zusammenfassungsgewichtungen zu erzeugen, die eine maximale Wahrscheinlichkeit des Vorhandenseins des optischen Befundes bezeichnen.

AUSFÜHRLICHE BESCHREIBUNG

[0027] Die vorliegende Erfindung betrifft bei einigen ihrer Ausführungen ein Verarbeiten von medizinischen Bildern und insbesondere, aber nicht ausschließlich, Systeme und Verfahren zum Erzeugen von medizinischen 2D-Bildern aus medizinischen 3D-Bildern.

[0028] Ein Aspekt einiger Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung betrifft ein System, ein Verfahren, eine Vorrichtung und/oder Codeanweisungen (z.B. in einem Speicher gespeichert, durch einen oder mehrere Hardwareprozessoren ausführbar) zum Erzeugen eines zusammengesetzten 2D-Interpretationsbildes aus einem medizinischen 3D-Bild, das eine Angabe der meisten klinisch und/oder diagnostisch signifikanten Regionen enthält, die aus mehreren medizinischen 2D-Bildern zusammengefasst wurden, die durch Unterteilen eines medizinischen 3D-Bildes erstellt wurden. Die durch Unterteilen des medizinischen 3D-Bildes erstellten medizinischen 2D-Bilder werden einem 2D-Klassifikator zugeführt. Der 2D-Klassifikator wird an einem Trainingssatz aus medizinischen 2D-Bildern trainiert, die mit einer Angabe eines darin dargestellten optischen Befundes, optional für das 2D-Bild als Ganzes, d.h. mit nichtlokalisierten Daten, gekennzeichnet sind. Der 2D-Klassifikator kann eine nichtlokalisierte Angabe des Vorhandenseins eines optischen Befundes innerhalb eines eingegebenen 2D-Bildes als Ganzes erzeugen, ohne zwangsläufig eine Angabe der Position des optischen Befundes innerhalb des 2D-Bildes bereitzustellen, zum Beispiel handelt es sich bei dem 2D-Klassifikator um einen binären Klassifikator, der für das Vorhandensein des optischen Befundes JA/NEIN ausgibt, und/oder eine Wahrscheinlichkeit des Vorhandenseins des optischen Befundes innerhalb des 2D-Bildes als Ganzes und nicht zwangsläufig eine regionsspezifische (z.B. pro Pixel) Ausgabe erzeugen, die angibt, welche/s Pixel dem optischen Befund entspricht/entsprechen. Eine jeweilige Erläuterungskarte wird für ein entsprechendes jeweiliges medizinisches 2D-Bild berechnet, das dem 2D-Klassifikator zugeführt wurde. Die jeweilige Erläuterungskarte enthält Regionen (z.B. einzelnes Pixel, Gruppe von Pixeln), die Regionen des jeweiligen 2D-Bildes entsprechen (z.B. Pixel-zu-Pixel-Entsprechung, eine Gruppe von Pixeln, die einem einzelnen Pixel entsprechen). Jede jeweilige Region der jeweiligen Erläuterungskarte ist einer berechneten erläuterbaren Gewichtung zugehörig, die einen Einfluss der jeweiligen entsprechenden Region des jeweiligen medizinischen 2D-Bildes auf das Ergebnis des 2D-Klassifikators angibt, dem das jeweilige medizinische 2D-Bild zugeführt wurde. Zum Beispiel geben Pixel mit relativ höheren Gewichtungen an, dass diese Pixel eine signifikantere Rolle beim Ermitteln eines Ergebnisses eines in dem medizinischen 2D-Bild vorliegenden optischen Befundes durch den 2D-Klassifikator gespielt haben. Die Pixel mit höheren Gewichtungen geben an, dass die durch die Pixel mit höheren Gewichtungen dargestellte Region klinisch und/oder diagnostisch signifikant sein kann. Die erläuterbaren Gewichtungen können zum Beispiel unter Verwendung eines Künstliche-Intelligenz-Erläuterbarkeitsprozesses (XAI-Prozesses, XAI = artificial intelligence explainability) berechnet werden. Ein zusammengesetztes 2D-Interpretationsbild wird durch Projizieren des 3D-Volumens auf das zusammengesetzte 2D-Interpretationsbild unter Verwendung der Gewichtungen berechnet. Eine jeweilige Zusammenfassungsgewichtung gilt für jede entsprechende jeweilige Region der mehreren Erläuterungskarten. Jede jeweilige Zusammenfassungsgewichtung wird berechnet, indem die erläuterbaren Gewichtungen zusammengefasst werden, die für die jeweiligen Regionen der Erläuterungskarten berechnet wurden, die der jeweiligen Region des zusammengefassten 2D-Interpretationsbildes entsprechen, wenn sich zum Beispiel die 2D-Bilder entlang der x-y-Ebene befinden, wird die Zusammenfassungsgewichtung für jede Region in der x-y-Ebene entlang der z-Achse der mehreren Erläuterungskarten berechnet. Das zusammengesetzte 2D-Interpretationsbild kann zur Darstellung auf einer Anzeige bereitgestellt werden, zum Beispiel zusammen mit einer Darstellung des 3D-Bildes. Das 2D-Interpretationsbild kann einem Betrachter (z.B. einem Radiologen) das Entscheiden erleichtern, auf welche Regionen des 3D-Bildes er sich konzentrieren soll, zum Beispiel anhand der Regionen des 3D-Bildes, die den Regionen des zusammengesetzten 2D-Interpretationsbildes mit den höchsten Zusammenfassungsgewichtungen entsprechen.

[0029] Mindestens einige der Realisierungsformen der hierin beschriebenen Systeme, Verfahren, Vorrichtungen und/oder Codeanweisungen betreffen das technische Problem des Verringerns von Berechnungsressourcen der Verarbeitung von medizinischen 3D-Bildern, die zum Beispiel durch CT, MRT, PET und eine 3D-Mammografie aufgenommen wurden. Mindestens einige Realisierungsformen der hierin beschriebenen Systeme, Verfahren, Vorrichtungen und/oder Codeanweisungen verbessern die Verarbeitung von medizinischen 3D-Bildern durch einen Computer, indem die Berechnungsressourcen verringert werden, die zum Verarbeiten der medizinischen 3D-Bilder in einer angemessenen Zeit erforderlich sind, und/oder indem die Zeit zum Verarbeiten der medizinischen 3D-Bilder unter Verwendung bestehender Ressourcen verringert wird. Das Verarbeiten von medizinischen 3D-Bildern erfordert aufgrund der großen Menge von Daten, die in den medizinischen 3D-Bildern gespeichert sind, eine erhebliche Menge von Verarbeitungsressourcen und/oder Speicherressourcen. Das Verarbeiten derartiger medizinischer 3D-Bilder erfordert eine erhebliche Zeit, wodurch das Verarbeiten einer großen Anzahl von 3D-Bildern praktisch unmöglich wird. Zum Beispiel benötigen neuronale Netze, die 3D-Faltungen anwenden, eine beträchtliche Zeit und/oder verwenden eine beträchtliche Menge von Berechnungsressourcen, um 3D-Bilder zu verarbeiten. Das Berechnen einer Position eines erkannten optischen Befundes in den 3D-Bildern benötigt eine besonders große Menge von Berechnungsressourcen und/oder eine lange Verarbeitungszeit. Einige bestehende Ansätze unterteilen das 3D-Bild mehrere 2D-Schichtaufnahmen und führen jede Schichtaufnahme einem 2D-Klassifikator zu, der so ausgelegt ist, dass er die Position eines optischen Befundes innerhalb der jeweiligen 2D-Schichtaufnahme erkennt.

Ein derartiger Ansatz benötigt jedoch ebenfalls eine große Menge von Berechnungsressourcen und/oder eine lange Verarbeitungszeit, um die Position jedes optischen Befundes in jedem 2D-Bild zu berechnen. Darüber hinaus erfordert das Erzeugen eines Trainingsdatensatzes von 2D- und/oder 3D-Bildern, die mit einer Position von optischen Befunden gekennzeichnet sind, die darin zum Trainieren eines 2D- und/oder 3D-Klassifikators dargestellt sind, umfangreiche Ressourcen, da in derartigen Fällen die Kennzeichen manuell durch einen geschulten Benutzer hinzugefügt werden, der manuell jedes 2D- und/oder 3D-Bild betrachtet, um die optischen Befunde zu lokalisieren und die Kennzeichen hinzuzufügen. Aufgrund des hohen Arbeitsaufwands, der mit dem Erstellen eines derartigen Trainingsdatensatzes verbunden ist, sind sie kaum ausreichend und enthalten eine kleine Anzahl von Bildern. Klassifikatoren, die unter Verwendung derartig kleiner Trainingsdatensätze trainiert wurden, haben möglicherweise eine geringe Genauigkeit.

[0030] Mindestens einige Realisierungsformen der hierin beschriebenen Systeme, Verfahren, Vorrichtungen und/oder Codeanweisungen stellen eine Lösung für das vorstehend erwähnte technische Problem bereit und/oder verbessern die Computerverarbeitung von 3D-Bildern durch Unterteilen des medizinischen 3D-Bildes in Schichtaufnahmen von 2D-Bildern. Jede der 2D-Schichtaufnahmen wird einem 2D-Klassifikator zugeführt, der zum Ausgeben einer Angabe trainiert ist, ob sich der optische Befund innerhalb des 2D-Bildes als Ganzes befindet, ohne die Position des optischen Befunds innerhalb des 2D-Bildes zu ermitteln. Der 2D-Klassifikator kann an einem Trainingsdatensatz von 2D-Bildern trainiert werden, die mit einem nichtlokalisierten Kennzeichen für das Bild als Ganzes gekennzeichnet sind. Ein derartiges Kennzeichen kann automatisch durchgeführt werden, zum Beispiel auf der Grundlage von Ansätzen zur Verarbeitung natürlicher Sprache, die einen Radiologiebericht analysieren, um in dem Bild dargestellte optische Befunde zu ermitteln und dementsprechend das nichtlokalisierte Kennzeichen zu erzeugen. Die Verwendung lokalisierter Kennzeichen ermöglicht einen automatischen Ansatz und/oder einen Ansatz, der im Vergleich zu Verwendung von Positionskennzeichen weniger manuelle Ressourcen und/oder Berechnungsressourcen benötigt. Der 2D-Klassifikator, der ein nichtlokalisierendes Ergebnis ausgibt, benötigt im Vergleich zu einem 3D-Klassifikator und/oder einem 2D-Klassifikator, der eine Position für den optischen Befund ausgibt erheblich weniger Berechnungsressourcen und/oder Verarbeitungszeit. Eine Angabe der Position von optischen Befunden innerhalb des 3D-Bildes wird durch das zusammengesetzte 2D-Interpretationsbild berechnet, das durch Zusammenfassen der Erläuterungskarten mit Gewichtungen berechnet, wie hierin beschrieben, was im Vergleich zu dem 3D-Klassifikator und/oder dem 2D-Klassifikator, der eine Position für den optischen Befund ausgibt, erheblich weniger Berechnungsressourcen und/oder Verarbeitungsressourcen benötigt.

[0031] Mindestens einige Realisierungsformen der hierin beschriebenen Systeme, Verfahren, Vorrichtungen und/oder Codeanweisungen können mit bestehenden trainierten 2D-Klassifikatoren verwendet werden, ohne dass dies zwangsläufig ein Neutrainieren der 2D-Klassifikatoren erfordert. Zum Beispiel kann das zusammengesetzte 2D-Bild mit einem bestehenden 2D-Klassifikator verwendet werden, der 2D-Schichtaufnahmen eines 3D-CT-Bildes automatisch analysiert, um Lungenknötchen zu erkennen, ohne dass dies zwangsläufig eine erhebliche Anpassung des 2D-Klassifikators erfordert.

[0032] Mindestens einige Realisierungsformen der hierin beschriebenen Systeme, Verfahren, Vorrichtungen und/oder Codeanweisungen können automatisierte Werkzeuge zum Erstellen des Trainingsdatensatzes verwenden, um den 2D-Klassifikator zu trainieren, zum Beispiel automatisierte Werkzeuge, die einen Radiologiebericht analysieren und ein Kennzeichen erzeugen, das optische Befunde angibt, die der Radiologe in dem Bild festgestellt hat, ohne zwangsläufig anzugeben, wo sich der optische Befund in dem Bild befindet.

[0033] Mindestens einige Realisierungsformen der hierin beschriebenen Systeme, Verfahren, Vorrichtungen und/oder Codeanweisungen betreffend das technische Problem des Verbesserns der Sichtbarkeit von optischen Merkmalen, die in den 3D-Bildgebungsdaten zum Beispiel durch CT, MRT, PET und eine 3D-Mammografie aufgenommen wurden. Mindestens einige Realisierungsformen der hierin beschriebenen Systeme, Verfahren, Vorrichtungen und/oder Codeanweisungen betreffen das technische Problem des Verbesserns der Sichtbarkeit von optischen Merkmalen, die als Video von 2D-Bildgebungsdaten zum Beispiel durch ein Koloskop, ein Endoskop, ein Bronchoskop und/oder durch 2D-Ultraschall aufgenommen wurden.

[0034] Mindestens einige Realisierungsformen der hierin beschriebenen Verfahren, Systeme, Vorrichtungen und/oder Codeanweisungen behandeln das technische Problem und/oder verbessern das technische Gebiet des Erzeugens eines 2D-Referenzbildes für ein 3D-Bild und/oder ein 2D-Video. Das 2D-Referenzbild kann durch den Benutzer verwendet werden, um das Navigieren in dem 3D-Bild und/oder in dem 2D-Video zu erleichtern. Zum Beispiel wird das 2D-Referenzbild durch den Benutzer betrachtet, um leichter zu ermitteln, welche anatomischen Regionen verdächtig erscheinen, dass sie optische Befunde enthalten (z.B. Krebs),

um die entsprechenden anatomischen Regionen in dem 3D-Bild und/oder in den Einzelbildern des 2D-Videos länger zu betrachten.

[0035] Mindestens einige Realisierungsformen der hierin beschriebenen Verfahren, Systeme, Vorrichtungen und/oder Codeanweisungen behandeln das technische Problem und/oder verbessern das technische Gebiet des Erzeugens eines 2D-Referenzbildes für ein 3D-Bild und/oder eine Abfolge von 2D-Bildern, indem die 2D-Schichtaufnahmen der 3D-Bilder und/oder die Einzelbilder des 2D-Videos einem 2D-Klassifikator zugeführt werden, der ein nichtlokalisierendes Ergebnis erzeugt. Der 2D-Klassifikator wird an einem Trainingsdatensatz von 2D-Bildern mit nichtlokalisierten Kennzeichen trainiert, d.h., das Kennzeichen gilt für die 2D-Bilder als Ganzes ohne eine Angabe der Position des optischen Befundes in dem 2D-Bild. Eine Erläuterungskarte wird für jede der zugeführten 2D-Schichtaufnahmen und/oder für jedes der zugeführten Einzelbilder berechnet. Die Erläuterungskarte umfasst Gewichtungen, die den Einfluss jeweiliger Regionen der zugeführten 2D-Schichtaufnahme und/oder des zugeführten Einzelbildes des Ergebnisses des 2D-Klassifikators angeben. Ein zusammengesetztes 2D-Bild wird durch Zusammenfassen der Gewichtungen der Erläuterungskarten erstellt. Pixel, die den optischen Befund in dem zusammengesetzten 2D-Bild bezeichnen, werden mit höheren relativen Gewichtungen als andere Pixel des zusammengesetzten 2D-Bildes dargestellt, die den optischen Befund nicht darstellen, erscheinen zum Beispiel Heller.

[0036] Die Ansätze von mindestens zwei Realisierungsformen der hierin beschriebenen Verfahren, Systeme, Vorrichtungen und/oder Codeanweisungen unterscheiden sich von anderen Standardansätzen zum Erstellen eines 2D-Referenzbildes aus einem 3D-Bild. Zum Beispiel wird das 3D-Bild bei einigen Ansätzen auf eine 2D-Ebene projiziert, um das 2D-Referenzbild zu erstellen, das keine Kontextwahrnehmung bereitstellt, zum Beispiel ein Standard-CVIEW. Bei derartigen Bildern können wichtige optische Befunde durch andere unwesentliche anatomische Merkmale und/oder Artefakte verdeckt sein. Bei einem weiteren Beispiel wird das 3D-Bild auf eine 2D-Ebene projiziert, um das 2D-Konferenzbild unter Verwendung von Kontextwahrnehmung zu erstellen, zum Beispiel unter Verwendung von Maximumintensitätsprojektion (MIP). Die MIP wird auf der Grundlage von Lokalisierungsinformationen durchgeführt, die durch einen 2D-Klassifikator bereitgestellt werden. Bei noch einem weiteren Ansatz wird das 3D-Bild in 2D-Schichtaufnahmen unterteilt, wobei jede Schichtaufnahme in einen 2D-Klassifikator eingegeben wird, der ein Ergebnis erzeugt, das die Position des optischen Befundes in dem jeweiligen Bild angibt. Derartige 2D-Klassifikatoren werden an einem Trainingsdatensatz von 2D-Bildern trainiert, die mit Positionen der darin dargestellten optischen Bilder gekennzeichnet sind. Das Erzeugen derartiger 2D-Klassifikatoren, die die Position des optischen Befundes ausgeben, ist schwierig und/oder ressourcenintensiv, da Trainingsdatensätze mit lokalisierten Daten schwierig zu erstellen sind, da sie ein manuelles Kennzeichnen erfordern und daher möglicherweise nicht zur Verfügung stehen oder möglicherweise nur eine begrenzte Anzahl von Bildern zur Verfügung steht. Im Gegensatz hierzu verwenden mindestens einige Realisierungsformen der hierin beschriebenen Verfahren, Systeme, Vorrichtungen und/oder Codeanweisungen einen 2D-Klassifikator, der eine nichtlokalisierte Angabe des optischen Befundes erzeugt. Der 2D-Klassifikator kann an einem Trainingsdatensatz mit nichtlokalisierten Kennzeichen trainiert werden, die automatisch aus Radiologieberichten unter Verwendung von NLP-Ansätzen zum automatischen Extrahieren der Kennzeichen erstellt werden können. Die Positionsdaten des erzeugten zusammengesetzten 2D-Interpretationsbildes werden erhalten, indem die Gewichtungen der Erläuterungskarten zusammengefasst werden, die für jede der 2D-Schichtaufnahmen des 3D-Bildes und/oder für die Einzelbilder des 2D-Videos berechnet wurden.

[0037] Mindestens einige Realisierungsformen der hierin beschriebenen Verfahren, Systeme, Vorrichtungen und/oder Codeanweisungen behandeln das technische Problem und/oder verbessern das technische Gebiet des Erhörens der Genauigkeit eines 2D-Klassifikators, der eine nichtlokalisierte Angabe eines optischen Befundes in einem 2D-Bild (z.B. Schichtaufnahme eines 3D-Bildes und/oder Einzelbilder eines 2D-Videos) erzeugt. Die Genauigkeit des Klassifikators wird verbessert, indem ein jeweiliges zusammengesetztes 2D-Interpretationsbild (wie hierin beschrieben) für die 3D-Bilder und/oder die 2D-Videos eines Trainingsdatensatzes berechnet wird und der 2D-Klassifikator zusätzlich oder alternativ zu dem Trainieren an den 2D-Schichtaufnahmen des 3D-Bildes und/oder Einzelbildern des Videos an dem/den zusammengesetzten/en Bild/ern trainiert wird.

[0038] Mindestens einige Realisierungsformen der hierin beschriebenen Verfahren, Systeme, Vorrichtungen und/oder Codeanweisungen behandeln das technische Problem und/oder verbessern das technische Gebiet des Verbesserns der Fähigkeit zum Erkennen von signifikanten optischen Befunden in einem 3D-Bild. Das Betrachten des 3D-Bildes in einer nichtoptimalen Richtung können wichtige optische Befunde verdecken. Zum Beispiel kann ein in der Leber lokalisierter kleiner Tumor bei bestimmten Betrachtungsrichtungen durch andere anatomische Merkmale und/oder durch Artefakte verdeckt sein. Mindestens einige Realisierungsfor-

men der hierin beschriebenen Verfahren, Systeme, Vorrichtungen und/oder Codeanweisungen behandeln das technische Problem und/oder verbessern das technische Gebiet durch Berechnen einer optimalen Betrachtungsrichtung des medizinischen 3D-Bildes, um eine Verdeckung des optischen Befundes durch andere anatomische Merkmale und/oder Artefakte zu minimieren. Die optimale Betrachtungsrichtung kann als entsprechende Achse berechnet werden, entlang deren es sich bei medizinischen 3D-Bildern um Schichtaufnahmen handelt, um ein jeweiliges zusammengesetztes 2D-Interpretationsbild zu erzeugen, für das die zusammengefassten Gewichtungen der Erläuterungskarten maximiert werden, zum Beispiel in einem Cluster. Die Maximierung der zusammengefassten Gewichtungen (z.B. in einem Cluster) bezeichnet eine beste Ansicht des optischen Befundes.

[0039] Das 3D-Bild kann dem Benutzer in einer optimalen Betrachtungsrichtung dargestellt werden.

[0040] Bevor mindestens eine Ausführungsform der Erfindung ausführlich erläutert wird, versteht es sich, dass die Erfindung in ihrer Anwendung nicht zwangsläufig auf den Aufbau und die Anordnung der Komponenten und/oder Verfahren beschränkt ist, die in der folgenden Beschreibung dargelegt und/oder in den Zeichnungen und/oder in den Beispielen veranschaulicht werden. Die Erfindung kann in anderen Ausführungsformen oder auf verschiedene Art und Weise in die Praxis umgesetzt oder ausgeführt werden.

[0041] Bei der vorliegenden Erfindung kann es sich um ein System, ein Verfahren und/oder ein Computerprogrammprodukt handeln. Das Computerprogrammprodukt kann (ein) durch einen Computer lesbare(s) Speichermedium (oder -medien) enthalten, auf dem/denen durch einen Computer lesbare Programmanweisungen gespeichert ist/sind, um einen Prozessor zu veranlassen, Aspekte der vorliegenden Erfindung auszuführen.

[0042] Bei dem durch einen Computer lesbaren Speichermedium kann es sich um eine materielle Einheit handeln, auf der Anweisungen zur Verwendung durch eine Einheit zur Ausführung von Anweisungen aufbewahrt und gespeichert sein können. Bei dem durch einen Computer lesbaren Speichermedium kann es sich zum Beispiel, ohne auf diese beschränkt zu sein, um eine elektronische Speichereinheit, eine magnetische Speichereinheit, eine optische Speichereinheit, eine elektromagnetische Speichereinheit, eine Halbleiterspeichereinheit oder eine beliebige geeignete Kombination des Vorstehenden handeln. Eine nicht erschöpfende Liste genauerer Beispiele des durch einen Computer lesbaren Speichermediums umfasst Folgendes: eine transportable Computerdiskette, eine Festplatte, einen Direktzugriffsspeicher (RAM), einen Nur-Lese-Speicher (ROM), einen löschbaren programmierbaren Nur-Lese-Speicher (EPROM oder Flash-Speicher), einen statischen Direktzugriffsspeicher (SRAM), einen transportablen Nur-Lese-Speicher in Form einer Compact Disc (CD-ROM), eine Digital Versatile Disc (DVD), einen Speicherstick, eine Diskette oder beliebige geeignete Kombinationen des Vorstehenden. Ein durch einen Computer lesbares Speichermedium im hierin verwendeten Sinne ist nicht so auszulegen, dass es sich dabei um flüchtige Signale an sich handelt, beispielsweise um Funkwellen oder sich frei ausbreitende elektromagnetische Wellen, um elektromagnetische Wellen, die sich durch einen Hohlleiter oder andere Übertragungsmedien ausbreiten (z.B. ein Lichtwellenleiterkabel durchlaufende Lichtimpulse) oder um elektrische Signale, die über ein Kabel übertragen werden.

[0043] Hierin beschriebene, durch einen Computer lesbare Programmanweisungen können über ein Netzwerk, zum Beispiel das Internet, ein lokales Netzwerk ein Weitverkehrsnetzwerk und/oder ein kabelloses Netzwerk von einem durch einen Computer lesbaren Speichermedium auf betreffende Datenverarbeitungs-/Verarbeitungseinheiten oder auf einen externen Computer oder eine externe Speichereinheit heruntergeladen werden. Das Netzwerk kann Kupferübertragungskabel, Lichtwellenübertragungsleiter, kabellose Übertragung, Router, Firewalls, Switches, Gateway-Computer und/oder Edge-Server aufweisen. Eine Netzwerkkarte oder eine Netzwerkschnittstelle in der Datenverarbeitungs-/Verarbeitungseinheit empfängt durch einen Computer lesbare Programmanweisungen aus dem Netzwerk und leitet die durch einen Computer lesbaren Programmanweisungen zur Speicherung in einem durch einen Computer lesbaren Speichermedium innerhalb der jeweiligen Datenverarbeitungs-/Verarbeitungseinheit weiter.

[0044] Durch einen Computer lesbare Programmanweisungen zum Ausführen von Operationen der vorliegenden Erfindung können Assembleranweisungen, ISA-Anweisungen (ISA = Instruction Set Architecture), Maschinenanweisungen, maschinenabhängige Anweisungen, Mikrocode, Firmware-Anweisungen, Daten zum Setzen von Zuständen oder entweder Quellcode oder Objektcode sein, die in einer beliebigen Kombination aus einer oder mehreren Programmiersprachen geschrieben sind, zu denen eine objektorientierte Programmiersprache wie beispielsweise Smalltalk, C++ oder Ähnliches und herkömmliche prozedurale Programmiersprachen wie beispielsweise die Programmiersprache „C“ oder ähnliche Programmiersprachen gehören. Die durch einen Computer lesbaren Programmanweisungen können vollständig auf dem Computer

des Benutzers, teilweise auf dem Computer des Benutzers, als eigenständiges Softwarepaket, teilweise auf dem Computer des Benutzers und teilweise auf einem entfernt angeordneten Computer oder vollständig auf dem entfernt angeordneten Computer oder Server ausgeführt werden. Bei dem letztgenannten Szenario kann der entfernt angeordnete Computer mit dem Computer des Benutzers über eine beliebige Art von Netzwerk verbunden sein, unter anderem über ein lokales Netzwerk (Local Area Network, LAN) oder über ein Weitverkehrsnetzwerk (Wide Area Network, WAN), oder die Verbindung kann zu einem externen Computer hergestellt werden (beispielsweise über das Internet unter Nutzung eines Internetdienstanbieters (Internet Service Provider)). Bei einigen Ausführungsformen können elektronische Schaltungen, unter anderem zum Beispiel programmierbare Logikschaltungen, vor Ort programmierbare Gatter-Anordnungen (FPGA, field programmable gate arrays) oder programmierbare Logik-Arrays (PLA) die durch einen Computer lesbaren Programmanweisungen ausführen, indem sie Zustandsinformationen der durch einen Computer lesbaren Programmanweisungen nutzen, um die elektronischen Schaltungen zu personalisieren, um Aspekte der vorliegenden Erfindung durchzuführen.

[0045] Aspekte der vorliegenden Erfindung sind hierin unter Bezugnahme auf Flussdiagrammdarstellungen und/oder Blockschemata von Verfahren, Vorrichtungen (Systemen) und Computerprogrammprodukten gemäß Ausführungsformen der Erfindung beschrieben. Es wird klar sein, dass jeder Block der Flussdiagramme und/oder der Blockschemata und Kombinationen von Blöcken in den Flussdiagrammen und/oder Blockschemata mit Hilfe von durch einen Computer lesbaren Programmanweisungen realisiert werden kann bzw. können.

[0046] Diese durch einen Computer lesbaren Programmanweisungen können einem Prozessor eines Universalcomputers, eines Spezialcomputers oder anderer programmierbaren Datenverarbeitungsvorrichtungen bereitgestellt werden, um eine Maschine zu erzeugen, sodass die Anweisungen, die über den Prozessor des Computers oder anderer programmierbarer Datenverarbeitungsvorrichtungen ausgeführt werden, Mittel schaffen, um die in einem Block bzw. in den Blöcken des Flussdiagramms bzw. der Flussdiagramme und/oder des Blockschemas bzw. der Blockschemata angegebenen Funktionen/Aktionen zu realisieren. Diese durch einen Computer lesbaren Programmanweisungen können ebenfalls in einem durch einen Computer lesbaren Medium gespeichert sein, das einen Computer, andere programmierbare Datenverarbeitungsvorrichtungen oder andere Einheiten anweisen kann, in einer bestimmten Weise zu funktionieren, sodass das durch einen Computer lesbare Medium mit darauf gespeicherten Anweisungen ein Erzeugnis aufweist, das Anweisungen enthält, die die in einem Block bzw. in den Blöcken der Flussdiagramme und/oder der Blockschemata angegebene Funktion/Aktion realisieren.

[0047] Die durch einen Computer lesbaren Programmanweisungen können auch in einen Computer, in andere programmierbare Datenverarbeitungsvorrichtungen oder in andere Einheiten geladen werden, um zu bewirken, dass auf dem Computer, auf anderen programmierbaren Vorrichtungen oder anderen Einheiten eine Reihe von Operationen ausgeführt werden, um einen mittels Computer realisierten Prozess zu schaffen, sodass die Anweisungen, die auf dem Computer, auf anderen programmierbaren Vorrichtungen oder anderen Einheiten ausgeführt werden, die in einem Block bzw. in den Blöcken der Flussdiagramme und/oder der Blockschemata angegebenen Funktionen/Aktionen realisieren.

[0048] Die Flussdiagramme und Blockschemata in den Figuren veranschaulichen die Architektur, Funktionalität und Wirkungsweise möglicher Realisierungsformen von Systemen, Verfahren und Computerprogrammprodukten gemäß verschiedenen Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung. In diesem Zusammenhang kann jeder Block in den Flussdiagrammen bzw. in den Blockschemata ein Modul, ein Segment oder einen Abschnitt von Anweisungen darstellen, das bzw. der eine oder mehrere ausführbare Anweisungen zum Realisieren der angegebenen Logikfunktion bzw. Logikfunktionen aufweist. Bei einigen alternativen Realisierungsformen können die in dem Block angegebenen Funktionen in einer anderen als in der Reihenfolge ausgeführt werden, die in den Figuren angegeben ist. Zum Beispiel können zwei hintereinander aufgeführte Blöcke tatsächlich im Wesentlichen gleichzeitig ausgeführt werden, oder die Blöcke können je nach der mit den Blöcken verbundenen Funktionalität manchmal in umgekehrter Reihenfolge ausgeführt werden. Darüber hinaus ist anzumerken, dass jeder Block der Blockschemata und/oder Flussdiagrammdarstellungen sowie Kombinationen von Blöcken in den Blockschemata und/oder Flussdiagrammdarstellungen mit Hilfe zweckgebundener hardwaregestützter Systeme zum Ausführen der angegebenen Funktionen bzw. Aktionen oder mit Hilfe von Kombinationen aus zweckgebundener Hardware und zweckgebundenen Computeranweisungen realisiert werden kann bzw. können.

[0049] Nunmehr wird Bezug auf **Fig. 1** genommen, bei der es sich um ein Flussdiagramm eines Verfahrens zum Erzeugen eines zusammengesetzten 2D-Interpretationsbildes aus einem medizinischen 3D-Bild gemäß

einigen Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung handelt. Außerdem wird Bezug auf **Fig. 2** genommen, bei der es sich um ein Blockschema von Komponenten eines Systems 200 zum Erzeugen eines zusammengesetzten 2D-Interpretationsbildes aus einem medizinischen 3D-Bild und/oder zum Trainieren eines 2D-Klassifikators unter Verwendung von aus einem medizinischen 3D-Bild erzeugten zusammengesetzten 2D-Interpretationsbildern gemäß einigen Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung handelt. Außerdem wird Bezug auf **Fig. 3** genommen, bei der es sich um ein Flussdiagramm eines Verfahrens zum Trainieren eines 2D-Klassifikators unter Verwendung von aus einem medizinischen 3D-Bild erzeugten zusammengesetzten 2D-Interpretationsbildern gemäß einigen Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung handelt. Ein System 200 kann die Merkmale des unter Bezugnahme auf **Fig. 1** und/oder **Fig. 3** beschriebenen Verfahrens realisieren, indem ein oder mehrere Hardwareprozessoren 202 einer Datenverarbeitungseinheit 204 Codeanweisungen ausführen, die in einem Speicher (der auch als Programmspeicher bezeichnet wird) 206 gespeichert sind.

[0050] Die Datenverarbeitungseinheit 204 kann zum Beispiel als Client-Endgerät, als Server, als Radiologie-Workstation, als virtuelle Maschine, als virtueller Server, als Datenverarbeitungs-Cloud, als mobile Einheit, als Desktop-Computer, als Thin Client, als Smartphone, als Tablet-Computer, als Laptop-Computer, als tragbarer Computer, als Brillencomputer und als Uhrencomputer realisiert sein.

[0051] Die Datenverarbeitung 204 kann eine erweiterte Visualisierungs-Workstation umfassen, bei der es sich manchmal um einen Zusatz (add-on) zu einer Radiologie-Workstation und/oder anderen Einheiten handelt.

[0052] Die Datenverarbeitungseinheit 204 und/oder Client-Endgeräte 208 und/oder Server 218 können zum Beispiel als Radiologie-Workstations, Bildbetrachtungsstationen, Server eines Bildarchivierungs- und -übertragungssystems (PACS-Server, PACS = picture archiving and communication system), Server für elektronische Patientenakten (ePA-Server) realisiert sein.

[0053] Mehrere Architekturen des Systems 200, die auf der Datenverarbeitungseinheit 204 beruhen, können realisiert sein. Bei einer beispielhaften Realisierungsform kann die Datenverarbeitungseinheit 204, die den Code 206A speichert, als ein oder mehrere Server (z.B. Netzwerkservers, Webserver, Datenverarbeitungs-Cloud, virtueller Server) realisiert sein, die einem oder mehreren Servern 218 und/oder Client-Endgeräten 208 über ein Netzwerk 210 Dienste (z.B. eine oder mehrere der unter Bezugnahme auf **Fig. 1** beschriebenen Aktionen) bereitstellen, indem sie zum Beispiel den sauberen 218 und/oder dem/den Client-Endgerät/en 208 Software als Dienst (software as a service, SaaS) bereitstellen, Softwaredienste bereitstellen, auf die unter Verwendung einer Softwareschnittstelle zugegriffen werden kann (z.B. Anwendungsprogrammierschnittstelle (application programming interface, API), Software-Entwicklungskönig, software development king, SDK), eine Anwendung zum lokalen Herunterladen auf die Server 218 und/oder das/die Client-Endgerät/e 208 bereitstellen und/oder Funktionen unter Verwendung einer Fernzugriffssitzung wie z.B. über einen Webbrowser und/oder eine Anzeigeanwendung für die Server 218 und/oder das/die Client-Endgerät/e 208 bereitstellen. Zum Beispiel verwenden Benutzer Client-Endgeräte 208 zum Zugreifen auf die Datenverarbeitungseinheit 204, die als PACS-Server oder als anderer Server zur Speicherung medizinischer Bilder fungiert. Die Datenverarbeitungseinheit 204 berechnet das/die zusammengesetzte/n Bild/er aus einem medizinischen 3D-Bild, das durch das Client-Endgerät 208 bereitgestellt und/oder aus einer anderen Datenquelle (z.B. PACS-Server) erhalten wurde. Das/die zusammengesetzte/n Bild/er kann/können dem Client-Endgerät 208 zur Darstellung auf einer Anzeige des Client-Endgeräts 208 (z.B. neben einer Darstellung des medizinischen 3D-Bildes) bereitgestellt werden und/oder zur weiteren Verarbeitung bereitgestellt und/oder gespeichert werden. Alternativ oder zusätzlich wird/werden das/die zusammengesetzte/n Bild/er zum Aktualisieren des Trainings des 2D-Klassifikators 220C verwendet, wie hierin beschrieben. Der aktualisierte 2D-Klassifikator 220C kann zum Beispiel wie hierin beschrieben verwendet werden. Andere Merkmale können zentral durch die Datenverarbeitungseinheit 204 und/oder lokal auf dem Client-Endgerät 208 durchgeführt werden. Bei einer weiteren Realisierungsform kann die Datenverarbeitungseinheit 204 lokal gespeicherte Software (z.B. Code 206A) umfassen, die eine oder mehrere der unter Bezugnahme auf **Fig. 1** und/oder **Fig. 3** beschriebenen Aktionen zum Beispiel als eigenständiges Client-Endgerät und/oder als eigenständiger Server durchführt. Das zusammengesetzte Bild kann lokal aus einem 3D-Bild und/oder aus 2D-Einzelbildern berechnet werden, und das zusammengesetzte Bild kann auf einer Anzeige der Datenverarbeitungseinheit 204 dargestellt werden. Bei noch einer weiteren Realisierungsform ist der Server 218 als Server zur Speicherung medizinischer Bilder realisiert. Benutzer verwenden Client-Endgeräte 208 zum Zugreifen auf das/die zusammengesetzte/n Bild/er von dem Server 218. Das/die zusammengesetzte/n Bild/er kann/können durch den Server 218 und/oder durch die Datenverarbeitungseinheit 204 unter Verwendung des 3D-Bildes und/oder der 2D-Einzelbilder lokal berechnet werden, die auf dem Server 218 und/oder an einem anderen Speicherort gespeichert sind.

können. Das zusammengesetzte Bild wird auf der Anzeige der Client-Endgeräte 208 dargestellt. Die Datenverarbeitungseinheit 204 kann dem Bildserver 218 erweiterte Merkmale bereitstellen, indem zusammengesetzte Bilder aus 3D-Bildern und/oder 2D-Einzelbildern berechnet werden, die durch den Bildserver 218 gespeichert wurden. Zum Beispiel tauscht der PACS-Server 218 unter Verwendung einer API Daten mit der Datenverarbeitungseinheit 204 aus, um das 3D-Bild und/oder das zusammengesetzte Bild zu der Datenverarbeitungseinheit 204 zu übertragen und/oder das/die berechnete/n zusammengesetzte/n Bild/er zu empfangen.

[0054] Die Datenverarbeitungseinheit 204 empfängt medizinische 3D-Bilder und/oder 2D-Bilder (die z.B. als Video erhalten wurden), die durch medizinische Bildgebungseinheiten 212 empfangen wurden. Die medizinische Bildgebungseinheit 212 kann 3D-Bilder empfangen, zum Beispiel CT-, MRT-, Brusttomografie-, 3D-Ultraschall- und/oder Nuklear-Bilder wie z.B. PET. Alternativ oder zusätzlich kann die medizinische Bildgebungseinheit 212, zum Beispiel Koloskop, Endoskop, Bronchoskop und 2D-Ultraschall, ein Video aus 2D-Bildern aufnehmen.

[0055] Durch die medizinische Bildgebungseinheit 212 aufgenommene medizinische Bilder können in einem Datendepot (repository) 214 für anatomische Bilder gespeichert werden, zum Beispiel in einem Speicher Server, einer Datenverarbeitungs-Cloud, einem virtuellen Speicher und auf einer Festplatte. Die 2D-Bilder 220D, die durch Unterteilen des 3D-Bildes erstellt wurden, und/oder die 2D-Schichtaufnahmen und/oder die als Video aufgenommenen 2D-Einzelbilder können wie hierin beschrieben in einem Datendepot 214 für medizinische Bilder und/oder an anderen Speicherorten wie z.B. in einer Datenspeichereinheit 220 der Datenverarbeitungseinheit 204 und/oder auf einem weiteren Server 218 gespeichert werden. Bei der in **Fig. 2** bildlich dargestellten Speicherung von 2D-Bildern 220D durch die Datenspeichereinheit 220 handelt es sich nicht zwangsläufig um ein einschränkendes Beispiel.

[0056] Die Datenverarbeitungseinheit 204 kann das 3D-Bild und/oder die 2D-Einzelbilder und/oder Abfolgen von medizinischen 2D-Bildern über eine oder mehrere Bildgebungsschnittstellen 226 empfangen, zum Beispiel über eine kabelgebundene Verbindung (z.B. physischer Anschluss), eine kabellose Verbindung (z.B. Antenne), eine Netzwerkschnittstellenkarte, andere Realisierungsformen physischer Schnittstellen und/oder virtuelle Schnittstellen (z.B. Softwareschnittstelle, Anwendungsprogrammierschnittstelle (API), Software-Entwicklungskit, virtuelle Netzwerkverbindung).

[0057] Der Speicher 206 speichert Codeanweisungen, die durch Hardwareprozessoren 202 ausführbar sind. Zu beispielhaften Speichern 206 gehören Direktzugriffsspeicher (random access memory, RAM), Nur-Lese-Speicher (read-only memory, ROM), eine Speichereinheit, nichtflüchtiger Speicher, Magnetmedien, Halbleiterspeichereinheiten, Festplatte, wechselbarer Speicher und optische Medien (z.B. DVD, CD-ROM). Zum Beispiel kann der Speicher 206 Code 206A speichern, der eine oder mehrere Aktionen des unter Bezugnahme auf **Fig. 1** und/oder 3 beschriebenen Verfahrens ausführt.

[0058] Die Datenverarbeitungseinheit 204 kann die Datenspeichereinheit 220 zum Speichern von Daten, zum Beispiel GUI-Code 220A (der die zusammengesetzten Bilder darstellen kann, z.B. neben dem 3D-Bild), XAI-Code 220B, der die Erläuterungskarten berechnet, den 2D-Klassifikator, der die 2D-Bilder als Eingabe empfängt, und/oder 2D-Bilder 220D enthalten, die durch Unterteilen der medizinischen 3D-Bilder erhalten wurden und/oder als Einzelbilder eines Videos erhalten wurden, wie hierin beschrieben. Die Datenspeichereinheit 220 kann zum Beispiel als Speicher, als lokale Festplatte, als wechselbare Speichereinheit, als optische Platte, als Speichereinheit, als virtueller Speicher und/oder als entfernt angeordneter Server 218 und/oder als Datenverarbeitungs-Cloud (auf die z.B. über das Netzwerk 210 zugegriffen wird) realisiert sein. Es wird angemerkt, dass die GUI 220A und/oder der XAI-Code 220B und/oder der 2D-Klassifikator 220C und/oder die 2D-Bilder 220D in der Datenspeichereinheit 220 gespeichert sein können, wobei Ausführungsabschnitte in den Speicher 206 zur Ausführung durch Prozessoren 202 geladen werden.

[0059] Die Datenverarbeitungseinheit 204 kann eine Datenschnittstelle 222, optional eine Netzwerkschnittstelle, zum Verbinden mit dem Netzwerk 210 enthalten, zum Beispiel eines oder mehreres aus einer Netzwerkschnittstellenkarte, einer kabellosen Schnittstelle zum Verbinden mit einem kabellosen Netzwerk, einer physischen Schnittstelle zum Verbinden mit einem Kabel zum Herstellen von Netzwerkverbindungen, einer in Software realisierten virtuellen Schnittstelle, Netzwerk-Datenaustauschsoftware, die höhere Ebenen von Netzwerk-Konnektivität bereitstellt, und/oder anderen Realisierungsformen.

[0060] Die Datenverarbeitungseinheit 204 kann eine Verbindung unter Verwendung des Netzwerks 210 (oder eines anderen Datenübertragungskanal wie z.B. einer direkten Verbindung (z.B. kabelgebunden,

kabellos) und/oder einer indirekten Verbindung (z.B. über eine zwischengeschaltete Datenverarbeitungseinheit wie z.B. ein Server und/oder über eine Speichereinheit) mit einem oder mehreren der folgenden herstellen:

* mit Client-Endgeräten 208, zum Beispiel Benutzer, die Client-Endgeräte 208 zum Zugreifen auf die Datenverarbeitungseinheit 204 verwenden, um zusammengesetzte Bilder zu betrachten, die auf der Grundlage des 3D-Bildes (und/oder auf der Grundlage der Abfolge von 2D-Bildern) berechnet wurden, die auf dem Server gespeichert sind (z.B. fungiert die Datenverarbeitungseinheit 204 als PACS-Server). Die zusammengesetzten Bilder können durch die Datenverarbeitungseinheit 204 und/oder durch das Client-Endgerät 208 berechnet werden.

* mit dem Server 218, wenn zum Beispiel der Server 218 als PACS-Server realisiert ist, wobei Benutzer Client-Endgeräte 208 zum Zugreifen auf den PACS-Server verwenden. Die Datenverarbeitungseinheit 204 stellt dem PACS-Server erweiterte Merkmale zur Verfügung, indem das 3D-Bild und/oder 2D-Videoeinzelbilder von dem PACS-Server empfangen und dem PACS-Server ein zusammengesetztes Bild/zusammengesetzte Bilder bereitgestellt werden, wobei Client-Endgeräte auf das/die zusammengesetzte/n Bild/er von dem PACS-Server zugreifen.

* mit dem Datendepot 214 für medizinische Bilder, das aufgenommene 3D-Bilder und/oder 2D-Videoeinzelbilder und/oder das/die zusammengesetzte/n Bild/er speichert. Das Datendepot 214 für medizinische Bilder kann die 2D-Bilder speichern, die durch Unterteilen des 3D-Bildes erstellt wurden.

[0061] Die Datenverarbeitungseinheit 204 und/oder das/die Client-Endgerät/e 208 und/oder der/die Server 218 umfassen Datenaustausch mit einer oder mehreren physischen Benutzerschnittstellen 224 oder stehen in Datenaustausch mit diesen, die eine Anzeige zum Darstellen des/der zusammengesetzten Bildes/Bilder und/oder des 3D-Bildes und/oder der Videoeinzelbilder und einen Mechanismus zum Interagieren mit dem/den zusammengesetzten Bild/ern und/oder mit dem 3D-Bild umfassen, wie z.B. Drehen der Betrachtungsachse des 3D-Bildes, Zoomen des zusammengesetzten Bildes und/oder des 3D-Bildes und/oder Markieren des Befundes auf dem zusammengesetzten Bild. Zu beispielhaften Benutzerschnittstellen 208 gehören zum Beispiel eines oder mehrere aus einem Touchscreen, einer Anzeige, einer Tastatur, einer Maus und sprachaktivierter Software unter Verwendung von Lautsprechern und Mikrofon.

[0062] Nunmehr unter erneuter Bezugnahme auf **Fig. 1** wird bei 102 ein medizinisches 3D-Bild erhalten. Alternativ wird eine Abfolge von 2D-Bildern erhalten. Die Abfolge von medizinischen 2D-Bildern kann als Video über ein Zeitintervall hinweg aufgenommen worden sein. Die medizinischen 2D-Bilder können zeitliche Abstände, zum Beispiel ein 2D-Einzelbild pro Sekunde oder andere Werte aufweisen. Die Abfolge von 2D-Bildern kann an unterschiedlichen Stellen entlang einer Region des Körpers erhalten werden, die effektiv ein 3D-Volumen innerhalb des Körpers, zum Beispiel entlang des Darms, entlang der Speiseröhre, entlang der Luftröhre, und/oder unterschiedliche 2D-Schichtaufnahmen entlang des Körpers bildlich darstellen (z.B. 2D-Ultraschallschichtaufnahmen der Leber).

[0063] Zu Beispielen von medizinischen 3D-Bildern gehören: CT, MRT, Brusttomografie, digitale Brusttomosynthese (DBT), 3D-Ultraschall, 3D-Nuklearbildgebung und PET.

[0064] Zu Beispielen von medizinischen 2D-Bildern gehören: Koloskop, Endoskop, Bronchoskop und 2D-Ultraschall.

[0065] Bei 104 kann das medizinische 3D-Bild in 2D-Bilder, optional in 2D-Schichtaufnahmen, unterteilt werden. Die 2D-Schichtaufnahmen können parallel zueinander liegen und entlang einer gemeinsamen Schichtaufteilungsebene unterteilt sein. Die medizinischen 3D-Bilder können automatisch (z.B. durch einen PACS-Server, durch eine CT-Anlage, durch auf DICOM beruhenden Code, durch Betrachtungssoftware) in 2D-Schichtaufnahmen entlang einer vorgegebenen Achse unterteilt werden. Alternativ wird die Schichtaufteilungsachse zum Beispiel durch einen Benutzer ausgewählt oder automatisch durch Code ausgewählt, wie hierin beschrieben.

[0066] Die Abfolge von 2D-Bildern wird bereits als unterteilt betrachtet. Optional kann zum Erhalten einer weiteren Schichtaufteilungsachse ein 3D-Bild aus der Abfolge von 2D-Bildern rekonstruiert werden, und das rekonstruierte 3D-Bild wird dann entlang einer ausgewählten Achse in Schichten unterteilt.

[0067] Bei 106 wird ein jeweiliges medizinisches 2D-Bild in einen 2D-Klassifikator eingegeben.

[0068] Optional wurde der 2D-Klassifikator zuvor an einem Trainingsdatensatz von medizinischen 2D-Bildern trainiert, die mit einer Angabe des darin dargestellten optischen Befundes gekennzeichnet sind.

[0069] Optional ist die Angabe des optischen Befundes des Trainingsdatensatzes nichtlokalisiert. Die medizinischen 2D-Trainingsbilder können in Zusammenhang mit Kennzeichen stehen, die das Vorhandensein oder Fehlen des optischen Befundes in dem jeweiligen medizinischen 2D-Trainingsbild als Ganzes angeben, ohne einzugeben, wo sich der optische Befund in einem Bild befindet. Der 2D-Klassifikator erzeugt ein Ergebnis, das den optischen Befund für ein 2D-Eingabebild als Ganzes angibt, mit Nichtlokalisierungsdaten, indem zum Beispiel ein JA/NEIN-Wert ausgegeben wird, der das Vorhandensein oder Fehlen des optischen Befundes für das Bild als Ganzes angibt.

[0070] Optional handelt es sich bei dem optischen Befund um einen Hinweis auf Krebs, zum Beispiel Brustkrebs, Lungenknötchen, Darmkrebs, Hirntumor, Blasenkrebs, Nierenkrebs und metastatische Erkrankung. Alternativ können andere optische Befunde definiert werden. Der Krebs kann durch Anwenden einer Behandlung behandelt werden, die zur Behandlung von Krebs, optional für die Art des Krebses, geeignet ist, zum Beispiel Chirurgie, Chemotherapie, Strahlentherapie Immuntherapie und Kombinationen des Vorstehenden.

[0071] Bei 108 wird für das jeweilige medizinische 2D-Bild eine jeweilige Erläuterungskarte berechnet. Die Erläuterungskarte enthält mehrere Regionen, die Regionen des jeweiligen 2D-Bildes entsprechen, zum Beispiel entspricht jedes jeweilige Pixel der jeweiligen Erläuterungskarte einem jeweiligen Pixel des 2D-Bildes, eine Gruppe jeweiliger Pixel (z.B. 2 x 2, 3 x 3 oder andere Regionen) der Erläuterungskarte entspricht einem einzelnen Pixel des 2D-Bildes, ein einzelnes jeweiliges Pixel der Erläuterungskarte entspricht einer Gruppe von Pixeln des 2D-Bildes, und/oder eine Gruppe jeweiliger Pixel der Erläuterungskarte entspricht einer Gruppe von Pixeln des 2D-Bildes. Jede jeweilige Region der jeweiligen Erläuterungskarte steht in Zusammenhang mit einer berechneten erläuterbaren Gewichtung. Die erläuterbare Gewichtung gibt einen Einfluss der jeweiligen entsprechenden Region des jeweiligen medizinischen 2D-Bildes auf das Ergebnis des 2D-Klassifikators an, dem das jeweilige medizinische 2D-Bild zugeführt wurde. Jede Erläuterungsgewichtung jeder jeweiligen Erläuterungskarte kann einen relativen Einfluss der jeweiligen entsprechenden Region auf das Ergebnis des 2D-Klassifikators bezeichnen, zum Beispiel hat ein erstes Pixel eine Gewichtung von 50 und ein zweites Pixel hat eine Gewichtung von 10, wodurch angegeben wird, dass das erste Pixel 5x maßgeblicher als das zweite Pixel in der Entscheidung des 2D-Klassifikators über einen optischen Befund ist. Optional kann sich eine Summe der erläuterbaren Gewichtungen der Mehrzahl von Regionen jeder jeweiligen Erläuterungskarte auf 100 % (oder 1) belaufen, oder es handelt sich bei der Summe der Gewichtungen nicht zwangsläufig um einen feststehenden Wert.

[0072] Die Erläuterungskarte kann als farbcodierte Darstellung (heat map) realisiert sein.

[0073] Die Erläuterungskarte kann unter Verwendung von XAI-Code berechnet werden, der Gewichtungen von Regionen (z.B. pro Pixel oder pro Gruppe von Pixeln) berechnet, die die Entscheidung des 2D-Klassifikators am meisten beeinflussen, oder optional die farbcodierte Darstellung erzeugt. Beispielhafter XAI-Code ist zum Beispiel unter Bezugnahme auf R. C. Fong und A. Vedaldi. Interpretable explanations of black boxes by meaningful perturbation. arXiv-Vorabdruck arXiv:1704.03296, 2017, und/oder Shoshan, Y. und Ratner, V., 2018, Regularized adversarial examples for model interpretability. arXiv-Vorabdruck arXiv:1811.07311, beschrieben.

[0074] Die Erläuterungskarte kann Pixel mit Intensitätswerten enthalten, die Pixeln des jeweiligen medizinischen 2D-Bildes entsprechen, die durch die entsprechende jeweilige erläuterbare Gewichtung angepasst wurden. Zum Beispiel kann ein bestimmtes Pixel des 2D-Bildes einen Pixelintensitätswert von 75 haben, die entsprechende erläuterbare Gewichtung wurde mit 6 berechnet, wodurch für die Erläuterungskarte ein Pixelintensitätswert von 45 erhalten wird.

[0075] Hinsichtlich der mathematischen Darstellung kann das 3D-Bild mit V bezeichnet werden, die Erläuterungskarte (z.B. farbcodierte Darstellung) kann mit H bezeichnet werden, wobei Voxel des 3D-Bildes mit $V(x,y,z)$ bezeichnet sind, und die entsprechenden erläuterbaren Gewichtungen sind mit $H(x,y,z)$ bezeichnet, die die Auswirkung auf die Entscheidung des 2D-Klassifikators angeben, wenn ihm die mit z bezeichnete Schichtaufnahmenummer des Volumens V zugeführt wurde.

[0076] Bei 110 können die unter Bezugnahme auf 106 bis 108 beschriebenen Merkmale für die medizinischen 2D-Bilder nacheinander oder parallel wiederholt werden. Optional werden 106 bis 108 für jedes der medizinischen 2D-Bilder durchgeführt. Alternativ wird eine Teilmenge der medizinischen 2D-Bilder ausge-

wählt, zum Beispiel durch einheitliches Abtasten. Die abgetastete Teilmenge von medizinischen 2D-Bildern kann wie unter Bezugnahme auf 106 bis 108 beschrieben verarbeitet werden.

[0077] Bei 112 kann eine Teilmenge der Erläuterungskarten zur Erstellung des zusammengesetzten 2D-Bildes ausgewählt werden. Die Erläuterungskarten können gemäß einer Einbeziehung eines oder mehrerer Cluster aus einer oder mehreren Regionen von Erläuterungsgewichtungen, die eine Anforderung erfüllt, beispielsweise der Cluster einen anhand eines Schwellenwertes und/oder eines Bereichs höheren Gesamt-Erläuterungsgewichtungswert als Erläuterungsgewichtungen anderer Regionen, die von dem Cluster ausgenommen sind. Zum Beispiel sind die Gewichtungen von Pixeln in dem Cluster um mindestens 0,5 höher als von Pixeln, die nicht in dem Cluster enthalten sind. Bei einem weiteren Beispiel hat der Cluster von Erläuterungsgewichtungen oberhalb eines Schwellenwertes mindestens eine Mindestabmessung. Zum Beispiel ist ein Cluster als Gruppe von Pixeln mit Erläuterungsgewichtungen von über 0,6 und/oder einer Abmessung von mindestens 5 x 5 Pixeln oder 10 x 10 Pixeln und/oder einer durchschnittlichen Erläuterungsgewichtung von über 0,7 oder anderen Werten definiert.

[0078] Bei 114 wird aus den mehreren Erläuterungskarten ein zusammengesetztes 2D-Interpretationsbild berechnet. Das zusammengesetzte 2D-Interpretationsbild umfasst eine jeweilige Zusammenfassungsgewichtung für jede jeweilige Region davon, zum Beispiel pro Pixel oder pro Gruppe von Pixeln (z.B. 2 x 2, 3 x 3 oder andere Abmessungen). Jede jeweilige Zusammenfassungsgewichtung kann eine jeweilige Wahrscheinlichkeit des Vorhandenseins des optischen Befundes in der entsprechenden jeweiligen Region des berechneten zusammengesetzten 2D-Interpretationsbildes bezeichnen.

[0079] Bei dem zusammengesetzten 2D-Interpretationsbild kann es sich um eine über die Gewichtungen der Erläuterungskarten erfolgende Projektion des 3D-Bildes auf ein 2D-Bild handeln.

[0080] Jede jeweilige Zusammenfassungsgewichtung wird durch Zusammenfassen der erläuterbaren Gewichtungen berechnet, die für die jeweiligen Regionen der Erläuterungskarten berechnet wurden, die der jeweiligen Region des zusammengesetzten 2D-Interpretationsbildes entsprechen. Optional umfasst jedes der medizinischen 2D-Bilder Pixel, die Voxeln des medizinischen 3D-Bildes entsprechen. Jede jeweilige erläuterbare Gewichtung wird jedem Pixel eines jeden der medizinischen 2D-Bilder zugewiesen. Jede jeweilige Zusammenfassungsgewichtung kann für jedes Pixel des zusammengefassten 2D-Interpretationsbildes berechnet werden, das eine bestimmte (x,y)-Koordinate hat, indem die erläuterbaren Gewichtungen von Pixeln des medizinischen 2D-Bildes zusammengefasst werden, die entsprechende (x,y)-Koordinaten bei variierenden z-Koordinaten haben. Zum Beispiel wird für medizinische 2D-Bilder, die durch Unterteilen des medizinischen 3D-Bildes entlang einer z-Achse in 2D-Schichtaufnahmen erhalten wurden, die jeweilige Zusammenfassungsgewichtung für eine jeweilige Region (zum Beispiel Pixel oder Gruppe von Pixeln) der 2D-Schichtaufnahmen berechnet, die gemeinsame x,y-Koordinaten entlang einer x-Achse und einer y-Achse und variierende z-Koordinaten entlang der z-Achse haben, wodurch die Schichtaufnahmennummer angegeben werden kann. Zum Beispiel werden die erläuterbaren Gewichtungen bei den (x,y,z)-Koordinaten (10,15,1), (10,15,2), (10,15,3), (10,15,4) und (10,15,5) von 5 Erläuterungskarten zu einer einzigen Zusammenfassungsgewichtung zusammengefasst und dem Pixel bei den (x,y)-Koordinaten (10,15) des zusammengefassten 2D-Bildes zugewiesen. Die Zusammenfassungsgewichtung bei der Koordinate (10,15) des zusammengefassten 2D-Bildes entspricht Voxeln bei den (x,y,z)-Koordinaten (10,15,z) des 3D-Bildes, wobei z die Variable über den Bereich von z Werten hinweg des 3D-Bildes ist.

[0081] Jede jeweilige Zusammenfassungsgewichtung des zusammengesetzten 2D-Interpretationsbildes kann zum Beispiel als gewichtetes Mittel, als Durchschnitt, als Mittelwert, als Summe, als Maximalwert oder als Modalwert der erläuterbaren Gewichtungen berechnet werden, die für die jeweiligen Regionen der Erläuterungskarten berechnet wurden, die der jeweiligen Region des zusammengesetzten 2D-Interpretationsbildes entsprechen.

[0082] Optional enthält, wenn die Erläuterungskarte Pixel mit Pixelintensitätswerten enthält, die Pixeln des jeweiligen medizinischen 2D-Bildes entsprechen, die durch die entsprechende jeweilige erläuterbare Gewichtung angepasst wurden, das zusammengesetzte 2D-Interpretationsbild Pixel mit Pixelintensitätswerten, die durch Zusammenfassen der Pixelintensitätswerte berechnet wurden, die durch die entsprechende jeweilige erläuterbare Gewichtung der Erläuterungskarten angepasst wurden.

[0083] Hinsichtlich der mathematischen Schreibweise ist das zusammengesetzte 2D-Bild mit C bezeichnet, wobei es sich bei jedem mit (x,y) bezeichneten Pixel um eine Zusammenfassung von Schichtaufnahmen (z.B. alle Schichtaufnahmen) handelt, die mit $V(z,y,:)$ bezeichnet sind, die durch Gewichtungen der jeweiligen

Erläuterungskarte (z.B. farbcodierte Darstellung) gewichtet sind, die mit $(H(x,y,:))$ bezeichnet sind, wobei die folgende beispielhafte Gleichung gilt:

$$C(x,y) = \text{Summe_über_z}(H(x,y,z) * V(x,y,z)) / \text{Summe_über_z}(H(x,y,z))$$

[0084] Bei 116 wird optional ein optimaler Betrachtungswinkel für das zusammengesetzte 2D-Bild berechnet. Das 3D-Bild kann mit dem ermittelten optimalen Betrachtungswinkel dargestellt werden. Der optimale Betrachtungswinkel stellt eine minimale Verdeckung des optischen Befundes innerhalb des 3D-Bildes dar.

[0085] Der optimale Betrachtungswinkel kann den optimalen Winkel für die über die Gewichtungen der Erläuterungskarten erfolgende Projektion des 3D-Bildes auf das zusammengesetzte 2D-Bild darstellen.

[0086] Der optimale Betrachtungswinkel kann dem Schichtaufteilungswinkel entsprechen, der zum Erstellen der 2D-Schichtaufnahmen aus dem 3D-Bild verwendet wurde, d.h. eine bestimmte Ausrichtung der z-Achse, die eine Achse der Schichtaufteilung des medizinischen 3D-Bildes in die 2D-Schichtaufnahmen definiert. Die in dem optimalen Betrachtungswinkel aufgeteilten 2D-Schichtaufnahmen werden verwendet, um ein optimales zusammengesetztes 2D-Interpretationsbild mit maximalen Zusammenfassungsgewichtungen zu erzeugen, die eine minimale Verdeckung des optischen Befundes bezeichnen. Der optimale Betrachtungswinkel kann zum Beispiel ausgewählt werden durch aufeinanderfolgendes und/oder paralleles systematisches Ausprobieren, durch Bewerten mehrerer zusammengesetzter 2D-Bilder, die für unterschiedliche optimale Betrachtungswinkel berechnet wurden (z.B. zufällig ausgewählt und/oder aufeinanderfolgendes Starten mit einem vorgegebenen Wert), wobei der optimale Betrachtungswinkel gemäß dem optimalen zusammengesetzten 2D-Bild mit minimaler Verdeckung des optischen Befundes innerhalb des 3D-Bildes ausgewählt wird, wenn das 3D-Bild mit dem optimalen Betrachtungswinkel dargestellt wird. Alternativ oder zusätzlich kann der optimale Betrachtungswinkel zum Beispiel auf der Grundlage von Code berechnet werden, der das 3D-Bild und/oder das zusammengesetzte 2D-Bild analysiert, um die optimale Ausrichtung auszuwählen.

[0087] Es wird angemerkt, dass der optimale Betrachtungswinkel bei einem oder mehreren Merkmalen des Prozesses zum Berechnen und/oder Darstellen des zusammengesetzten 3D-Bildes ermittelt werden kann, zum Beispiel vor der anfänglichen Unterteilung des 3D-Bildes in 2D-Bilder (wie z.B. unter Bezugnahme auf 104 beschrieben) und/oder durch Wiederholen von 104 bis 114 in einem Prozess des systematischen Ausprobierens und/oder in anderen geeigneten Teilen des Prozesses.

[0088] Bei 118 wird das zusammengesetzte 2D-Bild bereitgestellt, zum Beispiel auf einer Anzeige dargestellt, in einem Speicher und/oder in einer Datenspeichereinheit (z.B. PACS-Server) gespeichert, zu einer weiteren Einheit weitergeleitet (z.B. von dem PACS-Server zu einem Client-Endgerät, um auf diesem betrachtet zu werden) und/oder einem weiteren Prozess bereitgestellt, zum Beispiel einem weiteren Klassifikator zugeführt, dem 2D-Klassifikator zugeführt und/oder zum Aktualisieren des Trainings des 2D-Klassifikators verwendet.

[0089] Optional wird das zusammengesetzte 2D-Bild gleichzeitig mit dem 3D-Bild dargestellt, zum Beispiel nebeneinander. Das zusammengesetzte 2D-Bild kann ein Standardübersichtsbild ersetzen, das zum Beispiel unter Verwendung von CVIEW für das 3D-Bild erstellt wurde.

[0090] Optional kann, wenn das optimale zusammengesetzte 2D-Bild gemäß dem ermittelten optimalen Winkel der Betrachtungsachse berechnet wird, die Darstellung des medizinischen 3D-Bildes auf der Anzeige automatisch an die Ausrichtung (z.B. die z-Achse) angepasst werden, die dem optimalen Betrachtungswinkel entspricht.

[0091] Bei 120 werden ein oder mehrere der unter Bezugnahme auf 104 bis 118 beschriebenen Merkmale wiederholt, optional zum dynamischen Aktualisieren des zusammengesetzten 2D-Bildes, sodass es einer Echtzeit-Betrachtungsachse des 3D-Bildes entspricht, zum Beispiel gemäß einer Echtzeit-Benutzernavigation.

[0092] Der Benutzer kann den Winkel der Betrachtungsachse des auf der Anzeige dargestellten 3D-Bildes anpassen. Der Echtzeit-Wert der Betrachtungsachse des 3D-Bildes kann nachverfolgt werden. Die Ausrichtung der z-Achse, die die Achse der Schichtaufteilung des medizinischen 3D-Bildes in 2D-Schichtaufnahmen definiert (wie z.B. unter Bezugnahme auf 104 beschrieben), kann gemäß dem Echtzeit-Wert der Betrachtungsachse festgelegt werden, der durch den Benutzer ausgewählt wird, der das auf der Anzeige dargestellte medizinische 3D-Bild betrachtet. Ein aktuelles zusammengesetztes 2D-Interpretationsbild wird auf der

Grundlage dessen berechnet, dass die z-Achse dem Wert der Betrachtungsachse entspricht (wie z.B. unter Bezugnahme auf 106 bis 114 beschrieben). Das aktuelle zusammengesetzte 2D wird auf der Anzeige zusammen mit dem medizinischen 3D-Bild dargestellt (wie z.B. unter Bezugnahme auf 118 beschrieben). Eine Änderung bei dem Wert der Betrachtungsachse des auf der Anzeige dargestellten medizinischen 3D-Bildes wird dynamisch erkannt (wie z.B. unter Bezugnahme auf 120 beschrieben). Ein aktualisiertes zusammengesetztes 2D-Interpretationsbild wird auf der Grundlage der Änderung bei dem Wert der Betrachtungsachse dynamisch berechnet (wie z.B. unter Bezugnahme auf 106 bis 114 beschrieben). Die Anzeige wird dynamisch aktualisiert, indem das aktualisierte zusammengesetzte 2D-Interpretationsbild dargestellt wird (wie z.B. unter Bezugnahme auf 118 beschrieben).

[0093] Nunmehr unter erneuter Bezugnahme auf **Fig. 3** wird bei 302 auf medizinische 3D-Trainingsbilder mehrerer Stichproben zugegriffen. Die medizinischen 3D-Trainingsbilder sind optional alle von derselben Art von Bildgebungsmodalität, die eine gleiche Körperstelle zum Auffinden einer gleichen Art von optischem Befund darstellen, zum Beispiel alle Brust-CT-Scans zum Lokalisieren von pulmonalen Knötchen und/oder alle 3D-Mammografien zum Lokalisieren von Brustkrebs.

[0094] Bei 304 wird ein jeweiliges medizinisches 3D-Bild in mehrere medizinische 2D-Bilder unterteilt, zum Beispiel wie unter Bezugnahme auf 104 von **Fig. 1** beschrieben.

[0095] Bei 306 werden die jeweiligen medizinischen 2D-Bilder (z.B. jedes) in einen 2D-Klassifikator eingegeben, der an einem Trainingsdatensatz von medizinischen 2D-Bildern trainiert wurde, die mit einer Angabe eines darin dargestellten optischen Befundes gekennzeichnet sind, wie zum Beispiel unter Bezugnahme auf 106 von **Fig. 1** beschrieben.

[0096] Bei 308 wird eine jeweilige Erläuterungskarte für die jeweiligen medizinischen 2D-Bilder berechnet. Die jeweilige Erläuterungskarte kann Regionen enthalten, die Regionen des jeweiligen 2D-Bildes entsprechen. Jede jeweilige Region der jeweiligen Erläuterungskarte ist einer berechneten erläuterbaren Gewichtung zugehörig, die einen Einfluss der jeweiligen entsprechenden Region des jeweiligen medizinischen 2D-Bildes auf das Ergebnis des 2D-Klassifikators angibt, dem das jeweilige medizinische 2D-Bild zugeführt wurde. Zum Beispiel wie unter Bezugnahme auf 108 von **Fig. 1** beschrieben.

[0097] Bei 310 wird ein jeweiliges zusammengesetztes 2D-Interpretationsbild berechnet. Das zusammengesetzte 2D-Interpretationsbild enthält eine jeweilige Zusammenfassungsgewichtung für jede jeweilige Region davon. Jede jeweilige Zusammenfassungsgewichtung wird durch Zusammenfassen der erläuterbaren Gewichtungen berechnet, die für die jeweiligen Regionen der Erläuterungskarten berechnet wurden, die der jeweiligen Region des zusammengesetzten 2D-Interpretationsbildes entsprechen. Zum Beispiel wie unter Bezugnahme auf 110 von **Fig. 1** beschrieben.

[0098] Bei 312 wird dem zusammengesetzten 2D-Interpretationsbild eine jeweilige Kennzeichnung zugewiesen, die das Vorhandensein des darin dargestellten optischen Befundes angibt. Das Kennzeichen kann zum Beispiel manuell durch einen Benutzer auf der Grundlage einer manuellen optischen Untersuchung des 3D-Bildes und/oder des zusammengesetzten 3D-Interpretationsbildes und/oder automatisch erstellt werden, zum Beispiel durch Code zur Verarbeitung natürlicher Sprache (NLP-Code, NLP = natural language processing), der einen für das 3D-Bild erstellten Radiologiebericht analysiert, um den optischen Befund zu extrahieren.

[0099] Bei 314 können das zusammengesetzte jeweilige 2D-Interpretationsbild und das entsprechende Kennzeichen zu einem aktualisierten Trainingsdatensatz hinzugefügt werden.

[0100] Bei 316 werden ein oder mehrere unter Bezugnahme auf 304 bis 314 beschriebene Merkmale für die mehreren medizinischen 3D-Trainingsbilder wiederholt, optional für jedes medizinische 3D-Bild.

[0101] Bei 318 kann ein aktualisierter 2D-Klassifikator durch Aktualisieren des Trainings des 2D-Klassifikators unter Verwendung des aktualisierten Trainingsdatensatzes erstellt werden. Der aktualisierte 2D-Klassifikator kann zur Erstellung neuer zusammengesetzter 2D-Bilder verwendet werden, die zum Beispiel in dem Prozess verwendet werden, der unter Bezugnahme auf 106 von **Fig. 1** und/oder auf 306 von **Fig. 3** beschrieben ist.

[0102] Optional kann bei 320 nach dem Zugreifen auf die medizinischen 3D-Trainingsbilder wie in 302 und nachdem das/die 3D-Bild/er wie in 304 unterteilt sind, der 2D-Klassifikator erstellt und/oder aktualisiert wer-

den. Jedes jeweilige medizinische 2D-Bild kann mit einem Kennzeichen in Zusammenhang stehen, das das Vorhandensein eines optischen Befundes angibt, der mit dem jeweiligen medizinischen 2D-Bild (zum Beispiel manuell und/oder automatisch erstellt, wie hierin beschrieben) dargestellt wird. Das Kennzeichen kann nicht-lokalisiert sein, d.h., dem jeweiligen medizinischen 2D-Bild als Ganzes zugewiesen sein. Der Trainingsdatensatz von medizinischen 2D-Bildern kann erstellt werden, indem die aus den medizinischen 3D-Bildern erstellten medizinischen 2D-Bilder und das zugehörige Kennzeichen einbezogen werden, das nichtlokalisiert ist. Der 2D-Klassifikator kann unter Verwendung des Trainingsdatensatzes erstellt und/oder aktualisiert werden.

[0103] Nunmehr wird Bezug auf **Fig. 4** genommen, bei der es sich um eine schematische Darstellung handelt, die jeweilige zusammengesetzte 2D-Interpretationsbilder 400A, 400B und 400C gemäß einigen Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung im Vergleich zu anderen Standardansätzen zum Berechnen eines 2D-Bildes aus einem 3D-Bild zeigt.

[0104] Die zusammengesetzten 2D-Interpretationsbilder 400A, 400B und 400C werden für 2D-Bilder, die entlang einer z-Achse des 3D-Bildes in Schichten unterteilt sind, für einen bestimmten feststehenden y-Wert der y-Achse, für einen Satz von x-Werten entlang der x-Achse, zum Beispiel eine horizontale Linie von Pixeln, berechnet. Die zusammengesetzten 2D-Interpretationsbilder 400A, 400B und 400C stellen eine horizontale Linie von Pixeln dar, die auch als zusammengesetzte Interpretationslinien bezeichnet werden. Die horizontale Linie von Pixeln ist zur besseren Übersichtlichkeit und Vereinfachung der Erläuterung bildlich dargestellt. Es versteht sich, dass ein vollständiges zusammengesetztes 2D-Interpretationsbild mehrere parallele horizontale Pixellinien entlang der y-Achse umfasst.

[0105] Jedes der zusammengesetzten 2D-Interpretationsbilder 400A, 400B und 400C beruht auf einem mit $F(x,y,z)$ bezeichneten gemeinsamen 3D-Signal, für das das 3D-Bild 402 gezeigt ist, d.h., dargestellt ist eine einzelne horizontale Linie von Pixeln an einem gleichen y-Wert jeder 2D-Schichtaufnahme. Innerhalb des 3D-Bildes 402 bezeichnen ein erster Kreis 404 und ein zweiter Kreis 406 klinisch signifikante optische Befunde während ein Rechteck 408 und ein Oval 410 nichtsignifikante anatomische Merkmale und/oder Artefakte bezeichnen.

[0106] Die zusammengesetzte Interpretationslinie 400A wird unter Verwendung eines Standardansatzes berechnet, indem eine Summe der Linien des 3D-Bildes 402 berechnet wird, die mit $P(x,y) = \sum_{z=0}^n F(x,y,z)$ bezeichnet ist. Es wird angemerkt, dass der erste Kreis 404 teilweise durch das Rechteck 408 verdeckt ist und der zweite Kreis 406 vollständig durch das Rechteck 408 verdeckt ist, wodurch erschwert wird, das Vorhandensein des ersten Kreises 404 und des zweiten Kreises 406 innerhalb der zusammengesetzten Interpretationslinie 400A zu unterscheiden.

[0107] Die zusammengesetzte Interpretationslinie 400B wird unter Verwendung eines dem Stand der Technik entsprechenden Ansatzes (SOTA-Ansatz, SOTA = state of the art), bei dem eine farbcodierte Darstellung, die eine Position des optischen Befundes angibt, durch einen 2D-Klassifikator für jedes 2D-Bild des 3D-Bildes 402 erzeugt wird. Der 2D-Klassifikator ist an einem Trainingsdatensatz von 2D-Bildern trainiert, bei denen Positionen von optischen Befunden innerhalb der Trainingsbilder Kennzeichen zugewiesen sind. Die Ausgabe der farbcodierten Darstellung des 2D-Klassifikators als Reaktion auf jede 2D-Schichtaufnahme ist mit $D_z(x,y)$ bezeichnet. Die zusammengesetzte Interpretationslinie 400B wird unter Verwendung der Gleichung $P(x,y) = \sum_{z=0}^n D_z(x,y)F(x,y,z)$ berechnet. Es wird angemerkt, dass zwar der erste Kreis 404 teilweise durch das Rechteck 408 verdeckt ist und der zweite Kreis 406 vollständig durch das Rechteck 408 verdeckt ist, der erste Kreis 404 und der zweite Kreis 406 des Vorhandenseins jedoch innerhalb der zusammengesetzten Interpretationslinie 400B unterscheidbar sind, da die höhere farbcodierte Darstellung an Positionen höher ist, die dem ersten Kreis 404 und dem zweiten Kreis 406 entsprechen, und an Positionen niedriger ist, die dem Rechteck 408 und dem Oval 410 entsprechen.

[0108] Die zusammengesetzte Interpretationslinie 400C wird wie hierin beschrieben unter Verwendung eines 2D-Klassifikators berechnet, der ein nichtlokalisiertes Ergebnis erzeugt, wobei der 2D-Klassifikator an einem Trainingsdatensatz mit nichtlokalisierten Kennzeichen trainiert ist und das zusammengesetzte Interpretationsbild durch Zusammenfassen von Erläuterungsgewichtungen von Erläuterungskarten berechnet wird. Die für jede 2D-Schichtaufnahme berechnete Erläuterungskarte ist mit $D_z(x,y)$ bezeichnet. Die zusammengesetzte Interpretationslinie 400C wird unter Verwendung der Gleichung $P(x,y) = \sum_{z=0}^n H_z(x,y)F(x,y,z)$ berechnet. Es wird angemerkt, dass der erste Kreis 404 und der zweite Kreis 406 des Vorhandenseins innerhalb der zusammengesetzten Interpretationslinie 400C mindestens so gut wie bei der zusammengesetzten Interpretationslinie 400B unterscheidbar sind, die unter Verwendung des dem Stand der Technik entsprechenden Ansatzes berechnet wurde, mit dem zusätzlichen Vorteil, dass der 2D-Klassifikator unter Verwendung

nichtlokalisierter Kennzeichen trainiert wird, wodurch ein automatisiertes Training des 2D-Klassifikators unter Verwendung von Kennzeichen bereitgestellt wird, die automatisch aus Radiologieberichten zum Beispiel unter Verwendung von NLP-Ansätzen extrahiert wurden.

[0109] Nunmehr wird Bezug auf **Fig. 5** genommen, bei der es sich um eine schematische Darstellung handelt, die gemäß einigen Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung eine automatisierte Berechnung einer bestimmten Ausrichtung einer z-Achse zeigt, die eine Achse der Schichtaufteilung des medizinischen 3D-Bildes in die 2D-Schichtaufnahmen definiert, um ein optimales zusammengesetztes 2D-Interpretationsbild mit maximalen Zusammenfassungsgewichtungen zu erzeugen, die eine maximale Wahrscheinlichkeit des Vorhandenseins des optischen Befundes bezeichnen. Die Darstellung des medizinischen 3D-Bildes auf der Anzeige kann gemäß der bestimmten Ausrichtung der z-Achse angepasst werden, und/oder das auf der Grundlage der bestimmten Ausrichtung der z-Achse berechnete optimale zusammengesetzte 2D-Interpretationsbild kann auf der Anzeige dargestellt werden.

[0110] Die schematische Darstellung 502 gilt für den Fall einer standardmäßigen z-Achse 504. Ein zusammengesetztes 2D-Interpretationsbild 506 wird für 2D-Bilder berechnet, die entlang der z-Achse 504 eines 3D-Bildes 508 in Schichten unterteilt sind. Zur besseren Übersichtlichkeit und Vereinfachung der Erläuterung stellt das zusammengesetzte 2D-Interpretationsbild 506 eine horizontale Linie von Pixeln dar, die auch als zusammengesetzte Interpretationslinien bezeichnet werden, die aus 2D-Bildern, die entlang einer z-Achse 504 des 3D-Bildes in Schichten unterteilt sind, für einen bestimmten feststehenden y-Wert der y-Achse, für einen Satz von x-Werten entlang der x-Achse, zum Beispiel eine horizontale Linie von Pixeln, berechnet wurden. Es versteht sich, dass ein vollständiges zusammengesetztes 2D-Interpretationsbild mehrere parallele horizontale Pixellinien entlang der y-Achse umfasst.

[0111] Innerhalb des 3D-Bildes 508 bezeichnet der Kreis 510 klinisch signifikante optische Befunde, während ein Rechteck 512 und ein Oval 514 nichtsignifikante anatomische Merkmale und/oder Artefakte bezeichnen.

[0112] Bei dem zusammengesetzten 2D-Interpretationsbild 506, das unter Verwendung der standardmäßigen z-Achse 504 erstellt wurde, befinden sich der Kreis 510 und das Rechteck 512 entlang einer gleichen Achse parallel zu der standardmäßigen z-Achse 512. Infolgedessen werden Gewichtungen des Kreises 510 mit Gewichtungen des Rechtecks 512 zusammengefasst, was möglicherweise das Unterscheiden des Kreises 510 erschwert. In Fällen, in denen das Rechteck 512 klinisch signifikante optische Befunde bezeichnet, kann die Kombination von Gewichtungen des Kreises 510 mit Gewichtungen des Rechtecks 512 das Unterscheiden erschweren, dass zwei räumlich voneinander entfernte optische Befunde in dem 3D-Bild 508 vorhanden sind.

[0113] Im Gegensatz hierzu gilt die schematische Darstellung 516 für den Fall einer ausgewählten z-Achse 518 zum Erzeugen eines optimalen zusammengesetzten 2D-Interpretationsbildes 520 mit maximalen Zusammenfassungsgewichtungen, die eine maximale Wahrscheinlichkeit des Vorhandenseins des optischen Befundes bezeichnen. Bei dem zusammengesetzten 2D-Interpretationsbild 520, das unter Verwendung der ausgewählten z-Achse 518 erstellt wurde, befinden sich Kreis 510, Rechteck 512 und Oval 514 jeweils entlang unterschiedlicher Linien parallel zu der ausgewählten z-Achse 518. Infolgedessen ist die Gewichtung des Kreises 510 nicht mit Gewichtungen des Rechtecks 512 zusammengefasst und nicht mit Gewichtungen des Ovals 514 zusammengefasst, wodurch es möglich wird, besser zwischen den Gewichtungen der unterschiedlichen optischen Befunde auf dem optimalen zusammengesetzten 2D-Interpretationsbild 520 zu unterscheiden.

[0114] Die Beschreibungen der verschiedenen Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung sollen der Veranschaulichung dienen, sind jedoch nicht als vollständig oder auf die offenbaren Ausführungsformen beschränkt gedacht. Für Fachleute sind viele Modifikationen und Variationen denkbar, ohne dass diese eine Abweichung vom Schutzzumfang und Grundgedanken der beschriebenen Ausführungsformen darstellen würden. Die hierin verwendete Terminologie wurde gewählt, um die Grundgedanken der Ausführungsformen, die praktische Anwendung bzw. die technische Verbesserung gegenüber den auf dem Markt vorgefundenen Technologien zu erläutern bzw. anderen mit entsprechenden Fachkenntnissen das Verständnis der hierin offenbaren Ausführungsformen zu ermöglichen.

[0115] Es wird erwartet, dass während der Lebensdauer eines aus dieser Anmeldung entstehenden Patents viele relevante Klassifikatoren und/oder XIA-Prozesse entwickelt werden und der Schutzzumfang der Begriffe

„Klassifikatoren“ und/oder „XIA-Prozesse“ von vorneherein alle derartigen neuen Technologien umfassen soll.

[0116] Im hierin verwendeten Sinne bezieht sich der Begriff „ungefähr“ auf $\pm 10\%$.

[0117] Die Begriffe „weist auf/aufweist“, „aufweisend“, „umfasst“, „unter anderem“, „hat/mit“ und ihre Ableitungen bedeuten „unter anderem und ohne auf diese beschränkt zu sein“. Dieser Begriff schließt die Begriffe „bestehend aus“ und „im Wesentlichen bestehend aus“ ein.

[0118] Der Ausdruck „im Wesentlichen bestehen aus“ bedeutet, dass die Zusammensetzung oder das Verfahren zusätzliche Bestandteile und/oder Schritte umfassen kann, jedoch nur, wenn die zusätzlichen Bestandteile und/oder Schritte die grundlegenden und neuartigen Eigenschaften der beanspruchten Zusammensetzung oder des beanspruchten Verfahrens nicht grundsätzlich abändern.

[0119] Im hierin verwendeten Sinne schließen die Einzahlformen „ein/eine“ und „der/die/das“ auch die Pluralformen ein, sofern der Kontext nicht ausdrücklich etwas anderes vorschreibt. Zum Beispiel kann der Begriff „eine Verbindung“ oder „mindestens eine Verbindung“ eine Mehrzahl von Verbindungen, unter anderem Mischungen davon, umfassen.

[0120] Das Wort „beispielhaft“ wird hierin in der Bedeutung von „als Beispiel, Exemplar oder der Veranschaulichung dienend“ verwendet. Eine als „beispielhaft“ beschriebene Ausführungsform ist nicht zwangsläufig als gegenüber anderen Ausführungsformen bevorzugt oder vorteilhaft auszulegen und/oder soll die Einbeziehung von Merkmalen aus anderen Ausführungsformen nicht ausschließen.

[0121] Das Wort „optional“ bedeutet im hierin verwendeten Sinne „ist bei einigen Ausführungsformen bereitgestellt und bei anderen Ausführungen nicht bereitgestellt“. Eine bestimmte Ausführungsform der Erfindung kann eine Mehrzahl von „optionalen“ Merkmalen umfassen, sofern derartige Merkmale nicht im Widerspruch zueinander stehen.

[0122] In der gesamten vorliegenden Anmeldung können verschiedene Ausführungsformen dieser Erfindung in einem Bereichsformat dargestellt sein. Es sollte klar sein, dass die Beschreibung im Bereichsformat lediglich der Vereinfachung und Kürze dient und nicht als starre Beschränkung des Schutzzumfangs der Erfindung ausgelegt werden sollte. Dementsprechend sollte die Beschreibung eines Bereichs so betrachtet werden, dass sie insbesondere alle möglichen Teilbereiche sowie alle einzelnen numerischen Werte innerhalb dieses Bereichs offenbart. Zum Beispiel sollte die Beschreibung eines Bereichs wie z.B. von 1 bis 6 so betrachtet werden, dass sie insbesondere Teilbereiche wie z.B. von 1 bis 3, von 1 bis 4, von 1 bis 5, von 2 bis 4, von 2 bis 6, von 3 bis 6 usw. sowie einzelne Werte innerhalb dieses Bereichs offenbart, zum Beispiel 1, 2, 3, 4, 5 und 6. Dies gilt unabhängig vom Umfang des Bereichs.

[0123] Sobald hierin ein numerischer Bereich angegeben ist, ist er so gemeint, dass einen beliebigen angegebenen Zahlenwert (Bruchzahl oder Ganzzahl) innerhalb des angegebenen Bereichs umfasst. Die Ausdrücke „im Bereich/liegt im Bereich zwischen“ einer ersten Zahlenangabe und einer zweiten Zahlenangabe und „im Bereich/reicht von“ einer ersten Zahlenangabe „bis“ zu einer zweiten Zahlenangabe werde hierin untereinander austauschbar verwendet und sind so gemeint, dass sie die erste und die zweite Zahlenangabe und alle Bruchzahlen und Ganzzahlen dazwischen umfassen.

[0124] Es versteht sich, dass bestimmte Merkmale der Erfindung, die der Übersicht halber im Kontext separater Ausführungsformen beschrieben sind, auch in Kombination in einer einzigen Ausführungsform bereitgestellt werden können. Umgekehrt können verschiedene Merkmale der Erfindung, die der Kürze halber im Kontext einer einzigen Ausführungsform beschrieben sind, auch separat oder einer beliebigen geeigneten Teilkombination oder je nach Eignung in einer beliebigen anderen beschriebenen Ausführungsform der Erfindung bereitgestellt werden. Bestimmte Merkmale, die im Kontext verschiedener Ausführungsformen beschrieben sind, sind nicht als wesentliche Merkmale dieser Ausführungsformen zu betrachten, sofern die Ausführungsform ohne diese Elemente nicht funktionsfähig ist.

[0125] Zwar wurde die Erfindung in Verbindung mit bestimmten ihrer Ausführungsformen beschrieben, es ist jedoch offensichtlich, dass viele Alternativen, Modifikationen und Variationen für Fachleute ersichtlich sind. Dementsprechend ist beabsichtigt, dass alle diese Alternativen, Modifikationen und Variationen eingeschlossen sind, die unter den Grundgedanken und den weit gefassten Schutzzumfang der beigefügten Ansprüche fallen.

[0126] Es ist die Absicht des/der Anmelder/s, dass alle Veröffentlichungen, Patente und Patentanmeldungen, auf die in dieser Anmeldung verwiesen wird, durch Bezugnahme in ihrer Gesamtheit in die Beschreibung so aufgenommen sind, als wäre jede einzelne Veröffentlichung, jedes einzelne Patent oder jede einzelne Patentanmeldung, das/die durch Bezugnahme hierin aufzunehmen ist, insbesondere und einzeln aufgeführt, wenn darauf Bezug genommen wird. Darüber hinaus soll eine Zitierung oder Angabe einer beliebigen Bezugnahme in dieser Anwendung nicht als Eingeständnis ausgelegt werden, dass eine derartige Bezugnahme im Vergleich zur vorliegenden Erfindung als Stand der Technik verfügbar ist. In dem Maße, in dem Abschnittsüberschriften verwendet werden, sollten diese nicht als zwangsläufig einschränkend ausgelegt werden. Darüber hinaus sind beliebige Prioritätsdokumente dieser Anmeldung durch Bezugnahme in ihrer Gesamtheit hierin aufgenommen.

Patentansprüche

1. Mittels Computer realisiertes Verfahren zum Erzeugen eines zusammengesetzten 2D-Interpretationsbildes aus einem medizinischen 3D-Bild, wobei das Verfahren aufweist:

Eingeben eines jeden einer Mehrzahl von medizinischen 2D-Bildern, die durch mindestens eines erhalten wurden aus: Unterteilen eines medizinischen 3D-Bildes, das als Video über einen Zeitraum hinweg aufgenommen wurde, in einen 2D-Klassifikator, der an einem Trainingsdatensatz von medizinischen 2D-Bildern trainiert wurde, die mit einer Angabe eines darin bildlich dargestellten optischen Befundes gekennzeichnet sind;

Berechnen einer jeweiligen Erläuterungskarte einer Mehrzahl von Erläuterungskarten für jedes jeweilige medizinische 2D-Bild der Mehrzahl von medizinischen 2D-Bildern, wobei die jeweilige Erläuterungskarte eine Mehrzahl von Regionen umfasst, die einer Mehrzahl von entsprechenden Regionen des jeweiligen 2D-Bildes entsprechen, wobei jede jeweilige Region der jeweiligen Erläuterungskarte einer berechneten erläuterbaren Gewichtung zugehörig ist, die einen Einfluss der jeweiligen entsprechenden Region des jeweiligen medizinischen 2D-Bildes auf das Ergebnis des 2D-Klassifikators angibt, in den das jeweilige medizinische 2D-Bild eingegeben wurde;

Berechnen eines zusammengesetzten 2D-Interpretationsbildes, das eine jeweilige Zusammenfassungsgewichtung für jede jeweilige Region davon aufweist, wobei jede jeweilige Zusammenfassungsgewichtung durch Zusammenfassen einer Mehrzahl der erläuterbaren Gewichtungen berechnet wird, die für die jeweiligen Regionen der Mehrzahl von Erläuterungskarten berechnet wurden, die der jeweiligen Region des zusammengesetzten 2D-Interpretationsbildes entsprechen; und

Bereitstellen des zusammengesetzten 2D-Interpretationsbildes zur Darstellung auf einer Anzeige.

2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei jede jeweilige Zusammenfassungsgewichtung eine jeweilige Wahrscheinlichkeit des Vorhandenseins des optischen Befundes in der entsprechenden jeweiligen Region des berechneten zusammengesetzten 2D-Interpretationsbildes bezeichnet.

3. Verfahren nach Anspruch 1, wobei die Mehrzahl von medizinischen 2D-Bildern berechnet wird, indem das medizinische 3D-Bild entlang einer z-Achse in eine Mehrzahl von aufeinanderfolgenden 2D-Schichtaufnahmen unterteilt wird, wobei die jeweilige Zusammenfassungsgewichtung für jede jeweilige Region der Mehrzahl von aufeinanderfolgenden 2D-Schichtaufnahmen berechnet wird, die gemeinsame x,y-Koordinaten entlang einer x-Achse und einer y-Achse und variierende z-Koordinaten entlang der z-Achse haben.

4. Verfahren nach Anspruch 3, wobei die Ausrichtung der z-Achse, die eine Achse der Schichtaufteilung des medizinischen 3D-Bildes in die Mehrzahl von aufeinanderfolgenden 2D-Schichtaufnahmen definiert, gemäß einer Betrachtungsachse erhalten wird, die durch einen Benutzer ausgewählt wurde, der das auf einer Anzeige dargestellte medizinische 3D-Bild betrachtet, wobei das zusammengesetzte 2D-Interpretationsbild, das auf der Grundlage der z-Achse berechnet wurde, die der Betrachtungsachse entspricht, zusammen mit dem medizinischen 3D-Bild auf der Anzeige dargestellt wird und ferner bei mindestens einer Wiederholung aufweist:

dynamisches Erkennen einer Änderung bei der Betrachtungsachse des medizinischen 3D-Bildes, das auf der Anzeige dargestellt wird;

dynamisches Berechnen eines aktualisierten zusammengesetzten 2D-Interpretationsbildes auf der Grundlage der Änderung bei der Betrachtungsachse; und

dynamisches Aktualisieren der Anzeige zum Darstellen des aktualisierten zusammengesetzten 2D-Interpretationsbildes.

5. Verfahren nach Anspruch 3, das ferner aufweist:

Berechnen einer bestimmten Ausrichtung der z-Achse, die eine Achse der Schichtaufteilung des medizin-

ischen 3D-Bildes in die Mehrzahl von aufeinanderfolgenden 2D-Schichtaufnahmen definiert, die ein optimales zusammengesetztes 2D-Interpretationsbild mit maximalen Zusammenfassungsgewichtungen definiert, die eine minimale Verdeckung des optischen Befundes bezeichnen;
 automatisches Anpassen der Darstellung des medizinischen 3D-Bildes auf der Anzeige an die bestimmte Ausrichtung der z-Achse; und
 Darstellen des optimalen zusammengesetzten 2D-Interpretationsbildes auf der Anzeige.

6. Verfahren nach Anspruch 3, wobei jedes der Mehrzahl von medizinischen 2D-Bildern Pixel aufweist, die Voxeln des medizinischen 3D-Bildes entsprechen, eine jeweilige erläuterbare Gewichtung jedem Pixel eines jeden der Mehrzahl von medizinischen 2D-Bildern zugewiesen ist und die jeweilige Zusammenfassungsgewichtung für jedes Pixel des zusammengesetzten 2D-Interpretationsbildes berechnet wird, das eine bestimmte (x,y)-Koordinate enthält, indem die erläuterbaren Gewichtungen von Pixeln der Mehrzahl von medizinischen 2D Bildern zusammengefasst werden, die entsprechende (x,y)-Koordinaten für variierende z-Koordinaten enthalten.

7. Verfahren nach Anspruch 1, wobei die Angabe des optischen Befundes des Trainingsdatensatzes für das jeweilige 2D-Bild als Ganzes nichtlokalisiert ist und wobei der 2D-Klassifikator ein Ergebnis erzeugt, das auf den optischen Befund für ein 2D-Eingabebild als Ganzes mit Nichtlokalisierungsdaten hinweist.

8. Verfahren nach Anspruch 1, wobei jede Erläuterungsgewichtung jeder jeweiligen Erläuterungskarte einen relativen Einfluss der jeweiligen entsprechenden Region auf das Ergebnis des 2D-Klassifikators bezeichnet.

9. Verfahren nach Anspruch 1, wobei jede jeweilige Zusammenfassungsgewichtung des zusammengesetzten 2D-Interpretationsbildes als gewichtetes Mittel der erläuterbaren Gewichtungen berechnet wird, die für die jeweiligen Regionen der Mehrzahl von Erläuterungskarten berechnet wurden, die der jeweiligen Region des zusammengesetzten 2D-Interpretationsbildes entsprechen.

10. Verfahren nach Anspruch 1, wobei jede jeweilige Erläuterungskarte eine Mehrzahl von Pixeln mit Pixelintensitätswerten aufweist, die Pixeln des jeweiligen medizinischen 2D-Bildes entsprechen, die durch die entsprechende jeweilige erläuterbare Gewichtung angepasst wurden, wobei das zusammengesetzte 2D-Interpretationsbild eine Mehrzahl von Pixeln mit Pixelintensitätswerten aufweist, die durch Zusammenfassen der Pixelintensitätswerte berechnet wurden, die durch die entsprechende jeweilige erläuterbare Gewichtung der Mehrzahl von Erläuterungskarten angepasst wurden.

11. Verfahren nach Anspruch 1, wobei das medizinische 3D-Bild ausgewählt ist aus der Gruppe, bestehend aus: CT, MRT, Brusttomografie, digitale Brusttomosynthese (DBT), 3D-Ultraschall, 3D-Nuklearbildgebung und PET.

12. Verfahren nach Anspruch 1, wobei der optische Befund Krebs bezeichnet.

13. Verfahren nach Anspruch 1, das ferner ein Auswählen einer Teilmenge der Mehrzahl von Erläuterungskarten aufweist, wobei jede ausgewählte Erläuterungskarte mindestens eine Gruppe (cluster) von mindestens einer Region mit Erläuterungsgewichtungen umfasst, die um eine Anforderung höher als Erläuterungsgewichtungen anderer Regionen sind, die von der Gruppe ausgenommen sind, wobei das zusammengesetzte 2D-Bild aus der ausgewählten Teilmenge berechnet wird.

14. Verfahren nach Anspruch 1, das ferner ein Erzeugen eines aktualisierten 2D-Klassifikators des 2D-Klassifikators zur Analyse von 2D-Bildern der medizinischen 3D-Bilder aufweist durch:
 Zugreifen auf eine Mehrzahl von medizinischen 3D-Trainingsbildern;
 für jedes jeweilige medizinische 3D-Bild der Mehrzahl von medizinischen 3D-Bildern:
 Unterteilen des jeweiligen medizinischen 3D-Bildes in eine Mehrzahl von medizinischen 2D-Bildern;
 Eingeben eines jeden der Mehrzahl von medizinischen 2D-Bildern in einen 2D-Klassifikator, der an einem Trainingsdatensatz von medizinischen 2D-Bildern trainiert wurde, die mit einer Angabe des darin dargestellten optischen Befundes gekennzeichnet sind;
 Berechnen einer jeweiligen Erläuterungskarte einer Mehrzahl von Erläuterungskarten für jedes jeweilige medizinische 2D-Bild der Mehrzahl von medizinischen 2D-Bildern, wobei die jeweilige Erläuterungskarte eine Mehrzahl von Regionen umfasst, die einer Mehrzahl von entsprechenden Regionen des jeweiligen 2D-Bildes entsprechen, wobei jede jeweilige Region der jeweiligen Erläuterungskarte einer berechneten erläuterbaren Gewichtung zugehörig ist, die einen Einfluss der jeweiligen entsprechenden Region des

jeweiligen medizinischen 2D-Bildes auf das Ergebnis des 2D-Klassifikators angibt, in den das jeweilige medizinische 2D-Bild eingegeben wurde;
 Berechnen eines zusammengesetzten 2D-Interpretationsbildes, das eine jeweilige Zusammenfassungsgewichtung für jede jeweilige Region davon aufweist, wobei jede jeweilige Zusammenfassungsgewichtung durch Zusammenfassen einer Mehrzahl der erläuterbaren Gewichtungen berechnet wird, die für die jeweiligen Regionen der Mehrzahl von Erläuterungskarten berechnet wurden, die der jeweiligen Region des zusammengesetzten 2D-Interpretationsbildes entsprechen;
 Zuweisen einer Kennzeichnung zu dem zusammengesetzten 2D-Interpretationsbild, die das Vorhandensein des darin dargestellten optischen Befundes angibt;
 Erzeugen eines aktualisierten Trainingsdatensatzes, der eine Mehrzahl der zusammengesetzten 2D-Interpretationsbilder und entsprechende Kennzeichnungen enthält; und
 Erzeugen des aktualisierten 2D-Klassifikators durch Aktualisieren des Trainings des 2D-Klassifikators unter Verwendung des aktualisierten Trainingsdatensatzes.

15. Verfahren nach Anspruch 14, das ferner nach dem Zugreifen auf die Mehrzahl von medizinischen 3D-Trainingsbildern aufweist:

Unterteilen eines jeden der Mehrzahl von medizinischen 3D-Bildern in eine Mehrzahl von medizinischen 2D-Bildern;

Kennzeichnen jedes jeweiligen medizinischen 2D-Bildes mit einer Kennzeichnung, die ein Vorhandensein eines optischen Befundes angibt, der mit dem jeweiligen medizinischen 2D-Bild dargestellt wird, wobei die Kennzeichnung nichtlokalisiert und dem jeweiligen medizinischen 2D-Bild als Ganzes zugewiesen ist;

Erstellen des Trainingsdatensatzes von medizinischen 2D-Bildern, der die Mehrzahl von medizinischen-2D-Bildern und die zugehörige Kennzeichnung umfasst, die nichtlokalisiert ist; und

Trainieren des 2D-Klassifikators unter Verwendung des Trainingsdatensatzes.

16. Verfahren nach Anspruch 1, wobei die Mehrzahl von medizinischen 2D-Bildern durch eine Bildgebungseinheit aufgenommen wird, die ausgewählt ist aus der Gruppe, bestehend aus: Koloskop, Endoskop, Bronchoskop und 2D-Ultraschall.

17. Einheit zum Erzeugen eines zusammengesetzten 2D-Interpretationsbildes aus einem medizinischen 3D-Bild, wobei die Einheit aufweist:

mindestens einen Hardwareprozessor, der Code ausführt zum:

Eingeben eines jeden einer Mehrzahl von medizinischen 2D-Bildern, die durch mindestens eines erhalten wurden aus: Unterteilen eines medizinischen 3D-Bildes, das als Video über einen Zeitraum hinweg aufgenommen wurde, in einen 2D-Klassifikator, der an einem Trainingsdatensatz von medizinischen 2D-Bildern trainiert wurde, die mit einer Angabe eines darin bildlich dargestellten optischen Befundes gekennzeichnet sind;

Berechnen einer jeweiligen Erläuterungskarte einer Mehrzahl von Erläuterungskarten für jedes jeweilige medizinische 2D-Bild der Mehrzahl von medizinischen 2D-Bildern, wobei die jeweilige Erläuterungskarte eine Mehrzahl von Regionen umfasst, die einer Mehrzahl von entsprechenden Regionen des jeweiligen 2D-Bildes entsprechen, wobei jede jeweilige Region der jeweiligen Erläuterungskarte einer berechneten erläuterbaren Gewichtung zugehörig ist, die einen Einfluss der jeweiligen entsprechenden Region des jeweiligen medizinischen 2D-Bildes auf das Ergebnis des 2D-Klassifikators angibt, in den das jeweilige medizinische 2D-Bild eingegeben wurde;

Berechnen eines zusammengesetzten 2D-Interpretationsbildes, das eine jeweilige Zusammenfassungsgewichtung für jede jeweilige Region davon aufweist, wobei jede jeweilige Zusammenfassungsgewichtung durch Zusammenfassen einer Mehrzahl der erläuterbaren Gewichtungen berechnet wird, die für die jeweiligen Regionen der Mehrzahl von Erläuterungskarten berechnet wurden, die der jeweiligen Region des zusammengesetzten 2D-Interpretationsbildes entsprechen; und

Bereitstellen des zusammengesetzten 2D-Interpretationsbildes zur Darstellung auf einer Anzeige.

18. Computerprogrammprodukt zum Erzeugen eines zusammengesetzten 2D-Interpretationsbildes aus einem medizinischen 3D-Bild, das ein nichtflüchtiges Medium aufweist auf dem ein Computerprogramm gespeichert ist, das bei Ausführung durch mindestens einen Hardwareprozessor bewirkt, dass der mindestens eine Hardwareprozessor durchführt:

Eingeben eines jeden einer Mehrzahl von medizinischen 2D-Bildern, die durch mindestens eines erhalten wurden aus: Unterteilen eines medizinischen 3D-Bildes, das als Video über einen Zeitraum hinweg aufgenommen wurde, in einen 2D-Klassifikator, der an einem Trainingsdatensatz von medizinischen 2D-Bildern trainiert wurde, die mit einer Angabe eines darin bildlich dargestellten optischen Befundes gekennzeichnet sind;

Berechnen einer jeweiligen Erläuterungskarte einer Mehrzahl von Erläuterungskarten für jedes jeweilige medizinische 2D-Bild der Mehrzahl von medizinischen 2D-Bildern, wobei die jeweilige Erläuterungskarte eine Mehrzahl von Regionen umfasst, die einer Mehrzahl von entsprechenden Regionen des jeweiligen 2D-Bildes entsprechen, wobei jede jeweilige Region der jeweiligen Erläuterungskarte einer berechneten erläuterbaren Gewichtung zugehörig ist, die einen Einfluss der jeweiligen entsprechenden Region des jeweiligen medizinischen 2D-Bildes auf das Ergebnis des 2D-Klassifikators angibt, in den das jeweilige medizinische 2D-Bild eingegeben wurde;

Berechnen eines zusammengesetzten 2D-Interpretationsbildes, das eine jeweilige Zusammenfassungsgewichtung für jede jeweilige Region davon aufweist, wobei jede jeweilige Zusammenfassungsgewichtung durch Zusammenfassen einer Mehrzahl der erläuterbaren Gewichtungen berechnet wird, die für die jeweiligen Regionen der Mehrzahl von Erläuterungskarten berechnet wurden, die der jeweiligen Region des zusammengesetzten 2D-Interpretationsbildes entsprechen; und

Bereitstellen des zusammengesetzten 2D-Interpretationsbildes zur Darstellung auf einer Anzeige.

Es folgen 5 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

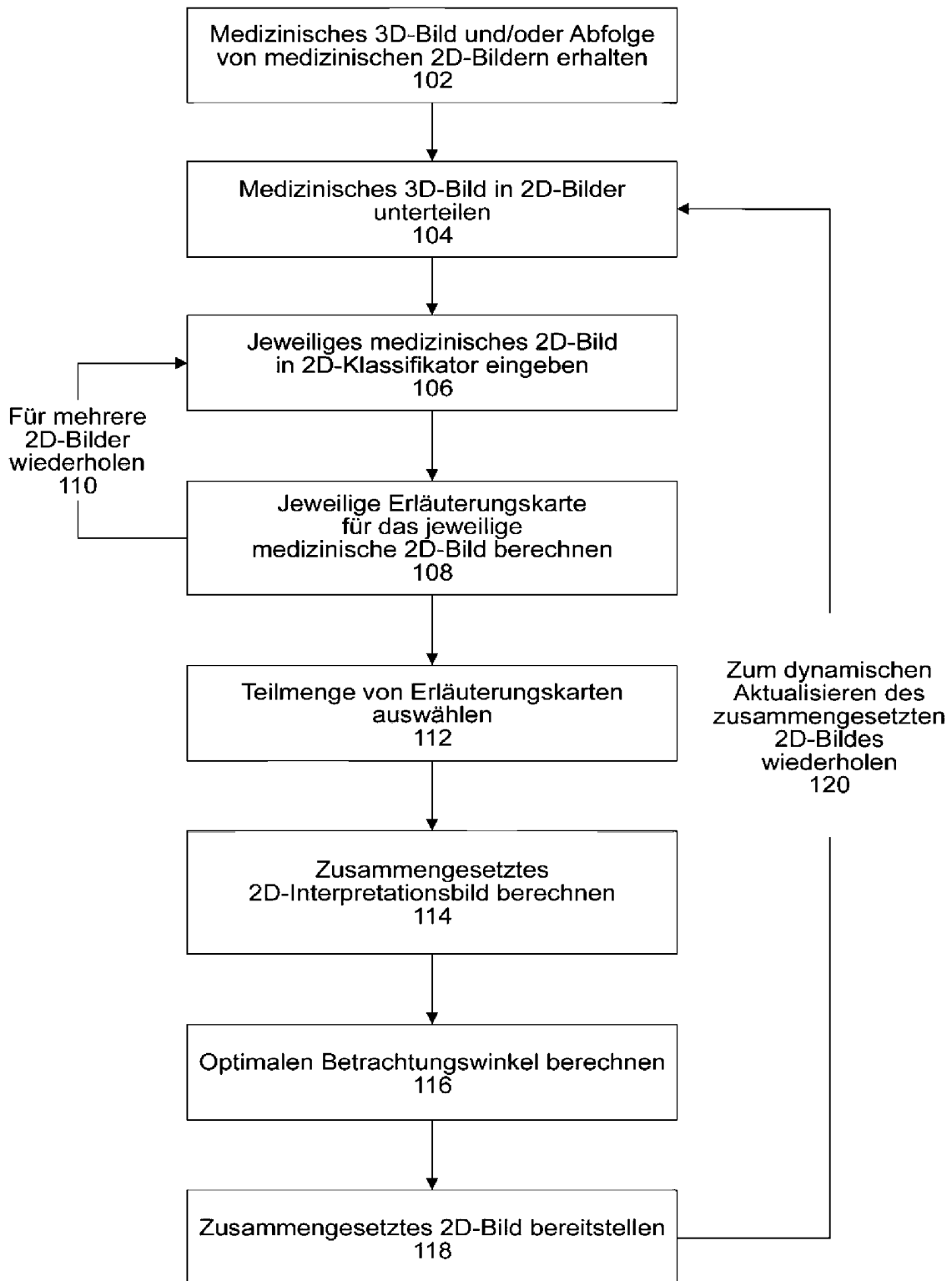


FIG. 1

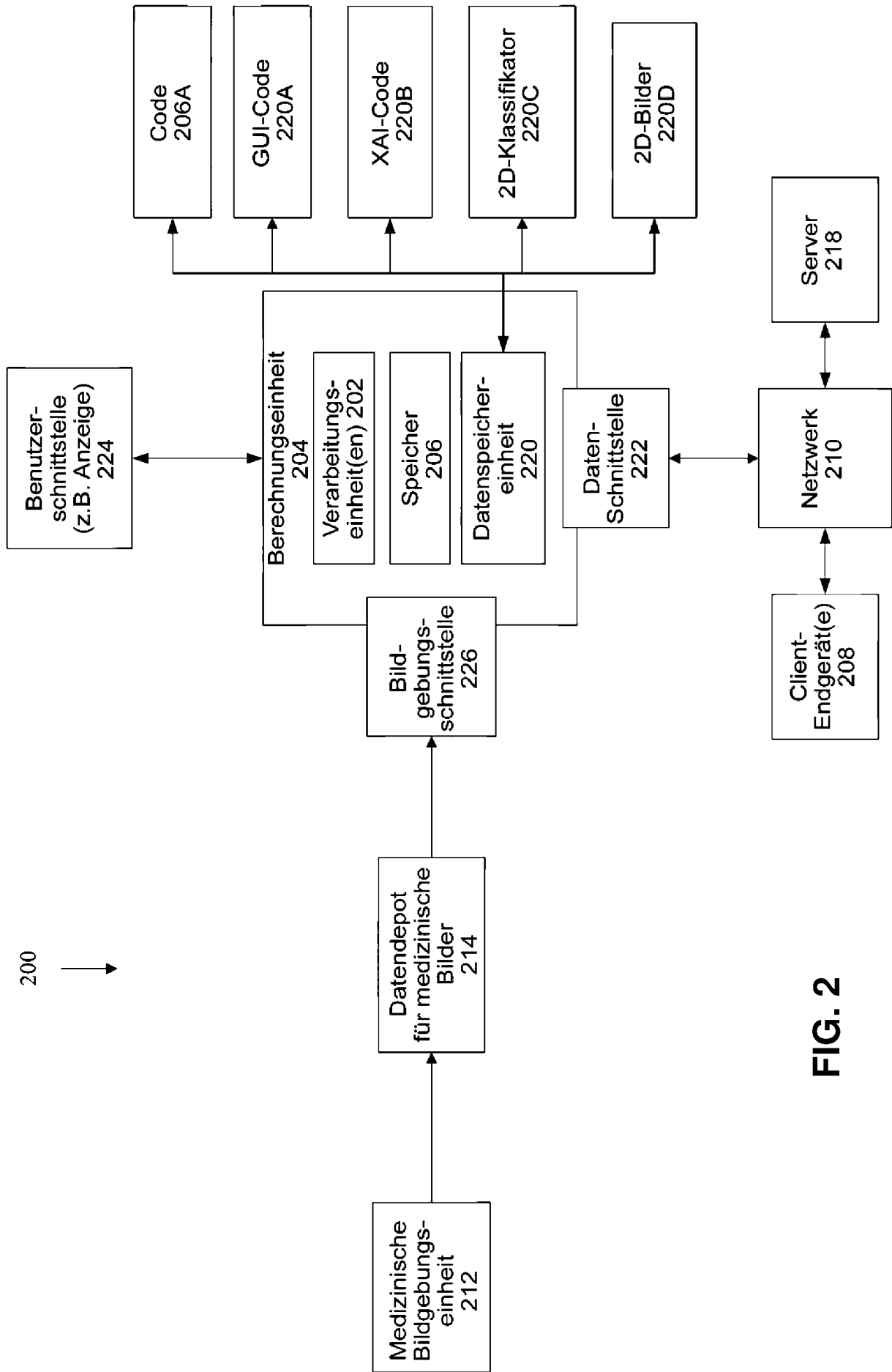


FIG. 2

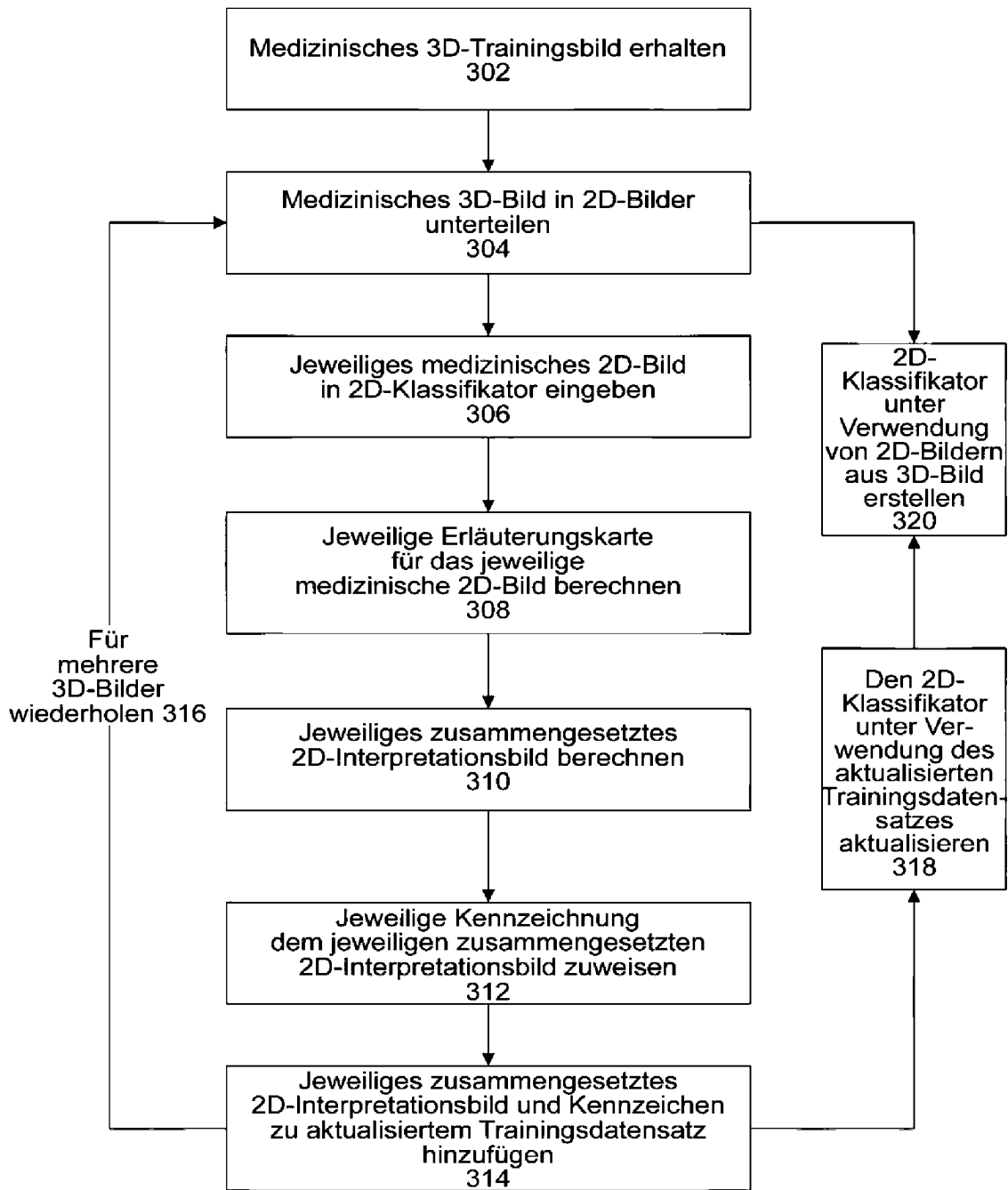


FIG. 3

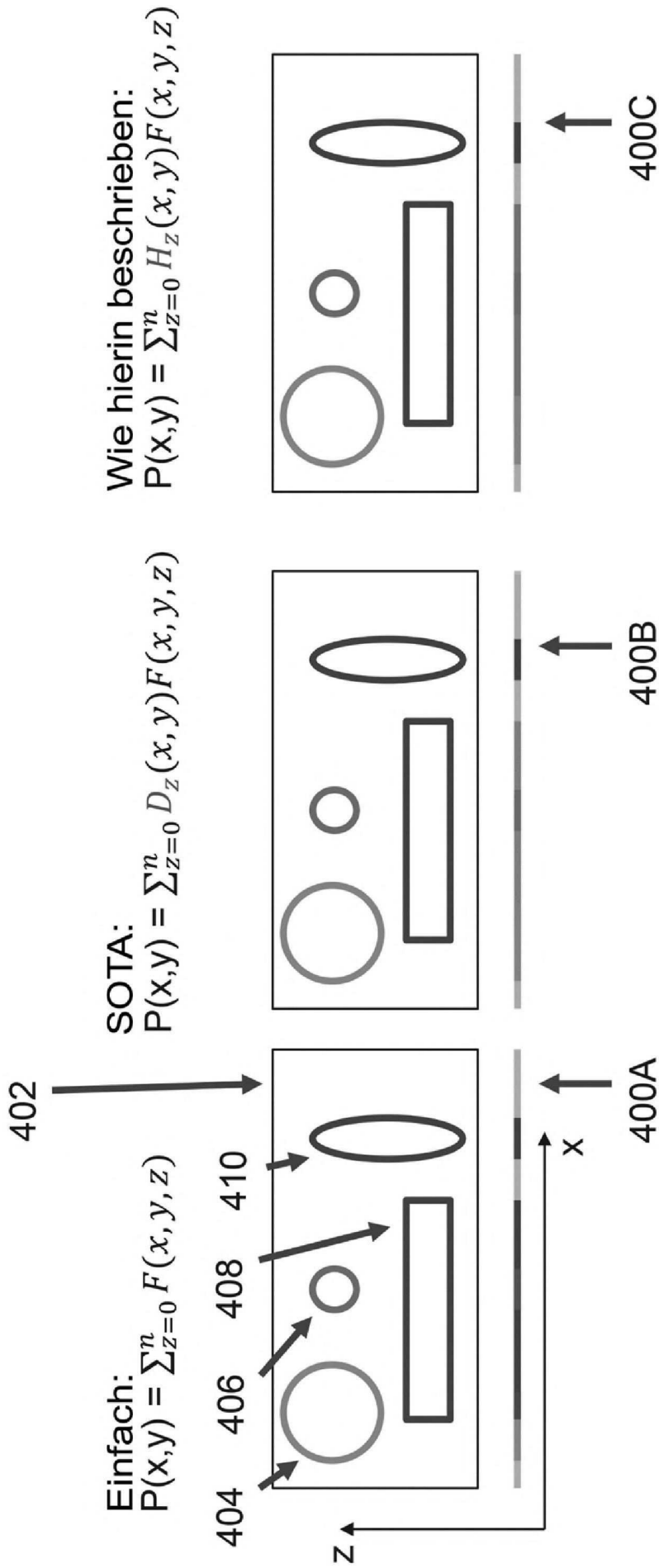


FIG. 4

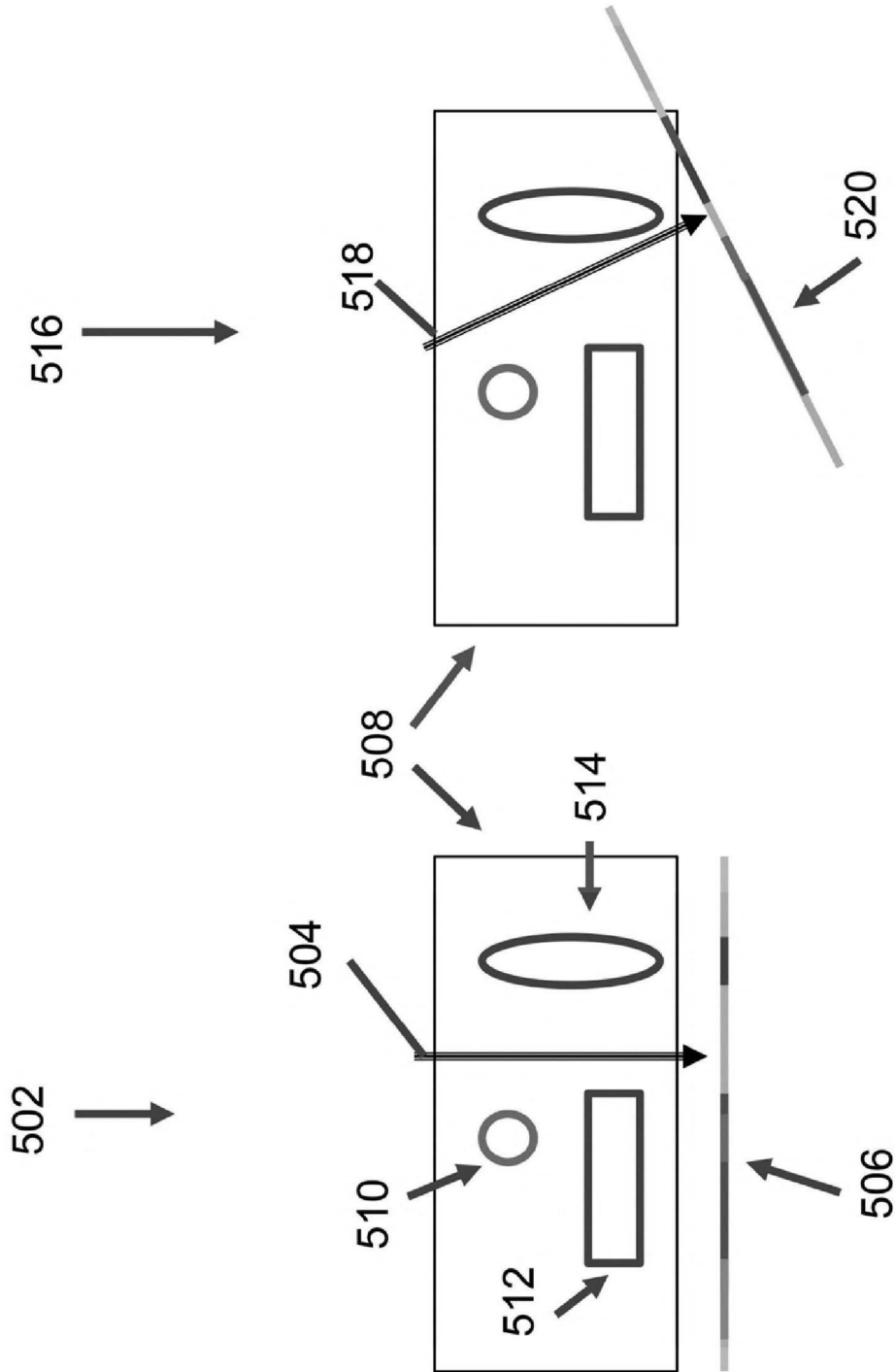


FIG. 5